

DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.1.2023.38-59>
УДК: 615.47



Клінічні аспекти та цитоморфофункціональні особливості слизової оболонки носа при хронічній патології внутрішньоносових структур та їх верифікація на основі даних комп'ютерної томографії

Шушляпіна Н.О.¹, ORCID: 0000-0002-6347-3150, e-mail: no.shushliapina@knu.edu.ua
Потапов С.М.¹, ORCID: 0000-0002-5718-3341, e-mail: pathomorphologist@gmail.com
Горголь Н.І.¹, ORCID: 0000-0003-4387-9556, e-mail: n.i.gorgol@gmail.com
Аврунін О.Г.², ORCID: 0000-0002-6312-687X, e-mail: oleh.avrunin@nure.ua
Носова Я.В.², ORCID: 0000-0003-4310-5833, e-mail: yana.nosova@nure.ua
Ібрагім Юнусс Абделхамід², ORCID: 0000-0003-2611-2417, e-mail: ibrahim.younouss.abdelhamid@nure.ua

¹Харківський національний медичний університет
Міністерства охорони здоров'я України, Харків, Україна
²Харківський національний університет радіоелектроніки
Міністерства освіти і науки України, Харків, Україна

Clinical aspects and cytomorphological and functional features of the nasal mucosa in chronic pathology of the intranasal structures and their verification from CT data

Shushliapina N.O.¹, ORCID: 0000-0002-6347-3150, e-mail: no.shushliapina@knu.edu.ua
Potapov S.M.¹, ORCID: 0000-0002-5718-3341, e-mail: pathomorphologist@gmail.com
Horhol N.Y.¹, ORCID: 0000-0003-4387-9556, e-mail: n.i.gorgol@gmail.com
Avrunin O.G.², ORCID: 0000-0002-6312-687X, e-mail: oleh.avrunin@nure.ua
Nosova Y.V.², ORCID: 0000-0003-4310-5833, e-mail: yana.nosova@nure.ua
Ibrahim Younouss Abdelhamid², ORCID: 0000-0003-2611-2417, e-mail: ibrahim.younouss.abdelhamid@nure.ua

¹Kharkiv National Medical University
of the Ministry of Health of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
²Kharkiv National University of Radio Electronics
of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Ключові слова:

здоров'я людини, хронічні захворювання органів дихання, комп'ютерна томографія, аеродинаміка носа, риноцитограма.

Для кореспонденції:

Аврунін Олег Григорович
Харківський національний університет радіоелектроніки Міністерства освіти і науки України;
пр. Науки, буд. 14, Харків, Україна, 61166;
e-mail: oleh.avrunin@nure.ua

© Шушляпіна Н.О., Потапов С.М., Горголь Н.І., Аврунін О.Г., Носова Я.В., Ібрагім Юнусс Абделхамід, 2023

РЕЗЮМЕ

Актуальність. Приблизно 30% загальної людської популяції страждає на хронічну патологію внутрішньоносових структур, основними проявами якої є порушення носового дихання та нюху. Основними інструментальними діагностичними методами для виявлення даної патології є рентгенівська комп'ютерна томографія, яка дозволяє отримати дані про архітектуру анатомічних структур верхніх дихальних шляхів, та риноманометрія, за результатами якої можливо оцінити функціональну спроможність носової порожнини при диханні. Досконале дослідження цитологічного матеріалу слизової оболонки верхніх дихальних шляхів також є важливою складовою у визначенні функціонального стану носової порожнини, уточненні діагнозу і вибору методу лікування. Це дозволяє лікарю визначати склад і кількість клітинних елементів у матеріалі, оцінювати їх стан (деструкцію, проліферацію, дистрофію, некроз та ін.), констатувати напруженість реактивних властивостей організму, відстежувати динаміку відновлення тканин чи процес загоєння в них, та спонукає дослідників до більш детального вивчення і зіставлення матеріалів клінічного, радіологічного та цитологічного досліджень з метою розробки патогенетично спрямованого комплексного лікування хворих із порушеннями носового дихання. Тому в роботі розглядаються аспекти кореляції між результатами риноцитографії та даними комп'ютерної томографії у разі типових патологічних станів з порушеннями носового дихання.

Мета роботи – вивчення клінічних аспектів і цитоморфофункціональних особливостей слизової оболонки носа у хворих з патологією внутрішньоносових структур з респіраторно-ольфакторними порушеннями та проведення їх незалежної верифікації на основі даних комп'ютерної томографії.

Матеріали та методи. Клінічне обстеження хворих включало вивчення скарг, анамнезу захворювання, огляд ЛОР-органів, проведення риноманометрії, ендоскопічне дослідження порожнини носа та носоглотки, комп'ютерної томографії (КТ) навколоносових пазух за допомогою конусно-променевої томографії

в форматі 3D на апараті Vatech PaX-i3D, а також цитологічне дослідження слизової оболонки носа.

Критеріями участі в дослідженні були відсутність хронічних захворювань серцево-судинної, дихальної, травної, сечовидільної систем, а також обтяженої за цими захворюваннями спадковості.

Результати та їх обговорення. Формування різного характеру перебігу та тяжкості порушень пов'язане із запальними, дисциркуляторними та трофічними порушеннями слизової оболонки носа, які послаблюють як мукоциліарний кліренс, так і місцевий імунітет. Це стосується переважно I групи спостережень.

Наслідком зниження факторів місцевого імунітету в слизовій оболонці носа є мікробна контамінація, що супроводжується тривалим порушенням носового дихання в I та II групах спостереження до 5 і 6 місяців відповідно. Результати риноцитографії повністю кореспондуються на основі аеродинамічних моделей носової порожнини, які створені за даними комп'ютерної томографії.

Висновки. Незважаючи на достовірність проведених нами досліджень, цитологічне дослідження слизової оболонки носа є лише додатковим аналізом, інтерпретація якого повинна базуватися на клінічній картині конкретного пацієнта.

Запропонована аеродинамічна модель із КТ-даних фактично забезпечує незалежну верифікацію аеродинамічних характеристик порожнини носа, отриманих за даними риноманометрії, і може свідчити про порушення носового дихання відповідно до змін внутрішньої анатомічної конфігурації носового каналу.

Для цитування:

Шушляпіна Н.О., Потапов С.М., Горголь Н.І., Аврунін О.Г., Носова Я.В., Ібрагім Юнусс Абделхамід. Клінічні аспекти та цитоморфологічно-функціональні особливості слизової оболонки носа при хронічній патології внутрішньоносових структур та їх верифікація на основі даних комп'ютерної томографії. *Український радіологічний та онкологічний журнал*. 2023. Т. 31. № 1. С. 38–59. DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.1.2023.38-59>

Key words:

Human Health, Chronic Respiratory Diseases, Nasal Aerodynamics, Rhinocytogram, Computer Tomography.

For correspondence:

Avrunin Oleg Grigorovich
Kharkiv National University of Radio Electronics of the Ministry of Education and Science of Ukraine;
14, Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61166;
e-mail: oleh.avrunin@nure.ua

© *Shushliapina N.O., Potapov S.M., Horhol N.Y., Avrunin O.G., Nosova Ya.V., Ibrahim Younouss Abdelhamid, 2023*

ABSTRACT

Background. Approximately 30% of the general human population suffers from chronic pathology of intranasal structures, the main manifestations of which are impaired nasal breathing and sense of smell. The main instrumental diagnostic methods for this pathology are X-ray computed tomography (CT), which allows obtaining data on the architecture of the anatomical structures of the upper respiratory tract, and rhinomanometry, based on the results of which it is possible to assess the functional capacity of the nasal cavity during breathing. Also, a thorough study of the cytological material of the mucous membrane of the upper respiratory tract is an important component in determining the functional state of the nasal cavity, clarifying the diagnosis and choosing a treatment method. This allows the doctor to determine the composition and number of cellular elements in the material, assess their condition (destruction, proliferation, dystrophy, necrosis, etc.), ascertain the intensity of the body's reactive abilities, monitor the dynamics of tissue recovery or the healing process in them, and encourages researchers to study in more detail and comparing the materials of clinical, radiological and cytological studies with the aim of developing a pathogenetically directed complex treatment of patients with nasal breathing disorders. Therefore it is necessary to know aspects of correlation between the results of rhinocytography and CT data in typical pathological conditions with nasal congestion are considered.

Purpose – is to study the clinical aspects and cytomorphological and functional features of the nasal mucosa in patients with pathology of intranasal structures with respiratory and olfactory disorders and research their independent verification based on the CT data.

Materials and Methods. Clinical examination of patients included the study of complaints, anamnesis of the disease, examination of the ENT organs, rhinomanometry, endoscopic examination of the nasal cavity and nasopharynx, The CT of the paranasal sinuses using 3D cone beam tomography on the Vatech PaX-i3D device, as well as cytological examination of the nasal mucosa. The criteria for participation in the study were the absence of chronic diseases of the cardiovascular, respiratory, digestive, urinary systems, as well as heredity burdened by these diseases.

Results. Formation of a different nature of the course and severity of disorders is associated with inflammatory, dyscirculatory and trophic disorders in the nasal mucosa, which weaken both mucociliary clearance and local immunity. This applies mainly to the I group of observations. The consequence of a decrease in local immunity factors in the nasal mucosa is microbial contamination, which is associated with a long-term nasal breathing disorder in the I and II groups of observations, up to five years and six months, respectively. The results of rhinocytography mostly correspond with the aerodynamic models data of nasal cavity from the CT datasets.

Conclusions. Despite the reliability of the examinations carried out by us, the cytological examination of the nasal mucosa is only an additional analysis, the interpretation of which should be based on the clinical picture of a particular patient.

Proposed aerodynamic model from CT-datasets actually provides an independent verification of the aerodynamic characteristics of the nasal cavity, obtained from rhinomanometry data, and may indicate a violation of nasal breathing according to changes in the internal anatomical configuration of the nasal channel.

For citation:

Shushliapina NO, Potapov SM, Horhol NY, Avrunin OG, Nosova YaV, Ibrahim Younous Abdelhamid. Clinical aspects and cytomorphological and functional features of the nasal mucosa in chronic pathology of the intranasal structures and their verification from CT data. *Ukrainian journal of radiology and oncology*. 2023;31(1):38–59. DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.1.2023.38-59>

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами

Робота виконувалась в рамках міжнародного спільного Україно-Німецького дослідницького проекту МОНУ-БМБФ М108/М109 у 2019–2021 рр. «3D-Model – Впровадження швидкого прототипування для моделювання верхніх дихальних шляхів в нормі та при деяких патологіях». Керівник від України – завідувач кафедри біомедичної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки Міністерства освіти і науки України, професор О.Г. Аврунін.

Relationship with academic programs, plans and themes

The work was carried out within the framework of the international joint Ukrainian-German research project MONU-BMBF M108/M109 in 2019–2021. «3D-Model – Implementation of rapid prototyping for modeling of the upper respiratory tract in normal conditions and with some pathologies». Leader from Ukraine – Head of the Department of Biomedical Engineering of Kharkiv National University of Radio Electronics of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Professor O.G. Avrunin.

ВСТУП

Приблизно 30% загальної людської популяції страждає на хронічну патологію внутрішньоносових структур, основними проявами якої є порушення носового дихання та нюху [1]. За даними Європейської рекомендації з методів діагностики в ринології (European Position Paper on Diagnostic Tools in Rhinology 2019) ці симптоми найбільш розповсюджені при хронічній патології носа та параназальних синусів [2]. Даний діагноз встановлюють, якщо ці два симптоми спостерігаються не менше 1 години на день і 12 тижнів на рік [3, 4]. Основними інструментальними діагностичними методами для виявлення даної патології є рентгенівська комп'ютерна томографія (КТ), яка дозволяє отримати дані про архітектоніку анатомічних структур верхніх дихальних шляхів, та риноманометрія, за результатами якої можливо оцінити функціональну спроможність носової порожнини при диханні. Симптоми закладеності носа та порушення нюху серйозно впливають на якість життя, сон та працездатність. Крім того, залежно від ступеня виразності назальної обструкції знижується нюх, виникає ринорея, що надалі призводить до структурних змін власне слизової оболонки носа [5]. Це пояснюється тим, що реалізацію основної функції носа забезпечує його слизова оболонка. Основним її подразником є повітряний струмінь, який проходить крізь носову порожнину і викликає появу фізіологічних рефлексів [6]. На думку авторів, порушення аеродинаміки сприяє змінам слизової оболонки з формуванням хронічного запалення носової порожнини. У цьому разі відбувається порушення або зниження функціонування захисних механізмів з боку слизової оболонки носа, що призводить до змін механізму ретикуляції епітелію та мікроциркуляції на рівні цитоморфологічної картини органа [7, 8].

Актуальність роботи. Питання радіологічної діагностики стану носа та навколоносових пазух дуже актуальні на сучасному етапі. Комп'ютерна томографія є зараз золотим стандартом діагностичної візуалізації патологічних станів верхніх дихальних шляхів. Більшість координаційної групи EPOS 2020 (European Position Paper on Rhinosinusitis and Nasal Polyps – Європейського погоджувального документу щодо лікування риносинуситу та поліпозу носа, основною метою

INTRODUCTION

Approximately 30% of the general human population suffers from chronic pathology of intranasal structures, the main manifestations of which are impaired nasal breathing and sense of smell [1]. According to the European Recommendation for Diagnostic Methods in Rhinology (European Position Paper on Diagnostic Tools in Rhinology 2019), these symptoms are most common in chronic pathology of the nose and paranasal sinuses [2]. This diagnosis is made if these two symptoms are observed for at least 1 hour a day and 12 weeks a year [3, 4]. The main instrumental diagnostic methods for this pathology are X-ray computed tomography (CT), which allows obtaining data on the architecture of the anatomical structures of the upper respiratory tract, and rhinomanometry, based on the results of which it is possible to assess the functional capacity of the nasal cavity during breathing. Symptoms of nasal congestion and impaired sense of smell have a serious impact on quality of life, sleep and performance. In addition, depending on the severity of nasal obstruction, the sense of smell decreases, rhinorrhea occurs, which subsequently leads to structural changes in the nasal mucosa itself [5]. This is due to the fact that the implementation of the main function of the nose is provided by its mucosa. Its main stimulus is an air stream passing through the nasal cavity and causing the appearance of physiological reflexes [6]. According to the authors, the aerodynamics disturbance contributes to changes in the mucosa with the subsequent formation of the nasal cavity chronic inflammation. In this case, there is a disturbance or decrease in the functioning of the nasal mucosa protective mechanisms, which leads to changes in the mechanism of the epithelium reticulation and microcirculation at the level of the cytomorphological picture of the organ [7, 8].

Actuality of the Work. Issues of radiological diagnosis of the condition of the nose and paranasal sinuses are very relevant at the current stage. Now CT is currently the gold standard for diagnostic imaging of pathological conditions of the upper respiratory tract. The majority of the coordination group of EPOS 2020 (European Position Paper on Rhinosinusitis and Nasal Polyps – the European consensus document on the treatment of rhinosinusitis and nasal polyps, the main purpose

якого є надання доказових чітких рекомендацій щодо менеджменту хронічного та поліпозного риносинуситу за стандартами доказової медицини), дійшла висновку про необхідність виконання КТ при діагностиці риносинуситів у рамках вторинної медичної допомоги зі стійкими симптомами. Крім діагностичної функції, за результатами КТ можливо отримати дані щодо конфігурації внутрішньоносових структур та побудувати на їх основі геометричні моделі для визначення аеродинамічних характеристик носової порожнини за даними математичного моделювання. Вхідними даними додатково для цього є показники витрати повітря та перепаду тиску на носовій порожнині, які отримують за результатами функціонального риноманометричного дослідження, або за даними фізіологічної гендерної та вікової норми при відповідних режимах дихання. Сукупність цих методів дозволяє визначити як причину, так і ступінь респіраторних порушень. Вплив змін анатомічної конфігурації верхніх дихальних шляхів на порушення носового дихання потребує досліджень на основі моделювання назальної аеродинаміки.

У здорової людини в цитогрaмі носа виявляється невелика кількість клітин злущеного плоского епітелію, лімфоцити, плазмозити, макрофаги, бактерії, які є необхідними для підтримки епітеліального бар'єру. Так, при дослідженні мазка проводиться якісна і кількісна оцінка клітинного складу: нейтрофільних гранулоцитів, еозинофілів, лімфоцитів, моноцитів; досліджується наявність тучних і плазматичних клітин, кількість епітеліальних клітин, їх характеристика (проліферація, дистрофія, метаплазія), а також непрямі ознаки внутрішньоклітинної інфекції (ядерні та цитоплазматичні вclusions) та наявність і характеристика флори. Усі ці дані можна отримати за допомогою біопсії, але навряд чи біопсія слизової оболонки носової порожнини може бути здійснена рутинним методом [9]. На сьогодні матеріал можна зібрати без травматичного втручання (зіскрібок) і цей діагностичний метод дозволяє отримати точне уявлення щодо морфофункціонального стану слизової оболонки носової порожнини [10]. Крім того, перевагою цього методу є простота виконання, неінвазивність, повторюваність і низька вартість.

Досконале дослідження цитологічного матеріалу є важливою складовою у визначенні функціонального стану органа, уточненні діагнозу і вибору методу лікування. Цитологічне дослідження слизової оболонки різних органів, зокрема, порожнини носа і навколосових пазух – неінвазивний діагностичний метод, який широко використовується в клінічній практиці. Він дозволяє лікарю визначити склад і кількість клітинних елементів у матеріалі, оцінювати їх стан (деструкцію, проліферацію, дистрофію, некроз та ін.), констатувати напруженість реактивних здібностей організму, відстежувати динаміку відновлення тканин чи процес загоєння в них [11]. Незважаючи на велику кількість робіт, присвячених проблемі діагностики та лікування хронічної патології внутрішньоносових структур із порушенням носового дихання та нюху, залишаються дискусійними питання стосовно оптимального методологічного обсягу. Це спонукає дослідників до більш детального вивчення і зіставлення матеріалів клінічного та цитологічного досліджень з метою розробки патогенетично спрямованого комплексного лікування хворих із цією проблемою [12]. Актуальними залишаються також питання незалежної верифікації риноцитографії з даними комп'ютерної томографії – як основного метода інтраскопічної візуалізації структур верхніх дихальних шляхів.

of which is to provide evidence-based clear recommendations for the management of chronic and polypous rhinosinusitis according to the standards of evidence-based medicine), came to the conclusion of the need a CT datasets in the diagnosis of rhinosinusitis as part of secondary medical care with persistent symptoms. In addition to the diagnostic function, based on CT results, it is possible to obtain data on the configuration of intranasal anatomical structures and build geometric models from them to determine the aerodynamic characteristics of the nasal cavity based on mathematical modeling data. In addition, the input data for this are indicators of air flow and pressure drop in the nasal cavity, which are obtained according to the results of a functional rhinomanometric study, or according to the data of the physiological gender and age norms for the corresponding breathing modes. The combination of these methods allows to determine both the cause and the degree of respiratory disorders. The influence of changes in the anatomical configuration of the upper respiratory tract on nasal breathing disorders requires research based on mathematical modeling of nasal aerodynamics.

In a healthy person, a cytogram of the nose reveals a small number of cells of desquamated squamous epithelium, lymphocytes, plasmocytes, macrophages, and bacteria necessary to maintain the epithelial barrier. So, when examining a smear, a qualitative and quantitative assessment of the cellular composition is performed: neutrophilic granulocytes, eosinophils, lymphocytes, monocytes; the presence of mast and plasma cells, the number of epithelial cells, their characteristics (proliferation, dystrophy, metaplasia), as well as indirect signs of intracellular infection (nuclear and cytoplasmic inclusions) and the presence and characteristics of the flora are examined. All these data can be obtained by biopsy, but it is unlikely that a biopsy of the nasal mucosa can be performed routinely [9]. To date, the material can be collected without traumatic intervention (scraping), and this diagnostic method allows you to get an exact representation of the morphofunctional state of the nasal mucosa [10]. Moreover, the advantage of this method is the ease of implementation, non-invasiveness, repeatability and low cost.

A perfect study of cytological material is an important component in determining the functional state of the organ, clarifying the diagnosis and choosing a treatment method. Cytological examination of the mucosa of various organs, in particular, the nasal cavity and paranasal sinuses, is a non-invasive diagnostic method widely used in clinical practice. It allows the doctor to determine the composition and quantity of cellular elements in the material, assess their state (destruction, proliferation, dystrophy, necrosis, etc.), ascertain the intensity of the reactive abilities of the body, monitor the dynamics of tissues recovery or the healing process in them [11]. The issues of the optimal methodological scope remain debatable despite a large number of works devoted to the problem of diagnosing and treating the chronic pathology of intranasal structures with impaired nasal breathing and sense of smell. This encourages researchers to more detailed study and comparison of clinical and cytological studies in order to develop a pathogenetically targeted complex treatment of patients with this problem [12]. Also, the supply of independent verification of rhinocytography with the data of computed tomography, as the main method of introspective visualization of the structures of the upper dychal channels, is also relevant.

Мета роботи – вивчення клінічних аспектів і цитоморфофункціональних особливостей слизової оболонки носа у хворих з патологією внутрішньоносових структур з респіраторно-ольфакторними порушеннями та проведення їх незалежної верифікації на основі даних комп'ютерної томографії.

The aim of this work is to study the clinical aspects and cytomorphological and functional features of the nasal mucosa in patients with pathology of intranasal structures with respiratory and olfactory disorders and research their independent verification based on the CT data.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

MATERIALS AND METHODS

До дослідження залучено 145 хворих віком 18–38 років (середній вік становив $36,7 \pm 1,2$), у яких діагностовано зміни внутрішньоносових структур із різним ступенем назальної обструкції з порушенням функції дихання та нюху.

Клінічне обстеження хворих включало вивчення скарг, анамнезу захворювання, огляд ЛОР-органів, проведення риноманометрії, ендоскопічне дослідження порожнини носа та носоглотки, КТ навколососових пазух за допомогою конусно-променевої томографії в форматі 3D на апараті Vatech PaX-i3D, а також цитологічне дослідження слизової оболонки носа. Для обробки томографічних зображень використовували томографічні зрізи в аксіальній проекції паралельно орбітально-меатальній лінії з просторовою роздільною здатністю 0,4 мм з кроком 1 мм. Вихідними даними для проведених досліджень є набори зображень томографічних зрізів. Зображення з наборів даних КТ конвертовано з DICOM у растровий формат TIF з просторовою роздільною здатністю 512×512 (хху) і 8-бітним представленням рівнів інтенсивності з використанням м'яко-тканинного віконця. Попередню обробку КТ-зображень проводили методом медіанної фільтрації для усунення можливого імпульсного шуму [5, 8].

Критеріями участі в дослідженні були відсутність хронічних захворювань серцево-судинної, дихальної, травної, сечовидільної систем, а також обтяженої за цими захворюваннями спадковості.

Розподіл хворих по групах в залежності від патології внутрішньоносових структур і ступеня порушення дихальної функції відбувся таким чином:

– до першої (основної) групи зараховано 53 (36,6%) хворих зі зміною внутрішньоносових структур і різним ступенем порушення функції носового дихання (аеродинамічний опір у межах $2,6 \div 3,5$ кПа с/л) та нюху, в яких тривалість захворювання становила 3–5 років;

– другу групу склали 48 (33,1%) хворих зі зміною внутрішньоносових структур, частковою обструкцією порожнини носа (аеродинамічний опір в межах $1,8 \div 2,7$ кПа с/л), тривалість захворювання при цьому становила до 0,5 року;

– третю групу склали 44 (30,3%) хворих зі зміною внутрішньоносових структур і різним ступенем порушення функції носового дихання і нюху (аеродинамічний опір в межах $3,1 \div 3,9$ кПа с/л), у яких тривалість захворювання становила до 1 міс.

Морфологічне дослідження здійснювали шляхом дослідження цитологічних мікропрепаратів, виготовлених із мазків (зіскрібків) з поверхні слизової оболонки носа.

Збір матеріалу у хворих усіх трьох груп з патологією внутрішньоносових структур і порушенням дихальної та нюхової функції проводився вранці натщесерце стерильним одноразовим щітковим зондом зі слизової оболонки носа та наступним нанесенням слизу на предметне скло. Носовий вміст переносили на знежирене предметне скло, прокочуючи зонд по його поверхні, але не втираючи, оскільки останнє призводить

The study involved 145 patients aged 18–38 years (mean age was $36,7 \pm 1,2$), who were diagnosed with changes in intranasal structures with varying degrees of nasal obstruction with impaired respiratory and olfactory functions.

Clinical examination of patients included the study of complaints, anamnesis of the disease, examination of the ENT organs, rhinomanometry, endoscopic examination of the nasal cavity and nasopharynx, The CT of the paranasal sinuses using 3D cone beam tomography on the Vatech PaX-i3D device, as well as cytological examination of the nasal mucosa. For CT image processing was used tomographic sections in the axial projection parallel to the orbital-meatal line with spatial resolution of 0.4 mm with 1 mm step. The initial data for the conducted research are sets of images of tomographic sections. The images from CT-datasets, were converted from DICOM to raster format TIF with spatial resolution of 512×512 (хху) and 8-bit representation of intensity levels with using soft tissue window. Pre-processing of CT-images was performed by the method of median filtration [5, 8], to eliminate possible pulsed noise. The criteria for participation in the study were the absence of chronic diseases of the cardiovascular, respiratory, digestive, urinary systems, as well as heredity burdened by these diseases.

The distribution of patients into groups depending on the pathology of the intranasal structures and the degree of respiratory function impairment occurred as follows:

– the first (main) group included 53 (36.6%) patients with changes in intranasal structures and varying degrees of impaired respiratory and olfactory function (aerodynamic resistance in the range of $2.6 \div 3.5$ kPa s/l), in which the duration of the disease was 3-5 years;

– the second group consisted of 48 (33.1%) patients with changes in intranasal structures, partial obstruction of the nasal cavity (aerodynamic resistance in the range of $1.8 \div 2.7$ kPa s/l), the duration of the disease was up to 0.5 years;

– the third group consisted of 44 (30.3%) patients with changes in intranasal structures and varying degrees of nasal breathing and olfactory function impairment (aerodynamic resistance in the range of $3.1 \div 3.9$ kPa s/l), in which the duration of the disease was up to 1 month.

The morphological study was carried out by examining cytological micropreparations made of smears (scrapes) from the surface of the nasal mucosa.

Material sampling from patients of all three groups with pathology of intranasal structures and nasal breathing and olfactory function impairment was carried out in the morning on an empty stomach with a sterile disposable brush probe from the nasal mucosa and subsequent application of mucus to a glass slide. Nasal contents were transferred to a defatted glass slide by rolling the probe over its surface, but without rubbing, since the latter leads to significant cell damage. The smears were air-dried or fixed with formalin buffer solution or 95% alcohol, after which they were colored by the Romanovsky–

до значного пошкодження клітин. Мазки висушували на повітрі або фіксували буферним розчином формаліну чи 95% спиртом, після чого забарвлювали за методом Романовського–Гімзи. Спочатку мазки переглядали під малим збільшенням, що дозволяло отримати загальне уявлення про клітинний склад мазків, виявити клітинні комплекси і розрізнені клітини. Детальне вивчення клітин здійснювали при збільшенні $\times 200$, $\times 400$, $\times 650$.

Дослідження риноцитограми (РЦГ) включало таке:

- вивчення складу епітеліального компонента (базальні епітеліоцити, війковий і плоский епітелій, келихоподібні епітеліоцити);
- вивчення характеристик епітелію (проліферація, дистрофія, метаплазія);
- оцінювання виразності лімфоцитарної, плазматичної, еозинофільної, макрофагальної інфільтрації;
- визначення ступеня слизоутворення, атрофії, активності запального процесу (за виразністю нейтрофільної складової).

Крім того, в РЦГ визначали клітинну деструкцію, яка проявлялась розпадом цитоплазми і ядра [13].

Вивчення мазків включало підрахунок клітин епітелію в окремому полі зору. Кількість клітин епітелію оцінювалась як невелика (до 10), помірна (до 20) або значна (до 25).

Усі кількісні показники розраховували в одному полі зору мікроскопа (ПЗМ). Крім кількісних критеріїв, що характеризують стан диференціювання епітеліоцитів і формування епітеліального пласта слизової оболонки носа, звертали увагу на якісні зміни клітин, що характеризуються їх розмірами, величиною ядра, ядерно-цитоплазматичним співвідношенням, структурою хроматину, ступенем забарвлення, що виявляє порушення дозрівання і диференціювання епітеліоцитів, тобто дисплазію.

До уваги брали три ступеня дисплазії (слабкий, помірно виражений та виражений або тяжкий, що відповідно позначають як ДІ, ДІІ, ДІІІ).

ДІ характеризувався синхронним збільшенням розмірів ядра та цитоплазми без порушення ядерно-плазматичного співвідношення, іноді зустрічалися клітини з 2 ядрами.

Для ДІІ була характерна поява одиничних великих клітин з великими ядрами і, навіть, наявністю ядерців. Крім того, може бути гетерохромія, тобто поліморфізм забарвлення ядра та цитоплазми. Залежно від рівня порушення дозрівання клітин ДІІ відносять до факультативних передраків.

ДІІІ характеризується наявністю поліморфізму багатьох клітин із великими ядрами та ядерцями, але з рівним контуром ядра. Така виражена дисплазія є підозрілою щодо переходу в рак і відноситься до облігатних передраків.

Крім морфологічного вивчення стану слизової оболонки на клітинному рівні, ми звертали увагу на наявність бактеріальних збудників та інтенсивність бактеріальної забрудненості, яку виражали в умовних одиницях (ум. од.).

Слабкий ступінь обсіменіння ми позначали за наявності дифузного розташування бактерій до 50 в одному ПЗМ і кількісно позначали як 1 умовну одиницю.

Помірний ступінь бактеріального забруднення мазка ми оцінювали як 2 ум. од. при частій присутності понад 50 бактерій у ПЗМ (як окремих, так і невеликих скупчень у кожному ПЗМ).

Значний або виражений ступінь забруднення слизової оболонки позначали за наявності колоній мікро-

Giemsa method. First, the smears were viewed under a low magnification, which made it possible to obtain a general idea of a cellular composition of the smears, to identify cell complexes and disparate cells. A detailed study of the cells was carried out at a magnification of $\times 200$, $\times 400$, $\times 650$.

The study of the rhinocytogram (RCG) included the following:

- study of the composition of the epithelial component (basal epitheliocytes, ciliary and squamous epithelium, goblet epithelial cells);
- study of the characteristics of the epithelium (proliferation, dystrophy, metaplasia);
- assessment of the severity of lymphocytic, plasmatic, eosinophilic, macrophage infiltration;
- determination of the degree of mucus formation, atrophy, activity of the inflammatory process (according to the severity of the neutrophilic component).

In addition, cell destruction was determined in the RCG, which was manifested by the disintegration of the cytoplasm and nucleus [13]

The study of smears included counting epithelial cells in a separate field of view. The number of epithelial cells was assessed as small (up to 10), moderate (up to 20), or significant (up to 25).

All quantitative characteristics were calculated in a single microscope field of view (MFV). Apart from quantitative criteria characterizing the state of differentiation of epithelial cells and the formation of the epithelial layer of the nasal mucosa, attention was paid to qualitative changes in cells, characterized by their size, nucleus size, nuclear-cytoplasmic ratio, chromatin structure, and degree of coloring, which reveals disruption of maturation and differentiation of epithelial cells. i.e. dysplasia.

Three degrees of dysplasia were taken into account (weak, moderately expressed and expressed or severe, respectively referred to as DI, DII, DIII).

The DI was characterized by a synchronous increase in the size of the nucleus and cytoplasm without disturbing the nuclear-plasmatic ratio; sometimes there were cells with two nuclei.

The appearance of single large cells with large nuclei and even the presence of nucleoli was characteristic of the DII. In addition, there may be heterochromia, that is, polymorphism in the color of the nucleus and cytoplasm. Depending on the level of cell maturation disorder, the DIIs were referred to as facultative precancers.

The DIII was characterized by the presence of polymorphism of many cells with large nuclei and nucleoli, but with an even contour of the nucleus. Such pronounced dysplasia is suspicious of the transition to cancer and refers to obligate precancers.

In addition to the morphological study of the mucosa state at the cellular level, we paid attention to the presence of bacterial pathogens and the intensity of bacterial contamination, which was expressed in arbitrary units (arb. units)

We denoted a weak degree of seeding in the presence of a diffuse arrangement of bacteria up to 50 in one MFV and quantitatively denoted it as 1 arbitrary unit.

We estimated the moderate degree of the smear bacterial contamination as 2 arbitrary units with the frequent presence of more than 50 bacteria in the MFV (both individual and small clusters in each MFV).

A significant or pronounced degree of mucosal contamination was indicated in the presence of colonies of

організмів, тобто скупчень на 1/4–1/2 ПЗМ. Кількісно третій ступінь контамінації слизової оболонки оцінювали у 3 ум. од. Наявність лейкоцитів (нейтрофілів, еозинофілів, лімфоцитів) оцінювали кількісним методом у ПЗМ.

Для незалежної верифікації були використані результати методів оптичної капіляроскопії слизової оболонки порожнини носа [14].

Методи цифрової обробки КТ-зображень, сегментації та аналізу назальних дихальних шляхів і моделей динаміки потоку використовуються та розглядаються в [5, 8, 15–20].

Для визначення коефіцієнтів носового опору за КТ-зображеннями створювали аеродинамічні моделі окремих носових порожнин [8, 15, 21, 22].

Аспекти адекватності геометричного подання порожнини носа, включно з кореляцією різних модальностей і повномасштабним 3D-прототипуванням, детально розглянуто в роботах [5, 8, 12, 23–28].

microorganisms, i.e., accumulations of 1/4–1/2 of the MFV. Quantitatively, the third degree of mucosal contamination was evaluated at 3 arbitrary units. The presence of leukocytes (neutrophilic granulocytes, eosinophils and lymphocytes) was assessed by a quantitative method in the MFV.

For independent verification we used results from methods of optical capillaroscopy of nasal cavity mucosa [14].

Methods of digital CT image processing, segmentation, and analysis of nasal airways and flow dynamics models are used and considered in [5, 8, 15–20].

Aerodynamic models of the individual nasal cavities were designed from the CT-images for determination of the nasal resistance coefficients [8, 15, 21, 22].

Aspects of geometrical modeling adequacy of the nasal cavity, including correlation between modalities and full-scale 3D-prototyping, are considered in detail in the works [5, 8, 12, 23–28].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

RESULTS AND DISCUSSION

Клінічні аспекти та цитофункціональні особливості слизової оболонки носа при хронічній патології внутрішньоносових структур на підставі вивчення РЦГ у хворих І групи

Clinical aspects and cytofunctional features of the nasal mucosa in chronic pathology of intranasal structures based on the study of RCG in patients of the I group

У переважної більшості пацієнтів відзначалося порушення носового дихання, що характеризується найбільш вираженою обструкцією порожнини носа і тривалою дихально-нюховою дисфункцією. У суб'єктивному статусі пацієнта закладеність носа і порушення носового дихання підтверджувалися високим ступенем аеродинамічного опору ($2,6 \pm 3,5$ кПа). Порушення нюху в об'єктивному дослідженні характеризувалося респіраторними порушеннями: КТ – звуження нюхової щілини та тривалість приношування – витрати енергії на дихання відповідали $4,2 \pm 0,8$ кал. При оцінці ламінарного граничного шару відзначалося стоншення останнього (висушування слизової оболонки) [14]. Перша група пацієнтів виявилася найбільш скомпрометованою тривалим порушенням аеродинаміки (від 3–5 років). При передній риноскопії – слизова оболонка носа набрякла, застійна з ін'єкцією судин у ділянці носових раковин, іноді з наявністю кірок і слизових тяжів. Ці зміни кореспондуються з незалежними дослідженнями мікроциркуляції судин бульбарної кон'юнктиви та капіляроскопії [15]. У роботі дослідниками було доведено, що найбільш негативні прояви об'єктивних ознак обумовлені «зривом» адаптаційних механізмів з боку мікроциркуляції судин бульбарної кон'юнктиви та капіляроскопії у хворих із тривалою обструкцією порожнини носа (5 років) [16].

При диференційованому вивченні різних видів епітелію встановлено, що найбільшу кількість склали клітини війчастого епітелію, які були виявлені в одному ПЗМ з частотою від 13,6 до 25,3 одиниць. У середньому війчастий епітелій складає $21,6 \pm 3,2$ одиниць у ПЗМ, але виявили його у 32 осіб, що становить 70% випадків (табл. 1). Це вказує на значний ступінь екструзії епітеліального шару.

Проте аналіз РЦГ підтвердив, що епітеліальні клітини в препараті розташовувались пластами або розрізнено у вигляді окремих клітин. Серед них візуалізувалися війчасті респіраторні клітини, позбавлені

The vast majority of patients had a violation of nasal breathing, characterized by the most pronounced obstruction of the nasal cavity and prolonged respiratory and olfactory dysfunction. In the subjective status of the patient, nasal congestion and nasal breathing impairment were confirmed by a high degree of aerodynamic resistance (2.6 ± 3.5 kPa). The olfactory dysfunction in the objective study was characterized by respiratory disorders: the CT showed narrowing of the olfactory gap and duration of sniffing demonstrated energy consumption for breathing corresponding to 4.2 ± 0.8 cal. When assessing the laminar boundary layer, thinning of the latter (drying of the mucosa) was noted [14]. The first group of patients turned out to be the most compromised by a long-term impairment of aerodynamics (from 3–5 years). The anterior rhinoscopy showed that the nasal mucosa was edematous, congestive with the injection of blood vessels in the area of the nasal conchas, sometimes with the presence of crusts and mucous cords. These changes are consistent with independent studies of the microcirculation of the vessels of the bulbar conjunctiva and capillaroscopy [15]. The researchers proved in their work that the most negative manifestations of objective signs were due to the «disruption» of adaptive mechanisms from the microcirculation of the vessels of the bulbar conjunctiva and capillaroscopy in patients with long-term obstruction of the nasal cavity (5 years) [16].

In a differentiated study of various types of epithelium, it was found that the greatest number were cells of the ciliated epithelium, which were found in one MFV with a frequency of 13.6 to 25.3 units. On average, the ciliated epithelium was 21.6 ± 3.2 units in the MFV, but it was found in 32 people, which was 70% of cases (Table 1). This indicates a significant degree of extrusion of the epithelial layer.

However, the analysis of the RCG confirmed that the epithelial cells in the preparation were arranged in layers or scattered as separate cells. Among them, ciliated respiratory cells lacking cilia, keratinized epitheliocytes,

повійок, ороговілієпітеліоцити, а також комплекси базальних епітеліоцитів (рис. 1). Така мікроскопічна картина свідчила про посилену десквамацію епітеліоцитів.

as well as complexes of basal epitheliocytes were visualized (Fig. 1). Such a microscopic picture testified to enhanced desquamation of epitheliocytes.

Таблиця 1. Характеристика клітинного складу мазків слизової оболонки носа у хворих I групи
Table 1. Characteristics of the cellular composition of the nasal mucosa smears in patients of the I group

Параметр (у ПЗМ) Parameter (in MFV)	Абс. кількість хворих Abs. number of patients	% хворих % of patients	М ± m, ум. од. M ± m, arb. units
Епітелій війчастий / Ciliated Epithelium	37	70 %	21,6 ± 3,2
Келихоподібні клітини / Goblet Cells	41	77,3 %	Одиничні / Sporadic
Епітелій базального типу / Basal-type Epithelium	45	84,3 %	10,1 ± 0,2
Епітелій плоский / Squamous Epithelium	36	68 %	15,1 ± 6,3
Нейтрофільні лейкоцити / Neutrophilic Leukocytes	23	43,3 %	8,50 ± 1,55
Еозинофіли / Eosinophils	–	–	–
Базофіли / Basophils	–	–	–
Еритроцити / Erythrocytes	11	20,7 %	4,1 ± 0,5
Лімфоцити / Lymphocytes	21	40 %	1,25 ± 0,05
Дисплазія / Dysplasia	2		0,87 ± 0,02
Слиз / Mucus	40	75,4 %	Невелика кількість / Small amount

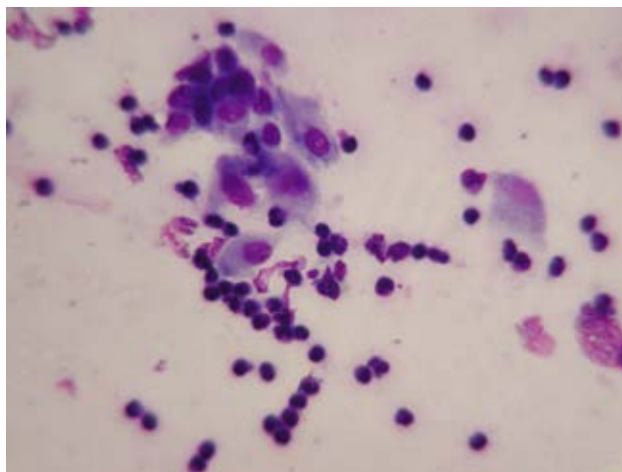


Рис. 1. Війчасті, а також позбавлені повійок респіраторні клітини, ороговіліє епітеліоцити, значна кількість лімфоцитів.
 Мазок, забарвлення за методом Романовського–Гімзи, ×400

Fig. 1. Ciliated, as well as cilia-free respiratory cells, keratinized epithelial cells, a significant number of lymphocytes.
 Smear, coloring according to Romanovsky–Giemsa, ×400

Крім того, в РЦГ виявлялися змінені (плоскоклітинна метаплазія) клітини циліндричного епітелію, що характеризувалися втратою війок.

Значним за частотою виявлення був епітелій базального типу. Кількість його клітин у ПЗМ складала від 6 до 12, у середньому 10,1±0,2.

Найменшу кількість клітин у ПЗМ склали одиничні келихоподібні, але вони були виявлені у багатьох хворих (77,3% випадків).

Як видно з результатів дослідження, клітини базального епітелію (10,1±0,2) виявляли частіше за келихоподібні, що свідчить про витончення слизової оболонки носа аж до атрофії, при якій частіше ексfolюють базальні клітини, оскільки келихоподібних мало. Необхідно відзначити, що базальні епітеліоцити виявлені у 45 з 53 обстежених випадків порушення носового дихання у I групі спостереження, що становить 84,3%. У цих хворих відзначена різна частота виявлення келихоподібних клітин – від 1 до 16. Цей факт може свідчити про те, що стоншення слизової оболонки має осередковий характер.

In addition, altered (squamous metaplasia) cells of the cylindrical epithelium, characterized by loss of cilia, were detected in the RCG.

The epithelium of the basal type was significant in the frequency of detection. The number of its cells in the MFV ranged from 6 to 12, on average 10.1±0.2.

The smallest number of cells in the MFV were single goblet cells, but they were found in many patients (77.3% of cases).

As can be seen from the results of the study, cells of the basal epithelium (10.1±0.2) were found more often than goblet cells, which indicates thinning of the nasal mucosa up to atrophy, in which basal cells exfoliate more often, since there are few goblet cells. It should be noted that basal epitheliocytes were detected in 45 out of 53 examined cases of nasal breathing disorders in group I, which was 84.3%. Different frequency of goblet cells detection was noted in these patients, namely, from 1 to 16. This fact may indicate that the thinning of the mucosa is of focal character.

На тлі тривалого порушення носового дихання у 3 осіб (5,6%) з'являлися ороговілі епітеліоцити, що супроводжувалося не тільки потовщенням епітеліального шару, але і вираженим ороговінням клітин (рис. 1). Це може бути ознакою того, що на тлі хронічного порушення дихання епітелій визріває, але подекуди виникає ороговіння, тобто з'являються передумови до сухості в порожнині носа та дискомфорту при диханні.

Серед епітеліальних клітин наявні комплекси базальних епітеліоцитів, які відносяться до малодиференційованих клітин. Ці клітини невеликого розміру, округлої або полігональної форми з гіперхромним, центрально розташованим ядром і базофільною цитоплазмою у вигляді вузького обідка. Наявність у мазках великої кількості таких клітин вказує на порушення трофічної і механічної функції слизової оболонки, ослаблення міжклітинного та епітеліо-мезенхімального поєднань, які відповідають за цілісність міжклітинних контактів і закріплення епітеліоцитів на базальній мембрані. Внаслідок таких подій відбувається легке травмування епітелію, а це і зумовлює виражену десквамацію базальних клітин, що поєднується з ознаками ДІ, для якої, як відзначалося вище, характерне синхронне збільшення ядра і цитоплазми без порушення ядерно-цитоплазматичного співвідношення і появи двоядерних клітин. Однак навіть при ДІ спостерігається порушення диференціації та дозрівання клітин, тому її розглядають як факультативний предрак.

У процесі мікроскопічного дослідження мазків, виготовлених із зіскрібків слизової оболонки носа, виявлено від 5,5 до 25,3 клітин плоского епітелію, в середньому $15,15 \pm 6,3$. Значна кількість цих клітин у мазку свідчить про наявність запального процесу, а також про тенденцію до атрофії слизової оболонки порожнини носа. Це може бути ознакою того, що на фоні порушення носового дихання з вираженою обструкцією порожнини носа та тривалою дихально-нюховою дисфункцією з'являються передумови для сухості та дискомфорту при диханні, що відбуваються на тлі запального процесу.

При вивченні мазків із поверхні слизової оболонки носа у 23 осіб (43,3%) виявлено лейкоцити кількістю $8,50 \pm 1,55$ у ПЗМ. Однак слід зазначити, що при дослідженні морфології мазків запальний екссудат зі значною кількістю лейкоцитів у ПЗМ виявлено лише у 2 осіб (3,8%). В інших випадках виявлено мінімальну кількість лейкоцитів – від одиничних до 5 примірників у ПЗМ, що вказує на уповільнене хронічне запалення. Разом із лейкоцитами в мазках виявлялися поодинокі лімфоцити кількістю від 1 до 4 у ПЗМ.

Вивчення лейкоцитарного клітинного представництва у слизовій оболонці носа підтвердило значну кількість нейтрофільних гранулоцитів, частково з явищами розпаду, і лімфоцитів у деяких обстежених (рис. 2).

У деяких мазках відзначено значну кількість еритроцитів, що свідчить про підвищену проникність судинної стінки слизової оболонки носа у 20,7% обстежених (рис. 3).

При дослідженні мазків зі слизової оболонки носа виявлені збудники, які можуть бути причиною хронічного запалення. У РЦГ був присутній слиз, а також виявлялася бактеріальна (паличкова та кокова) і мікотична контамінація (гриби *Candida*) (рис. 4).

У пацієнтів I групи з тривалою дихально-нюховою дисфункцією найчастіше зустрічаються стафілококи (51%). Порушення носового дихання харак-

Against the background of a long-term nasal breathing disorder, keratinized epitheliocytes appeared in 3 people (5.6%), which was accompanied not only by a thickening of the epithelial layer, but also by pronounced keratinization of the cells (Fig. 1). This may be a sign that, against the background of a chronic respiratory disorder, the epithelium matures, but sometimes keratinization occurs, that is, there are prerequisites for dryness in the nasal cavity and discomfort when breathing.

Among the epithelial cells there are complexes of basal epitheliocytes, which belong to poorly differentiated cells. These cells are small, round or polygonal in shape with a hyperchromic, centrally located nucleus and basophilic cytoplasm in the form of a narrow rim. The presence of a large number of such cells in smears indicates a disorder of the trophic and mechanical function of the mucosa, a weakening of the intercellular and epithelial-mesenchymal combinations responsible for the integrity of intercellular contacts and the fixation of epitheliocytes on the basement membrane. As a result of such events, a slight injury to the epithelium occurs, and this causes pronounced desquamation of basal cells, combined with signs of the DI, which, as noted above, is characterized by a synchronous increase in the nucleus and cytoplasm without disturbing the nuclear-cytoplasmic ratio and the appearance of binuclear cells. However, even with the DI, there is a violation of cells differentiation and maturation, so it is considered as a facultative precancer.

Microscopic examination of smears made from scrapes of the nasal mucosa revealed from 5.5 to 25.3 squamous epithelial cells, on average 15.15 ± 6.3 . A significant number of these cells in a smear indicates the presence of an inflammatory process, as well as a tendency to atrophy of the nasal mucosa. This may be a sign that, against the background of a nasal breathing disorder with severe obstruction of the nasal cavity and prolonged respiratory olfactory dysfunction, prerequisites for dryness and discomfort during breathing appear, occurring against the background of an inflammatory process.

When studying smears from the surface of the nasal mucosa in 23 people (43.3%), leukocytes were found in the amount of 8.50 ± 1.55 in the MFV. However, it should be noted that in the study of the morphology of smears, inflammatory exudate with a significant number of leukocytes in the MFV was found only in 2 people (3.8%). In other cases, a minimal number of leukocytes was found, namely, from single to 5 copies in the MFV, which indicates a slow chronic inflammation. Together with leukocytes in smears, single lymphocytes were detected in the amount from 1 to 4 in the MFV.

The study of leukocyte cell representation in the nasal mucosa confirmed a significant amount of neutrophilic granulocytes, partially with decay phenomena, and lymphocytes in some examined persons (Fig. 2).

Some smears showed a significant amount of erythrocytes, which indicates an increased permeability of the vascular wall of the nasal mucosa in 20.7% of the examined persons (Fig. 3).

The study of smears from the nasal mucosa revealed pathogens that can cause chronic inflammation. Mucus was present in the RCG, and bacterial (rod and cocc) and mycotic contamination (*Candida* fungi) were also detected (Fig. 4).

Staphylococci are most common (51%) in patients of the I group with prolonged respiratory and olfactory

теризується найбільш вираженою обструкцією порожнини носа та тривалою дихально-нюховою дисфункцією (табл. 2).

dysfunction. Nasal breathing disorder is characterized by the most pronounced obstruction of the nasal cavity and prolonged respiratory-olfactory dysfunction (Table 2).

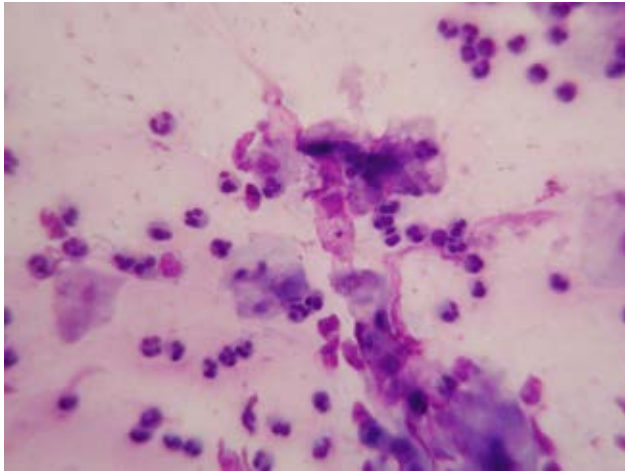


Рис. 2. Значна кількість нейтрофільних гранулоцитів, частково з явищами розпаду.
 Мазок, забарвлення за методом Романовського–Гімзи, ×400
Fig. 2. A significant amount of neutrophilic granulocytes, partly with decay phenomena.
 Smear, coloring according to Romanovsky–Giemsa, ×400

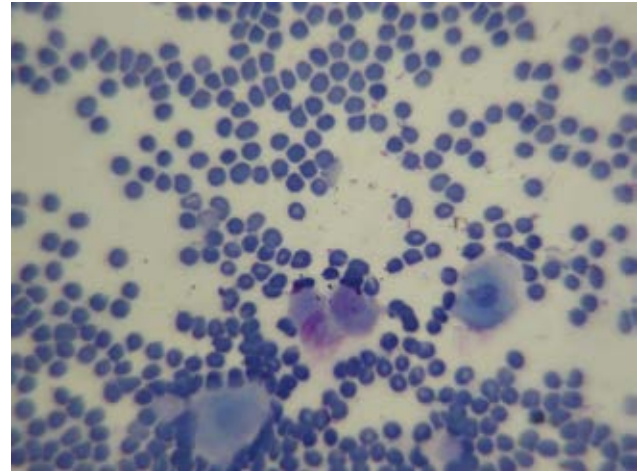


Рис. 3. Серед значної кількості еритроцитів розташовані окремі епітеліоцити.
 Мазок, забарвлення за методом Романовського–Гімзи, ×400
Fig. 3. Among a large number of erythrocytes, individual epitheliocytes are located.
 Smear, coloring according to Romanovsky–Giemsa, ×400

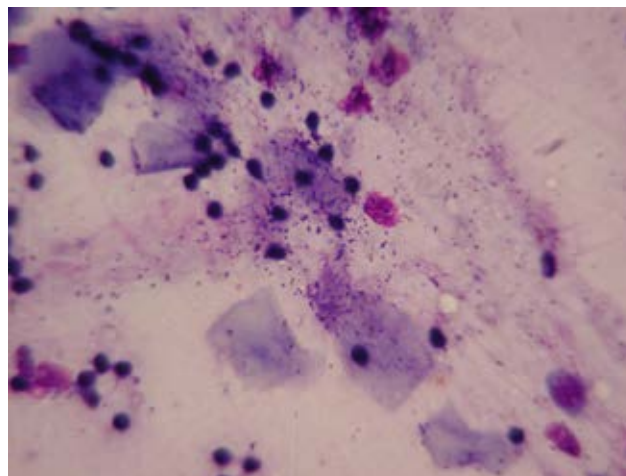


Рис. 4. Бактеріальне (кокове) обсіменіння. Мазок, забарвлення за методом Романовського–Гімзи, ×400
Fig. 4. Bacterial (cocca) contamination. Smear, coloring according to Romanovsky–Guisma, ×400

Таблиця 2. Характеристика бактеріальної контамінації слизової оболонки носа у хворих із найбільш вираженою обструкцією порожнини носа та тривалою дихально-нюховою дисфункцією
Table 2. Characteristics of bacterial contamination of the nasal mucosa in patients with the most severe obstruction of the nasal cavity and prolonged respiratory and olfactory dysfunction

Збудники Pathogens	I група I group		Інтенсивність контамінації Contamination intensity
	Абс. кількість Abs.amount	% хворих % of patients	M ± m, ум. од. M ± m, arb. units
Диплококи / Diplococci	3	5,6	1,16 ± 0,11
Стрептобацили / Streptobacilli	2	3,8	1,41 ± 0,14
Дифтероїди / Diphtheroids	2	3,8	1,65 ± 0,11
Клостридії / Clostridia	10	19	1,65 ± 0,9
Стафілококи / Staphylococci	27	51	1,60 ± 0,12
Гриби Candida / Candida Fungi	12	23	Не постійно / Not constantly

З однаковою частотою нами виявлено стрептобацили та дифтероїди (по 3,8%). Кількість виявлених диплококів та клостридій у даній категорії хворих невелика – по 5,6% та 19,0% відповідно. Усього бактерії виявлено у 87,5% обстежених, полімікробне забруднення зареєстроване у 62,5%, тобто у більшості хворих групи I. Незважаючи на значну частоту інфікування хворих, слід відзначити дуже слабкий ступінь інтенсивності контамінації поверхні слизової оболонки порожнини носа, що враховується за трибальною системою. Найбільший ступінь бактеріального забруднення стосується клостридій, стафілококів і дифтероїдів, інші види бактерій виявлені в невеликій кількості. В окремих випадках виявляються невеликі колонії диплококів. Відповідно, можна дійти висновку, що в даній патології не всі бактерії є етіологічним фактором запального процесу слизової оболонки порожнини носа. Більше того, нами встановлено, що у разі наявності слизу бактеріальне обсіменіння слизової оболонки було найменшим. У хворих з колонізацією слизової оболонки стафілококами виявлена або відсутність лейкоцитів у мазках, або по 2–5 екземплярів у ПЗМ.

Таким чином, морфологічні дослідження мазків з поверхні слизової оболонки носа виявили чітку тенденцію до пригнічення регенераторно-функціональних властивостей епітелію з переважанням клітин плоского епітелію та зменшенням кількості келихоподібних клітин, що вказує на тенденцію до атрофії слизової оболонки носа.

Запальний інфільтрат зареєстрований у 43,3% хворих, він містить невелику кількість лейкоцитів ($8,50 \pm 1,55$) у поєднанні з нечисленними імунокомпетентними клітинами, переважно лімфоцитами, та одиничними гістіоцитами і макрофагами. Лише у 2 хворих (3,8%) кількість лейкоцитів у ПЗМ досягла від 7 до 100. Така характеристика слизової оболонки носа є ознакою уповільненого запального процесу з ослабленою реакцією місцевого імунітету.

Бактеріальне обсіменіння слизової оболонки носа виявлено у 87,5% хворих, але інтенсивність контамінації була дуже слабкою. Ступінь інтенсивності бактеріального забруднення не корелює з інтенсивністю лейкоцитарної інфільтрації слизової оболонки носа, що свідчить про відсутність зв'язку між характером мікрофлори, рівнем контамінації, тяжкістю процесу та ролі бактеріальної інфекції в етіології та перебігу хронічного процесу у пацієнтів I групи з вираженою обструкцією носової порожнини та тривалою дихально-нюховою дисфункцією.

Виявлені у РЦГ зміни свідчать про порушення трофічних, механічних і захисних властивостей слизової оболонки порожнини носа, наслідком чого є ослаблення місцевого імунітету і бактеріальна контамінація, хронічний запальний (схильний до загострення) і десквамативно-атрофічний процес.

Клінічні аспекти та цитоморфофункціональні особливості слизової оболонки носа при хронічній патології внутрішньоносових структур на підставі вивчення РЦГ у хворих II групи

У пацієнтів другої групи відзначалося порушення носового дихання, яке характеризується менш вираженою обструкцією порожнини носа та менш тривалою дихально-нюховою дисфункцією (з тривалістю

We detected streptobacilli and diphtheroids with the same frequency (3.8% each). The number of detected diplococci and clostridia is small, respectively, 5.6% and 19%, in this category of patients. In total, bacteria were detected in 87.5% of the examined, polymicrobial contamination was registered in 62.5%, i.e., in the majority of patients in group I. Despite the significant frequency of infection of patients, it should be noted a very low degree of intensity of the nasal mucosa surface contamination, taken into account by a 3-point system. The highest degree of bacterial contamination refers to clostridia, staphylococci and diphtheroids, other types of bacteria were found in small quantities. Small colonies of diplococci were found in some cases. Accordingly, we can conclude that in this pathology, not all bacteria are the etiological factor in the inflammatory process of the nasal mucosa. Moreover, we found that in the presence of mucus, bacterial seeding of the mucosa was the least. Patients with colonization of the mucosa by staphylococci showed either the absence of leukocytes in smears, or 2–5 copies in the MFV.

Thus, morphological studies of smears from the surface of the nasal mucosa revealed a clear trend towards suppression of the regenerative-functional properties of the epithelium with a predominance of squamous epithelial cells and a decrease in the number of goblet cells, which indicates a tendency to atrophy of the nasal mucosa.

Inflammatory infiltrate was registered in 43.3% of patients, it contained a small number of leukocytes (8.50 ± 1.55) in combination with a few immune competent cells, mainly lymphocytes, and single histiocytes and macrophages. The number of leukocytes in the MFV reached from 7 to 100 only in 2 patients (3.8%). This characteristic of the nasal mucosa is a sign of a slowed inflammatory process with a weakened response of local immunity.

Bacterial seeding of the nasal mucosa was detected in 87.5% of patients, but the intensity of contamination was very weak. The degree of intensity of bacterial contamination does not correlate with the intensity of leukocyte infiltration of the nasal mucosa, which indicates that there is no relationship between the nature of the microflora, the level of contamination, the severity of the process and the role of bacterial infection in the etiology and course of the chronic process in patients of group I with severe obstruction of the nasal cavity and prolonged respiratory and olfactory dysfunction.

The changes detected in the RCG indicate a disorder of the trophic, mechanical and protective properties of the nasal mucosa, resulting in a weakening of local immunity and bacterial contamination, a chronic inflammatory (prone to exacerbation) and desquamative-atrophic process.

Clinical aspects and cytomorphofunctional features of the nasal mucosa in chronic pathology of the intranasal structures based on the study of the RCG in patients of the II group

In patients of the second group, there was a disorder of nasal breathing, characterized by a less pronounced obstruction of the nasal cavity and a shorter respiratory and olfactory dysfunction (with a disease duration of 0.5 years)

захворювання 0,5 року) поза загостренням, встановленим на основі ендоскопічної риноскопії. У суб'єктивному статусі пацієнта закладеність носа і дисфункція носового дихання підтверджувалися ступенем аеродинамічного порушення як помірних змін носового опору. Тут найбільш сприятлива як суб'єктивна, так і об'єктивна картина хвороби порівняно з першою групою, яка зумовлена збільшенням резерву адаптації функції мікроциркуляції до умов носової обструкції, а також аеродинамічним опором, що відповідає $1,8 \pm 0,4$ кПа (помірні зміни), показниками граничного шару (1,5 мм), застійною слизовою оболонкою носа без ознак мікротравматизації [14, 16]. При макроскопічному дослідженні відзначалася гладка слизова оболонка носа, іноді з невеликою кількістю слизу.

За аналізом РЦГ відзначалась десквамація клітин циліндричного війчастого епітелію. Метаплазія респіраторних клітин в плоскі епітеліоцити не була виразною, серед десквамованих епітеліальних клітин вони зустрічались у невеликій кількості (рис. 5).

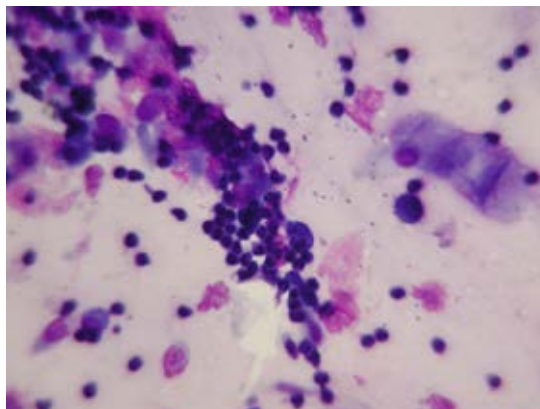


Рис. 5. Помірна десквамація респіраторних і плоских епітеліоцитів. Значна лімфоцитарна інфільтрація. Мазок, забарвлення за методом Романовського–Гімзи, $\times 400$

Fig. 5. Moderate desquamation of respiratory and squamous epithelial cells. Significant lymphocytic infiltration. Smear, coloring according to Romanovsky–Guimsa, $\times 400$

Згідно з дослідженням, у мазках зі слизової оболонки носа виявлено епітелій у різній кількості з коливаннями від 6,07 до 19,23 одиниць, у середньому $10,18 \pm 3,6$ у ПЗМ, що свідчить про екструзію епітеліальних клітин помірного ступеня (табл. 3).

Таким чином, при порушенні носового дихання з аеродинамічним опором, що відповідає $1,8 \pm 0,4$ кПа тривалістю 0,5 року, відбувається пошкодження і відшаровування верхнього шару епітелію, на що вказує наявність злущених епітеліальних клітин у мазках: клітин циліндричного епітелію з війками, а також келихоподібних клітин та клітин плоского епітелію. Ці зміни корелювали з ознаками загострення з боку суб'єктивної та об'єктивної картини.

Одиничні келихоподібні клітини в ПЗМ, виявлені в результаті дослідження РЦГ, вказують на мізерну кількість слизу та сухість у носовій порожнині. Слиз постійно виявлявся, хоч і в незначній кількості.

Що стосується епітеліоцитів базального типу, то і вони в РЦГ були наявні у вигляді невеликих груп або поодиноких клітин (рис. 6).

У мазках зі слизової оболонки носа у 12 із 48 обстежених (25%) з порушеннями носового дихання, виявлено базальний епітелій, який в середньому дорівнює $2,1 \pm 0,5$ у ПЗМ. Ці ознаки кореспондуються з показниками підрахунку клітинного складу базаль-

without an exacerbation, established on the basis of endoscopic rhinoscopy. In the subjective status of the patient, nasal congestion and nasal breathing dysfunction were confirmed by the degree of aerodynamic disturbance as a moderate change in nasal resistance. Here, both the subjective and objective picture of the disease is most favorable compared to the first group, due to an increase in the reserve of adaptation of the microcirculation function to the conditions of nasal obstruction, as well as aerodynamic resistance corresponding to 1.8 ± 0.4 kPa (moderate changes), indicators of the limiting layer (1.5 mm), congestive nasal mucosa without signs of microtraumatization [8, 14]. Macroscopic examination showed a smooth nasal mucosa, sometimes with a small amount of mucus.

According to the RCG analysis, desquamation of cells of the cylindrical ciliated epithelium was noted. Metaplasia of respiratory cells into squamous epitheliocytes was not distinct; they were found in small numbers among desquamated epithelial cells (Fig. 5).

According to the study, different amounts of epithelium were found in smears from the nasal mucosa with fluctuations from 6.07 to 19.23 units, an average of 10.18 ± 3.6 in the MFV, which indicates a moderate extrusion of epithelial cells (Table 3).

Thus, in case of nasal breathing impairment with aerodynamic resistance corresponding to 1.8 ± 0.4 kPa lasting 0.5 years, damage and exfoliation of the upper layer of the epithelium occurs, which is indicated by the presence of desquamated epithelial cells in the smears: cylindrical epithelial cells with cilia, as well as goblet cells and cells of squamous epithelium. These changes correlated with signs of exacerbation on the part of the subjective and objective picture.

Single goblet cells in the MFV, found as a result of the RCG study, indicate a poor amount of mucus and dryness in the nasal cavity. Mucus constantly manifested itself, albeit in a small amount.

As for epitheliocytes of the basal type, they were also present in the RCG in the form of small groups or single cells (Fig. 6).

Basal epithelium (on average 2.1 ± 0.5 in the MFV) was found in smears from the nasal mucosa of 12 out of 48 examined patients (25%) with nasal breathing impairment. These signs correspond with the indicators of calculation of cellular composition of the nasal mucosa

ного шару слизової оболонки носа та зустрічаються у 4 рази рідше, ніж у першій групі (табл. 3).

Кількість нейтрофільних гранулоцитів (деякі мали ознаки розпаду) і лімфоцитів була підвищеною, але меншою мірою, порівняно з першою групою, що поряд з іншими показниками є підтвердженням помірного порушення функціональної активності та морфологічної структури слизової оболонки носа (рис. 7).

basal layer and are 4 times less common than in the first group (Table 3).

The number of neutrophilic granulocytes (some had signs of decay) and lymphocytes was increased, but to a lesser extent compared to the first group, which, along with other indicators, confirmed a moderate disorder of the functional activity and morphological structure of the nasal mucosa (Fig. 7).

Таблиця 3. Характеристика клітинного складу мазків слизової оболонки носа у хворих II групи
Table 3. Characteristics of the cellular composition of the nasal mucosa smears in patients of the II group

Параметр (у ПЗ) Parameter (in MFV)	Абс. кількість хворих Abs. number of patients	% хворих % of patients	M ± m, ум. од. M ± m, arb. units
Епітелій війчастий / Ciliated Epithelium	19	40%	10,18 ± 3,6
Келихоподібні клітини / Goblet Cells	5	10,4%	Одиничні / Sporadic
Епітелій базального типу / Basal-type Epithelium	12	25%	2,1 ± 0,5
Епітелій плоский / Squamous Epithelium	13	27,1%	5,4 ± 0,02
Нейтрофільні гранулоцити / Neutrophilic Granulocytes	10	20,8%	6,33 ± 0,44
Еозинофіли / Eosinophils	–	–	–
Базофіли / Basophils	–	–	–
Еритроцити / Erythrocytes	5	10,4%	3,1 ± 0,24
Лімфоцити / Lymphocytes	15	31,2%	1,12 ± 0,1
Дисплазія / Dysplasia	1	2,08%	0
Слиз / Mucus	9	18,7%	Мало, але постійно Small amount but constantly

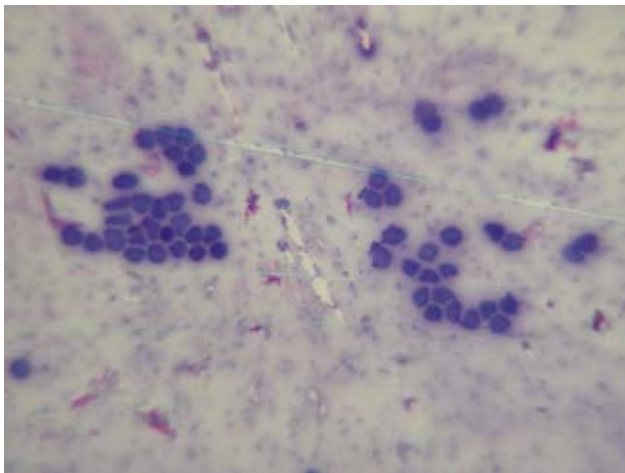


Рис. 6. Епітеліоцити базального типу у вигляді невеликих клітинних груп.

Мазок, забарвлення за методом Романовського–Гімзи, ×400

Fig. 6. Epitheliocytes of the basal type in the form of small cell groups.

Smear, coloring according to Romanovsky–Guimsa, ×400

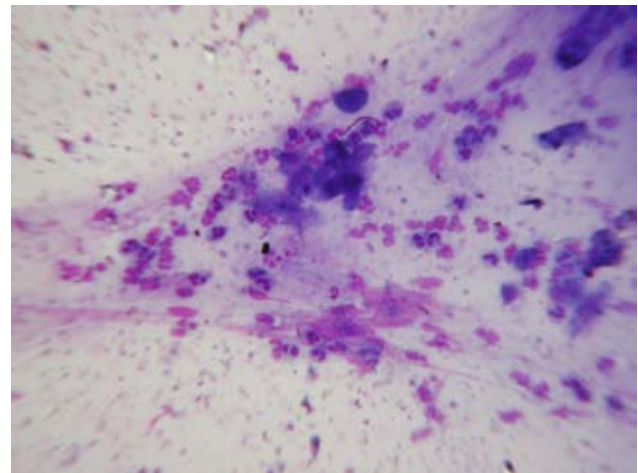


Рис. 7. Нейтрофільні гранулоцити (деякі з явищами розпаду).

Мазок, забарвлення за методом Романовського–Гімзи, ×400

Fig. 7. Neutrophilic granulocytes (some with decay phenomena).

Smear, coloring according to Romanovsky–Guimsa, ×400

Абсолютні показники лейкоцитів, виявлені у половини хворих, склали $6,33 \pm 0,44$ одиниць, що також підтверджує помірне порушення функціональної активності та морфологічної структури слизової оболонки носа, порівняно з першою групою. У 2 хворих (4,1%) у мазках із поверхні слизової оболонки носа виявлено лімфоцити з коливаннями від 1,0 до 7,0 екземплярів у ПЗМ (×630), що характерно для хронічного запалення. Еритроцити були представлені в РЦГ у невеликій кількості.

При аналізі частоти та характеру збудників були виявлені коки, клостридії, стрептобацили та гриби роду *Candida* (табл. 4).

The absolute values of leukocytes, detected in half of the patients, amounted to 6.33 ± 0.44 units, which also confirmed a moderate disorder of the functional activity and morphological structure of the nasal mucosa compared with the first group. Lymphocytes with fluctuations from 1.0 to 7.0 copies in the MFV (×630) were found in smears from the surface of the nasal mucosain 2 patients (4.1%), which is typical for chronic inflammation. Erythrocytes were presented in the RCG in a small amount.

Cocci, clostridia, streptobacilli and *Candida* fungi were found when analyzing the frequency and nature of pathogens (Table 4).

Таблиця 4. Характеристика бактеріальної контамінації слизової оболонки носа у хворих із порушенням носового дихання
Table 4. Characteristics of bacterial contamination of the nasal mucosa in patients with nasal breathing impairment

Збудники/ Pathogens	II група (інтактні хворі) II group (intact patients)		Інтенсивність контамінації Contamination intensity
	Абс. кількість хворих Abs. amount of patients	% хворих % of patients	(M ± m) ум. од. (M ± m) arb. unit
Клостридії / Clostridia	27	56,2%	1,38 ± 0,7
Стрептобацили / Streptobacilli	23	48%	1,12 ± 0,2
Коки / Cocci	31	64,5%	2,5 ± 0,1
Гриби Candida / Candida Fungi	12	25%	Не постійно / Not constantly

Найчастіше реєструвалися коки – у 64,5% випадків. Найбільш інтенсивно слизова оболонка була заселена стафілококами, що нами оцінювалося як 2,5 ум. од., тобто з наявністю цілих колоній мікроорганізмів. Відзначався помірний ступінь контамінації клостридіями та стрептобацилами, де інтенсивність забруднення збудником характеризувалася як 2 ум. од. Мікотичну (Candida) контамінацію виявлено в деяких спостереженнях, але вона не дуже виражена.

Зміни в РЦГ свідчать про помірні порушення функціональної активності та морфологічної структури слизової оболонки носа. Порівняно з першою групою запальний процес набув характеру хронічного повільного загострення, бактеріально-мікотична контамінація була помірною і не на постійній основі. Тип РЦГ можна трактувати як повільно-хронічний.

Клінічні аспекти та цитоморфологічні особливості слизової оболонки носа при хронічній патології внутрішньоносових структур на підставі вивчення РЦГ у хворих III групи

Клінічно у пацієнтів третьої групи відзначалося порушення носового дихання з найбільш вираженою обструкцією порожнини носа, порівняно з першою та другою групами, зумовлене високим ступенем аеродинамічного опору (3,1±3,9 кПа). Однак тривалість дихальної дисфункції становила 1 міс. Порушення нюху при об'єктивному дослідженні свідчило про респіраторну нюхову дисфункцію з витратами енергії на дихання в 4,2±0,8 кал. При оцінці ламінарного граничного шару показники відповідали нормальній функціонуючій слизовій оболонці порожнини носа, що зумовлено, швидше за все, недостатньо тривалим порушенням аеродинаміки (до 1 міс.). Тому слизова оболонка порожнини носа з урахуванням показників пограничного шару найбільш збережена і найменш скомпроментована, насамперед, тривалістю носового опору. Ці дані відповідають раніш відомим дослідженням, проведеним з боку мікроциркуляції судин бульбарної кон'юнктиви та капіляроскопії.

При диференційованому вивченні різних видів клітин епітелію встановлено, що незначну кількість склали клітини війчастого епітелію, які були виявлені в одному ПЗМ з частотою від 5,2 до 11,6 екземплярів. Кількість клітин війчастого епітелію в середньому становить 8,1±0,44 одиниць у ПЗМ, але серед них візуалізувалися респіраторні клітини з наявністю повійок, що свідчить про збереження слизової оболонки та її функціональну активність (табл. 5).

Cocci were recorded most often, namely, in 64.5% of cases. The most intensively the mucous membrane was populated by staphylococci, which we estimated as 2.5 arbitrary units, i.e., with the presence of whole colonies of microorganisms. A moderate degree of contamination with clostridia and streptobacilli was noted, where the intensity of contamination by the pathogen was characterized as 2 arbitrary units. Mycotic (Candida) contamination was found in some observations, but it is not very pronounced.

Changes in the RCH indicate moderate impairment of functional activity and morphological structure of the nasal mucosa. Compared with the first group, the inflammatory process assumed the character of a chronic slow exacerbation, bacterial-mycotic contamination was moderate and not on a permanent basis. The type of the RCG can be considered as a slow-chronic one.

Clinical aspects and cytomorphofunctional features of the nasal mucosa in chronic pathology of intranasal structures based on the study of the RCG in patients of the III group

Clinically, a nasal breathing impairment with the most pronounced obstruction of the nasal cavity caused by a high degree of aerodynamic resistance (3.1±3.9 kPa), was observed in patients of the third group compared to the patients of the first and second groups. However, the duration of respiratory dysfunction was 1 month. Objective examination of the sense of smell testified to respiratory olfactory impairment with energy expenditure for respiration of 4.2±0.8 cal. When assessing the laminar boundary layer, the indicators corresponded to the normal functioning of the nasal mucosa, which is most likely due to an insufficiently long-term disturbance of aerodynamics (up to 1 month). Therefore, the nasal cavity mucosa, taking into account the parameters of the boundary layer, is the most preserved and least compromised, primarily by the duration of nasal resistance. These data correspond to previously known studies conducted on the part of the microcirculation of the bulbar conjunctiva vessels and capillaroscopy.

In a differentiated study of various types of epithelial cells, it was established that a small number were cells of the ciliated epithelium, which were found in one MFV with a frequency of 5.2 to 11.6 copies. The number of the ciliated epithelium cells averaged 8.1±0.44 units in the MFV, but respiratory cells with the presence of cilia were visualized among them, which indicates the preservation of the mucous membrane and its functional activity (Table 5).

Таблиця 5. Характеристика клітинного складу мазків слизової оболонки носа у хворих III групи
Table 5. Characteristics of the cellular composition of the nasal mucosa smears in patients of the III group

Параметр (в ПЗМ) Parameter (in MFV)	Абс. кількість хворих Abs.number of patients	% хворих % patients	M ± m, ум. од. M ± m, arb. units
Епітелій війчастий / Ciliated Epithelium	15	34,1%	8,1 ± 0,44
Келихоподібні клітини / Goblet Cells	7	16%	7,13 ± 1,4
Епітелій базального типу Basal-type Epithelium	5	11,3%	2,2 ± 0,02
Епітелій плоский / Squamous Epithelium	2	4,5%	5,0 ± 0,6
Нейтрофільні гранулоцити Neutrophilic Granulocytes	2	4,5%	Sporadic
Еритроцити / Erythrocytes	не виявл. / not detected	не виявл. / not detected	не виявл. / not detected
Лімфоцити / Lymphocytes	6	13,6%	1,1 ± 0,5
Мікрофлора (коки) / Microflora (cocci)	5	11,3%	Не постійно/ Not constantly
Гриби Candida / Candida fungi	2	4,5%	Не постійно / Not constantly
Дисплазія / Dysplasia	0	0	0
Слиз / Mucus	22	50%	Помірна кількість Moderate amount

Як видно з результатів дослідження, частота виявлення келихоподібних клітин коливається від 1 до 15 клітинних елементів, що пояснює появу помірної кількості слизу в ПЗМ та збігається з даними суб'єктивної та об'єктивної картини захворювання. Цей факт свідчить на користь того, що механізм функціонального захисту слизової оболонки у цієї категорії пацієнтів знаходиться в межах фізіологічної норми. Що стосується базального епітелію, то кількість клітин у ПЗМ становила від 1 до 5, у середньому $2,2 \pm 0,02$ одиниць. Незначна кількість базального епітелію в мазках є ознакою цілісності міжклітинних контактів і закріплення епітеліоцитів на базальній мембрані. Це свідчить про збереження функціональної активності слизової оболонки порожнини носа лише на рівні основного механізму захисту слизової оболонки верхніх дихальних шляхів загалом.

Епітеліальні клітини в мазках були розташовані у вигляді пластів різного розміру або окремих клітин. Війчастий епітелій і келихоподібні клітини виявлялися в достатній кількості, а плоскі епітеліоцити та базальні клітини були одиничними (рис. 8).

As can be seen from the results of the study, the frequency of goblet cell detection ranges from 1 to 15 cell elements, which explains the appearance of a moderate amount of mucus in the MFV and coincides with the data of subjective and objective pictures of the disease. This testifies in favor of the fact that the mechanism of the mucosa functional protection is within the physiological norm in this category of patients. As for the basal epithelium, the number of cells in the MFV ranged from 1 to 5, on average 2.2 ± 0.02 units. A small amount of basal epithelium in smears is a sign of the integrity of intercellular contacts and the fixation of epitheliocytes on the basal membrane. This indicates the preservation of the nasal mucosafunctional activity at the level of the main mechanism for protecting the mucosa of the upper respiratory tract as a whole.

Epithelial cells in smears were located in the form of layers of different sizes or individual cells. Ciliated epithelium and goblet cells were found in sufficient numbers, and squamous epitheliocytes and basal cells were isolated (Fig. 8).

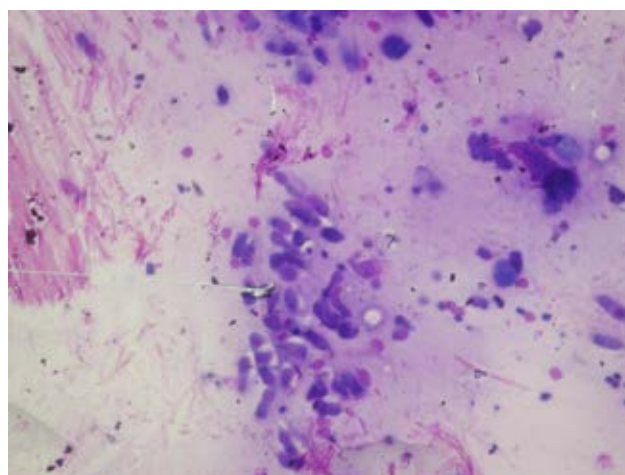


Рис. 8. Помірно виражені дистрофічно-десквамативні процеси. Серед клітин розрізняється переважно війчастий епітелій з наявністю повіюк, респіраторні клітини. Мазок, забарвлення за методом Романовського–Гімзи, $\times 400$
Fig. 8. Moderately expressed dystrophic-desquamative processes. Ciliated epithelium with the presence of cilia is predominantly distinguished among the respiratory cells. Smear, coloring according to Romanovsky–Guimsa, $\times 400$

При мікроскопічному дослідженні мазків, виготовлених із зіскрібків слизової оболонки носа з використанням імерсійного об'єктива (630) виявлено від 2,3 до 7,2 клітин плоского епітелію, в середньому $5,0 \pm 0,6$.

Лімфоцити і нейтрофільні гранулоцити з ознаками розпаду також були виявлені в незначній кількості, що є ознакою повільного хронічного запалення. Бактеріальна і мікотична флора виявлялися не постійно, контамінація ними була виражена слабо.

При аналізі частоти та характеру збудників, які були виявлені у мазках зі слизової оболонки носа у пацієнтів з дихально-нюховою дисфункцією, 5 його видів в малій кількості. Це були виявлені коки, кластридії, стрептобацили та гриби роду *Candida* (табл. 6).

Microscopic examination of smears made from the nasal mucosa scrapes using an immersion lens (630) revealed from 2.3 to 7.2 squamous epithelial cells, on the average 5.0 ± 0.6 .

Lymphocytes and neutrophilic granulocytes with signs of decay were found in small numbers, which attested to a slow chronic inflammation. Bacterial and mycotic flora was found not constantly, their contamination was weakly expressed.

Five types of pathoges were found in small quantities in patients with respiratory and olfactory dysfunction when analyzing the frequency and nature of pathogens in smears from the nasal mucosa. These were cocci, clostridia, streptobacteria and *Candida* fungi (Table 6).

Таблиця 6. Характеристика бактеріальної контамінації слизової оболонки носа у хворих III групи
Table 6. Characteristics of bacterial contamination of the nasal mucosa in patients of the III group

Збудники Pathogens	III група (інтактні хворі) III Group (intact patients)		Інтенсивність контамінації Contamination intensity
	Абс. кількість хворих Abs. number of patients	% хворих % of patients	($M \pm m$) ум. од. ($M \pm m$) arb. units
Кластридії / Clostridia	27	56,2 %	$1,38 \pm 0,7$
Стрептобацили / Streptobacteria	23	52,2%	$1,12 \pm 0,2$
Коки / Cocci	17	38,6 %	$1,5 \pm 0,1$
Гриби <i>Candida</i> / <i>Candida</i> Fungi	12	25%	Не постійно / Not constantly

Найчастіше реєструвалися коки. Серед них стафілококи реєструвалися в 38,6% випадків з інтенсивністю контамінації $1,5 \pm 0,1$. Найбільш інтенсивно слизова оболонка носа була заселена стафілококами, що нами оцінювалося як 2,5 умовних одиниці, тобто з наявністю цілісних колоній мікроорганізмів.

Кластридії та стрептобацили інфікували слизову оболонку глотки зі слабким ступенем інтенсивності, яка нами оцінювалася як 1,38 та 1,12 умовних одиниць, відповідно. Вони виявлені у деяких хворих, але з різною інтенсивністю.

Аналіз РЦГ свідчить про найбільшу збереженість функціонального і морфологічного стану слизової оболонки носа в даній групі спостережень. На це вказує наявність чітко виражених шарів епітелію в мазках зі слизової оболонки порожнини носа з диференціацією війчастих, базальних та келихоподібних клітин. При цьому війчасті клітини є найбільш диференційованими клітинними елементами та разом із секреторними келихоподібними клітинами складають першу лінію захисту слизової оболонки порожнини носа.

Радіологічна класифікація патологічних груп з КТ-даних

Сегментація дихальних шляхів носової порожнини була виконана з КТ-даних. Приклад сегментації дихальних шляхів порожнини носа правого повітряно-носогового каналу у вигляді спереду показано на рисунку 9. Сегментацію дихальних шляхів на КТ-зрізах порожнини носа виконували за їх багатоплощинними реконструкціями (MPR) у фронтальній проекції. Середня довжина носової порожнини становила близько 70–75 мм.

Повна реконструйована персоніфікована 3D-модель носової порожнини з набору даних КТ показана на рисунку 10.

Cocci were the most commonly reported. Among them, staphylococci were registered in 38.6% of cases with a contamination intensity of 1.5 ± 0.1 . Staphylococci populated the nasal mucosa the most intensively, which we assessed as 2.5 arbitrary units in the presence of holistic colonies of microorganisms.

Clostridia and streptobacilli infected the mucous membrane of the pharynx with a weak degree of intensity, which we assessed as 1.38 and 1.12 arbitrary units, respectively. They were found in solitary patients, but with different intensity.

The analysis of rhinocytogram shows the greatest preservation functional and morphological state of the mucous membrane nasal membranes in this group of observations. It indicates this the presence of well-defined layers of epithelium in smears with mucous membrane of the nasal cavity with differentiation ciliated, basal and goblet cells. At ciliated cells are the most differentiated cellular elements and together with secretory ones goblet cells make up the first line protection of the mucous membrane of the nasal cavity.

Radiological classification of the pathological groups from CT-datasets

The segmentation of the nasal cavity airways was performed from CT-datasets. An example of the nasal cavity airways segmentation of the right-side air nasal channel in the frontal view is shown in Fig. 9. Segmentation of the airways on the CT sections of the nasal cavity was performed from their multiplanar reconstructions (MPR) in the frontal projection. The average length of the nasal cavity was near 70–75 mm.

A full reconstructed personified 3D model of the nasal cavity from CT dataset is shown in Figure 10.



Рис. 9. Приклад сегментації порожнини носа правого носового ходу на вигляді спереду. Розташування відділів від переду носа до хоан (зліва направо)

Fig. 9. An example of segmentation of the nasal cavity of the right-side nasal air canal in the frontal view. The location of the sections from the vestibule of the nose to the choanae (from left to right)

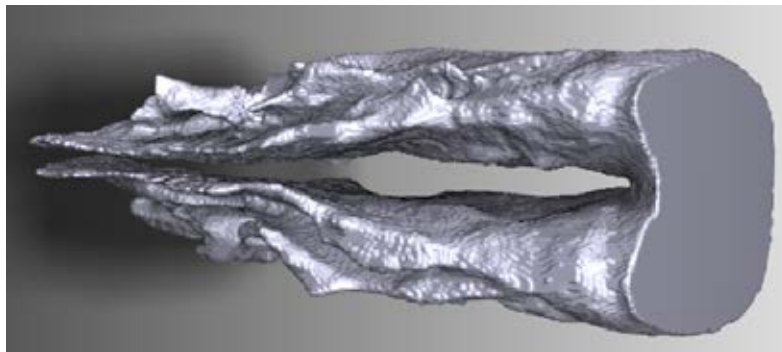


Рис. 10. Приклад повної реконструкції персоналізованої 3D-моделі порожнини носа з набору даних КТ
 Fig. 10. An example of full reconstructed personalized 3D model of the nasal cavity from CT dataset

Аеродинамічний коефіцієнт носового опору розраховували для лівого та правого каналів носової порожнини за формулами [8, 12]

$$A_L = \sum \lambda_L \cdot \rho \frac{L_L}{d_{h_L} \cdot 2S_L^2} + \max \left(\xi_L \cdot \rho \frac{1}{2S_L^2} \right); \quad (1)$$

$$A_R = \sum \lambda_R \cdot \rho \frac{L_R}{d_{h_R} \cdot 2S_R^2} + \max \left(\xi_R \cdot \rho \frac{1}{2S_R^2} \right), \quad (2)$$

де λ_L, λ_R – коефіцієнти втрати тиску по довжині для лівого та правого носових каналів відповідно;

ξ_L, ξ_R – коефіцієнти локального опору лівого та правого носових ходів відповідно;

L_L, L_R – довжини ділянок для лівого та правого носових каналів відповідно;

Q_L, Q_R – потік повітря через лівий і правий носові канали відповідно;

S_L, S_R – площі поперечних зрізів лівої та правої носових ходів відповідно;

ρ – щільність повітря;

d_{h_L}, d_{h_R} – еквівалентні діаметри поперечного перерізу для лівого та правого носових ходів відповідно, які враховували складну конфігурацію порожнини носа і визначалися за формулою

$$d_h = \frac{4S}{P}, \quad (3)$$

де S і P – площа та периметр розрізу, які визначаються чисельно з сегментованих бінарних моделей дихальних шляхів носової порожнини.

Результуючий коефіцієнт аеродинамічного опору визначається як еквівалентний аеродинамічний опір паралельних каналів у турбулентному режимі і розраховується за виразом:

$$\dot{A} = \left(\frac{\sqrt{A_L} \cdot \sqrt{A_R}}{\sqrt{A_L} + \sqrt{A_R}} \right)^2. \quad (4)$$

The aerodynamic coefficient of nasal resistance was calculated for the left and right channels of the nasal cavity by formulas [8, 12]

$$A_L = \sum \lambda_L \cdot \rho \frac{L_L}{d_{h_L} \cdot 2S_L^2} + \max \left(\xi_L \cdot \rho \frac{1}{2S_L^2} \right); \quad (1)$$

$$A_R = \sum \lambda_R \cdot \rho \frac{L_R}{d_{h_R} \cdot 2S_R^2} + \max \left(\xi_R \cdot \rho \frac{1}{2S_R^2} \right), \quad (2)$$

where λ_L, λ_R – pressure loss coefficients in length for the left and right nasal channels, respectively;

ξ_L, ξ_R – local resistance coefficients of the left and right nasal channels, respectively;

L_L, L_R – lengths of sections for the left and right nasal channels, respectively;

Q_L, Q_R – air flow through the left and right nasal channels, respectively;

S_L, S_R – areas of cross-sectional slices of the left and right nasal channels, respectively;

ρ – density of air;

d_{h_L}, d_{h_R} – equivalent cross-sectional diameters for the left and right nasal channels, respectively, which accounted the complex configuration of the nasal cavity and was determined by the formula

$$d_h = \frac{4S}{P}, \quad (3)$$

where S and P – the area and perimeter of the section, which are determined numerically from the segmented binary models of the nasal cavity airways.

The resulting coefficient of aerodynamic resistance is defined as the equivalent aerodynamic resistance of the parallel channels in turbulent mode and is calculated by the expression:

$$\dot{A} = \left(\frac{\sqrt{A_L} \cdot \sqrt{A_R}}{\sqrt{A_L} + \sqrt{A_R}} \right)^2. \quad (4)$$

Приклад аксіального та фронтального (МПР) типових томографічних зрізів для першої групи пацієнтів наведено на рис. 11 (а) та 11 (b), відповідно.

Візуально можна визначити звуження носової порожнини, що викликає посилення кровотоку в ділянці нюху і, як наслідок, постійне пересихання слизової оболонки. Незначні відмінності в провідності лівої і правої половини носа пояснюються наявністю носового циклу. Коефіцієнт аеродинамічного носового опору в турбулентному режимі найбільший і становить $1,54 \pm 0,42$ кПа/(л·с)².

An example of axial and frontal (MPR) typical tomographic sections for the first group of patients is shown in Figure 11(a) and 11(b), respectively.

Visually, it is possible to determine the narrowing of the nasal cavity, which causes an increased flow rate in the olfactory region and, as a result, a constant drying of the mucous membrane. Minor differences in the conductivity of the left and right halves of the nose are explained by the presence of the nasal cycle. The coefficient of aerodynamic nasal resistance in turbulent mode is the highest and is 1.54 ± 0.42 kPa/(l·s)².

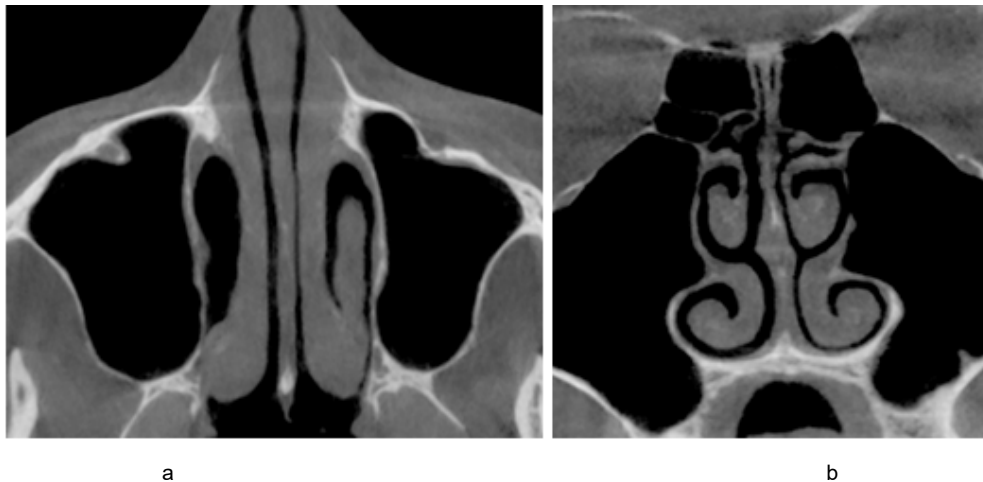


Рис. 11. Приклад аксіального та фронтального типових томографічних зрізів для першої групи пацієнтів:
а – аксіальний зріз; б – фронтальна МПР

Fig. 11. An example of axial and frontal typical tomographic sections for the first group of patients: a – axial section; b – frontal MPR

Приклад аксіального та фронтального (МПР) типових томографічних зрізів для II групи пацієнтів наведено на рис. 12 (а) та 12 (b), відповідно.

An example of axial and frontal (MPR) typical tomographic sections for the second group of patients is shown in Figure 12 (a) and 12 (b), respectively.

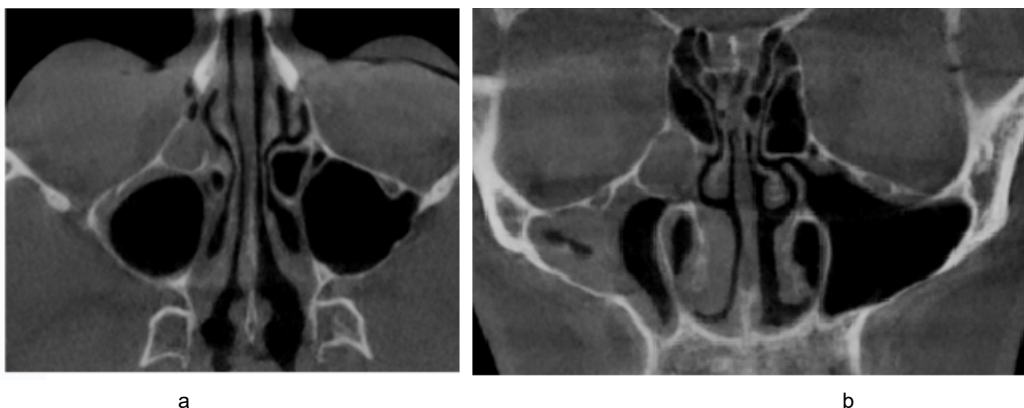


Рис. 12. Приклад аксіального та фронтального типових томографічних зрізів для другої групи пацієнтів:
а – аксіальний зріз; б – фронтальна МПР

Fig. 12. An example of axial and frontal typical tomographic sections for the second group of patients: a – axial section; b – frontal MPR

Візуально на цьому етапі спостерігається менше звуження дихальних шляхів порожнини носа. Часто спостерігається однобічне стійке компенсаторне розширення порожнини носа, що зумовлює відносно помірну швидкість повітряного потоку та менший коефіцієнт лобового опору в турбулентному режимі порівняно з іншими групами. Коефіцієнт аеродинамічного носового опору в турбулентному режимі найбільший і становить $1,22 \pm 0,36$ кПа/(л·с)².

Приклад аксіального та фронтального (МПР) типових томографічних зрізів для III групи пацієнтів наведено на рис. 13 (а) та 13 (b), відповідно.

Visually, at this stage, there is less narrowing of the airways of the nasal cavity. Often, one-sided persistent compensatory expansion of the nasal cavity is observed, which leads to a relatively moderate airflow velocity and a lower nose drag coefficient in turbulent mode compared to other groups. The coefficient of aerodynamic nasal resistance in turbulent mode is the highest and is 1.22 ± 0.36 kPa/(l·s)².

An example of axial and frontal (MPR) typical tomographic sections for the third group of patients is shown in Figure 13 (a) and 13 (b), respectively.

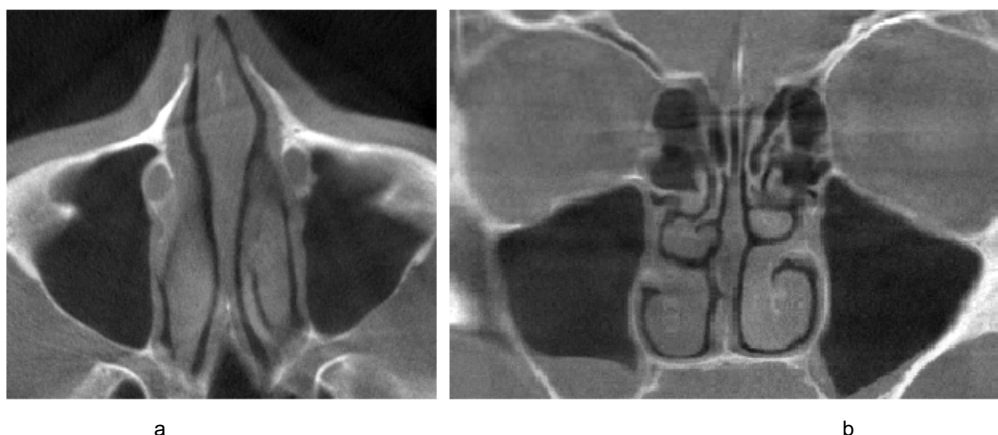


Рис. 13. Приклад аксіального та фронтального типових томографічних зрізів для третьої групи пацієнтів:
а – аксіальний зріз; б – фронтальна МПР

Fig. 13. An example of axial and frontal typical tomographic sections for the third group of patients: a – axial section; b – frontal MPR

Візуально в цій гострій стадії можна визначити двобічне звуження порожнини носа, що зумовлює ще більше збільшення швидкості кровотоку, порівняно з хворими першої групи, і звуження нюхової длянці аж до її закупорки. Коефіцієнт аеродинамічного носового опору в турбулентному режимі найбільший і становить $2,62 \pm 0,57 \text{ кПа}/(\text{л} \cdot \text{с})^2$.

Коефіцієнти аеродинамічного носового опору в турбулентному режимі повністю корелюють зі значеннями, отриманими за риноманометричними даними (в ламінарному режимі, наведені вище). Зберігається тенденція до характерних змін аеродинамічного коефіцієнта лобового опору. Різниця в числових значеннях пояснюється різними одиницями виміру для різних режимів потоку повітря відповідно.

Запропонована аеродинамічна модель із КТ-даних фактично забезпечує незалежну верифікацію аеродинамічних характеристик порожнини носа [5, 8, 29, 30], отриманих за даними риноманометрії, і може свідчити про порушення носового дихання відповідно до змін внутрішньої анатомічної конфігурації носового ходу.

Visually, in this acute stage, it is possible to determine the bilateral narrowing of the nasal cavity, which causes an even greater increase in the flow rate, compared with patients of the first group, and a narrowing of the olfactory region up to its obstruction. The coefficient of aerodynamic nasal resistance in turbulent mode is the highest and is $2.62 \pm 0.57 \text{ kPa}/(\text{l} \cdot \text{s})^2$.

The aerodynamic nose resistance coefficients in turbulent mode fully correlate with the values obtained from rhinomanometric data (in laminar mode, given above). The trend towards characteristic changes in the aerodynamic nose drag coefficient remains. The difference in numerical values is explained by different units of measurement for different modes of air flow, respectively.

This proposed aerodynamic model from CT-datasets actually provides an independent verification of the aerodynamic characteristics of the nasal cavity [5, 8, 29, 30], obtained from rhinomanometry data, and may indicate a violation of nasal breathing according to changes in the internal anatomical configuration of the nasal channel.

ВИСНОВКИ

Цитологічне дослідження виявило зниження морфофункціональних параметрів слизової оболонки носа у хворих I та II груп, які проявлялися поєднанням запальних, дистрофічно-десквамативних, атрофічних і метапластичних змін різного ступеня виразності. У III групі визначено найбільш стабільний функціональний і морфологічний стан слизової оболонки носа.

Формування різного характеру перебігу та ступеня виразності порушень пов'язано з запальними, дисциркуляторними і трофічними порушеннями в слизовій оболонці порожнини носа, які послаблюють як мукоциліарний кліренс, так і місцевий імунітет. Це стосується переважно I групи спостережень.

Наслідком зниження факторів місцевого імунітету в слизовій оболонці порожнини носа є мікробне забруднення, яке пов'язано з тривалим порушенням носового дихання в I та II групах спостережень, до п'яти років та шести місяців, відповідно.

Незважаючи на достовірність проведених нами обстежень, цитологічне дослідження слизової оболонки носа є лише додатковим аналізом, інтерпретація якого має ґрунтуватися на клінічній картині конкретного пацієнта.

CONCLUSIONS

The cytological study revealed a decrease in the morphological and functional parameters of the nasal mucosa in patients of the I and II subgroups, which manifested themselves as a combination of inflammatory, dystrophic-desquamative, atrophic and metaplastic changes of varying severity. The functional and morphological state of the nasal mucosa was estimated as the most stable in the III group.

Formation of a different nature of the course and severity of disorders is associated with inflammatory, dyscirculatory and trophic disorders in the nasal mucosa, which weaken both mucociliary clearance and local immunity. This applies mainly to the I group of observations.

The consequence of a decrease in local immunity factors in the nasal mucosa is microbial contamination, which is associated with a long-term nasal breathing disorder in the I and II groups of observations, up to five years and six months, respectively.

Despite the reliability of the examinations carried out by us, the cytological examination of the nasal mucosa is only an additional analysis, the interpretation of which should be based on the clinical picture of a particular patient.

Запропонована аеродинамічна модель із КТ-даних фактично забезпечує незалежну перевірку аеродинамічних характеристик порожнини носа, отриманих за даними риноанометрії, і може свідчити про порушення носового дихання відповідно до змін внутрішньої анатомічної конфігурації носового каналу.

У перспективі за допомогою телемедицини сервісів [31] можна проводити онлайн-діагностику розладів дихання та нюху, а також динаміку їх змін у процесі терапії. Розроблений підхід дозволить оцінити адекватність функціональних методів тестування носового дихання та нюхових розладів.

Proposed aerodynamic model from CT-datasets actually provides an independent verification of the aerodynamic characteristics of the nasal cavity, obtained from rhinomanometry data, and may indicate a violation of nasal breathing according to changes in the internal anatomical configuration of the nasal channel.

In the future, telemedicine services [31] can be used to conduct online diagnostic measures about respiratory and olfactory disorders, as well as the dynamics of their changes in the course of therapy. Also, the developed approach will allow assessing the adequacy of functional methods for testing nasal breathing and olfactory disorders.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

REFERENCES

1. Jankowski R., Nguyen D.T., Russel A., Toussaint B., Gallet P., Rumeau C. Chronic nasal dysfunction. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*. 2018. Vol.135(1). P. 41–49.
2. Rimmer J., Hellings P., Lund V.J., Alobid I., Beale T., Dassi C., Fokkens W. European position paper on diagnostic tools in rhinology. *Rhinology*. 2019. Vol. 57(S28). P. 1–42.
3. Villwock J.A., Kupper-Smith R.B. Diagnostic algorithm for evaluating nasal airway obstruction. *Otolaryngologic Clinics of North America*. 2018. Vol. 51(5). P. 867–872.
4. Grymer L.F., Hilberg O., Pedersen O.F. Prediction of nasal obstruction based on clinical examination and acoustic rhinometry. *Rhinology*. 1997. Vol. 35(2). P. 53–57.
5. Avrunin O.G., Nosova Y.V., Abdelhamid I.Y., Pavlov S.V., Shushliapina N.O., Wójcik W., Kalizhanova A. Possibilities of automated diagnostics of odontogenic sinusitis according to the computer tomography data. *Sensors*. 2021. Vol. 21(4). 1198 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21041198>
6. Leason S.R., Barham H.P., Oakley G., Rimmer J., DelGaudio J.M., Christensen J.M., Harvey R.J. Association of gastro-oesophageal reflux and chronic rhinosinusitis: systematic review and meta-analysis. *Rhinology*. Vol. 55(1). P. 3–16.
7. Avrunin O.G., Nosova Y.V., Paliy V.G., Shushlyapina N.O., Kalimoldayev M., Komada P., Sagymbekova A. Study of the air flow mode in the nasal cavity during a forced breath. In *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments*. 2017. Vol. 10445. P. 1054–1059. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2280941>
8. Avrunin O.G., Nosova Y.V., Abdelhamid I.Y., Pavlov S.V., Shushliapina N.O. et al. Research Active Posterior Rhinomanometry Tomography Method for Nasal Breathing Determining Violations. *Sensors*. 2021. Vol.21. 8508 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21248508>
9. Berger G., Kogan T., Paker M., Berger-Achituv S., Ebner Y. Pediatric Chronic Rhinosinusitis Histopathology: Differences and Similarities With the Adult Form. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*. 2011. Vol. 144(1). P. 85–90. DOI: <https://doi.org/10.1177/0194599810390443>
10. Provero M.C. et al. Allergic and nonallergic rhinitis in children: the role of nasal cytology. *Open Journal of Pediatrics*. 2013. № 3. P. 133–138. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/ojped.2013.32024>
11. Ciofalo A. et al. Diagnostic performance of nasal cytology. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2022. № 279(5). P. 2451–2455. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00405-021-07044-5>
12. Valtonen O., Ormiskangas J., Kivekäs I., Rantanen V., Dean M. et al. Three-Dimensional Printing of the Nasal Cavities for Clinical Experiments. *Scientific reports*. 2020. Vol. 10. 502 p.
13. Dimauro G., Di Pierro D., Deperte F., Simone L., Fina P.R. A smartphone-based cell segmentation to support nasal cytology. *Applied Sciences*. 2020. Vol. 10(13). 4567 p.
14. 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. Vol. 11456. P. 82–87. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2569772>
15. Tang H., Tu J.Y., Li H.F., Au-Hijleh B., Xue C.C., Li C.G. Dynamic analysis of airflow features in a 3D real-anatomical geometry of the human nasal cavity. In *Proceedings of the 15th Australasian Fluid Mechanics Conference*. 2004. P. 80–83.
16. Kuo C.-F.J., Leu Y.-S., Hu D.-J., Huang C.-C., Siao J.-J., Leon K.B.P. Application of intelligent automatic segmentation and 3D reconstruction of inferior turbinate and maxillary sinus from computed tomography and analyze the relationship between volume and nasal lesion. *Biomed. Signal Process. Control*. 2020. Vol. 57. 101660 p.
17. Ohlmeyer S., Saake M., Buder T., May M., Uder M., Wuest W. Cone Beam CT Imaging of the Paranasal Region with a Multipurpose X-ray System—Image Quality and Radiation Exposure. *Interventional medicine & applied science*. 2020. Vol. 10. 5876 p.
18. Ott K. Computed Tomography of Adult Rhinosinusitis. *Radiologic technology*. 2018. Vol. 89. P. 571CT–591CT.
1. Jankowski R, Nguyen DT, Russel A, Toussaint B, Gallet P, Rumeau C. Chronic nasal dysfunction. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*. 2018;135(1):41–9. (In English).
2. Rimmer J, Hellings P, Lund VJ, Alobid I, Beale T, Dassi C, Fokkens W. European position paper on diagnostic tools in rhinology. *Rhinology*. 2019;57(S28):1–42. (In English).
3. Villwock JA, Kupper-Smith RB. Diagnostic algorithm for evaluating nasal airway obstruction. *Otolaryngologic Clinics of North America*. 2018;51(5):867–72. (In English).
4. Grymer LF, Hilberg O, Pedersen OF. Prediction of nasal obstruction based on clinical examination and acoustic rhinometry. *Rhinology*. 1997;35(2):53–7. (In English).
5. Avrunin OG, Nosova YV, Abdelhamid IY, Pavlov SV, Shushliapina NO, Wójcik W, Kalizhanova A. Possibilities of automated diagnostics of odontogenic sinusitis according to the computer tomography data. *Sensors*. 2021;21(4):1198. (In English). DOI: <https://doi.org/10.3390/s21041198>
6. Leason SR, Barham HP, Oakley G, Rimmer J, DelGaudio JM, Christensen J.M., Harvey R.J. Association of gastro-oesophageal reflux and chronic rhinosinusitis: systematic review and meta-analysis. *Rhinology*. 2017;55(1):3–16. (In English).
7. Avrunin OG, Nosova YV, Paliy VG, Shushlyapina NO, Kalimoldayev M, Komada P, Sagymbekova A. Study of the air flow mode in the nasal cavity during a forced breath. In *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments*. 2017;10445:1054–9. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2280941>
8. Avrunin OG, Nosova YV, Abdelhamid IY, Pavlov SV, Shushliapina NO et al. Research Active Posterior Rhinomanometry Tomography Method for Nasal Breathing Determining Violations. *Sensors*. 2021;21:8508. (In English). DOI: <https://doi.org/10.3390/s21248508>
9. Berger G, Kogan T, Paker M, Berger-Achituv S, Ebner Y. Pediatric Chronic Rhinosinusitis Histopathology: Differences and Similarities With the Adult Form. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*. 2011;144(1):85–90. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1177/0194599810390443>
10. Provero MC et al. Allergic and nonallergic rhinitis in children: the role of nasal cytology. *Open Journal of Pediatrics*. 2013;3:133–8. (In English). DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/ojped.2013.32024>
11. Ciofalo A et al. Diagnostic performance of nasal cytology. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2022;279(5):2451–5. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1007/s00405-021-07044-5>
12. Valtonen O, Ormiskangas J, Kivekäs I, Rantanen V, Dean M et al. Three-Dimensional Printing of the Nasal Cavities for Clinical Experiments. *Scientific reports*. 2020;10:502. (In English).
13. Dimauro G, Di Pierro D, Deperte F, Simone L, Fina PR. A smartphone-based cell segmentation to support nasal cytology. *Applied Sciences*. 2020;10(13):4567. (In English).
14. 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;11456:82–7. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2569772>
15. Tang H, Tu JY, Li HF, Au-Hijleh B, Xue CC, Li CG. Dynamic analysis of airflow features in a 3D real-anatomical geometry of the human nasal cavity. In *Proceedings of the 15th Australasian Fluid Mechanics Conference*. 2004;80–3. (In English).
16. Kuo C-FJ, Leu Y-S, Hu D-J, Huang C-C, Siao J-J, Leon KBP. Application of intelligent automatic segmentation and 3D reconstruction of inferior turbinate and maxillary sinus from computed tomography and analyze the relationship between volume and nasal lesion. *Biomed. Signal Process. Control*. 2020;57:101660. (In English).
17. Ohlmeyer S, Saake M, Buder T, May M, Uder M, Wuest W. Cone Beam CT Imaging of the Paranasal Region with a Multipurpose X-ray System—Image Quality and Radiation Exposure. *Interventional medicine & applied science*. 2020;10:5876. (In English).
18. Ott K. Computed Tomography of Adult Rhinosinusitis. *Radiologic technology*. 2018;89:571CT–91CT. (In English).

19. Moscatiello F., Jover J.H., Ballester M., Ángel G., Hernández E.C. et al. Preoperative Digital Three-Dimensional Planning for Rhinoplasty. *Aesthetic plastic surgery*. 2010. Vol. 34. P. 232–238.
20. Radulesco T., Penicaud M., Santini L., Thomassin J.-M., Dessi P., Michel J. Outcomes of septorhinoplasty: A new approach comparing functional and aesthetic results. *International journal of oral and maxillofacial surgery*. 2018. Vol. 47. P. 175–179.
21. Radulesco T., Meister L., Bouchet G., Varoquaux A., Giordano J. et al. Correlations between computational fluid dynamics and clinical evaluation of nasal airway obstruction due to septal deviation: An observational study. *Clinical otolaryngology*. 2019. Vol. 44. P. 603–611.
22. Brüning J., Hildebrandt T., Heppt W., Schmidt N., Lamecker H. et al. Characterization of the Airflow within an Average Geometry of the Healthy Human Nasal Cavity. *Scientific reports*. 2020. Vol. 10. 3755 p.
23. Lee T.-J., Fu C.-H., Wu C.-L., Lee Y.-C., Huang C.-C. et al. Surgical outcome for empty nose syndrome: Impact of implantation site. *Laryngoscope*. 2017. Vol. 128. P. 554–559.
24. Van Strien J., Shrestha K., Gabriel S., Lappas P., Fletcher D.F., Singh N., Inthavong K. Pressure distribution and flow dynamics in a nasal airway using a scale resolving simulation. *Physical Fluids*. 2021. Vol. 33. 011907 p.
25. Zhang G.-H., Fenton R.S., Rival R., Solomon P., Cole P., Li Y. Correlation between subjective assessment and objective measurement of nasal obstruction. *Chin. J. Otorhinolaryngol. Head Neck Surg*. 2008. Vol. 43. P. 484–489.
26. Berger M., Giotakis A.I., Pillel M., Mehrle A., Kraxner M. et al. Agreement between rhinomanometry and computed tomography-based computational fluid dynamics. *International journal of computer assisted radiology and surgery*. 2021. Vol. 16. P. 629–638.
27. Churchill S.E., Shackelford L.L., Georgi J.N., Black M.T. Morphological variation and airflow dynamics in the human nose. *American journal of human biology*. 2004. Vol. 16. P. 625–638.
28. Hsu Y.-B., Liu S.Y.-C., Lan M.-Y., Huang Y.-C., Tzeng I.-S. Role of rhinomanometry in the prediction of therapeutic positive airway pressure for obstructive sleep apnea. *Respiratory research*. 2020. Vol. 21. P. 1–6.
29. Moghaddam M.G., Garcia G.J.M., Frank-Ito D.O., Kimbell J.S., Rhee J.S. Virtual septoplasty: A method to predict surgical outcomes for patients with nasal airway obstruction. *International journal of computer assisted radiology and surgery*. 2020. Vol. 15. P. 725–735.
30. Lin H.F., Hsieh Y.C., Hsieh Y.L. Factors Affecting Location of Nasal Airway Obstruction. In *2020 IEEE Eurasia Conference on IOT, Communication and Engineering (ECICE)*. 2020. P. 21–24.
31. Avrunin, O., Kolisnyk, K., Nosova, Y., Tomashevskiy, R., Shushliapina, N. Improving the methods for visualization of middle ear pathologies based on telemedicine services in remote treatment. *Paper presented at the 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology, KhPI Week 2020 – Conference Proceedings*. P. 347–350. DOI:10.1109/KhPIWeek51551.2020.9250090
19. Moscatiello F., Jover JH, Ballester M, Ángel G, Hernández EC et al. Preoperative Digital Three-Dimensional Planning for Rhinoplasty. *Aesthetic plastic surgery*. 2010;34:232–8. (In English).
20. Radulesco T, Penicaud M, Santini L, Thomassin J-M, Dessi P, Michel J. Outcomes of septorhinoplasty: A new approach comparing functional and aesthetic results. *International journal of oral and maxillofacial surgery*. 2018;47:175–9. (In English).
21. Radulesco T, Meister L, Bouchet G, Varoquaux A, Giordano J et al. Correlations between computational fluid dynamics and clinical evaluation of nasal airway obstruction due to septal deviation: An observational study. *Clinical otolaryngology*. 2019;44:603–11. (In English).
22. Brüning J, Hildebrandt T, Heppt W, Schmidt N, Lamecker H et al. Characterization of the Airflow within an Average Geometry of the Healthy Human Nasal Cavity. *Scientific reports*. 2020;10:3755. (In English).
23. Lee T-J, Fu C-H, Wu C-L, Lee Y-C, Huang C-C et al. Surgical outcome for empty nose syndrome: Impact of implantation site. *Laryngoscope*. 2017;128:554–9. (In English).
24. Van Strien J, Shrestha K, Gabriel S, Lappas P, Fletcher DF, Singh N, Inthavong K. Pressure distribution and flow dynamics in a nasal airway using a scale resolving simulation. *Physical Fluids*. 2021;33:011907. (In English).
25. Zhang G-H, Fenton RS, Rival R, Solomon P, Cole P, Li Y. Correlation between subjective assessment and objective measurement of nasal obstruction. *Chin. J. Otorhinolaryngol. Head Neck Surg*. 2008;43:484–9. (In English).
26. Berger M, Giotakis AI, Pillel M, Mehrle A, Kraxner M et al. Agreement between rhinomanometry and computed tomography-based computational fluid dynamics. *International journal of computer assisted radiology and surgery*. 2021;16:629–38. (In English).
27. Churchill SE, Shackelford LL, Georgi JN, Black MT. Morphological variation and airflow dynamics in the human nose. *American journal of human biology*. 2004;16:625–38. (In English).
28. Hsu Y-B, Liu SY-C, Lan M-Y, Huang Y-C, Tzeng I-S. Role of rhinomanometry in the prediction of therapeutic positive airway pressure for obstructive sleep apnea. *Respiratory research*. 2020;21:1–6. (In English).
29. Moghaddam MG, Garcia GJM, Frank-Ito DO, Kimbell JS, Rhee JS. Virtual septoplasty: A method to predict surgical outcomes for patients with nasal airway obstruction. *International journal of computer assisted radiology and surgery*. 2020;15:725–35. (In English).
30. Lin HF, Hsieh YC, Hsieh YL. Factors Affecting Location of Nasal Airway Obstruction. In *2020 IEEE Eurasia Conference on IOT, Communication and Engineering (ECICE)*. 2020;21–4. (In English).
31. Avrunin, O., Kolisnyk, K., Nosova, Y., Tomashevskiy, R., Shushliapina, N. Improving the methods for visualization of middle ear pathologies based on telemedicine services in remote treatment. *Paper presented at the 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology, KhPI Week 2020 – Conference Proceedings*. 2020;347–350. (In English). DOI:10.1109/KhPIWeek51551.2020.9250090

Перспективи подальших досліджень

Prospects for further research

У перспективі доцільно за допомогою телемедицини сервісів проводити онлайн-діагностику розладів дихання та нюху, а також динаміку їх змін у процесі проведення терапії. Розроблений підхід дозволить оцінити адекватність функціональних методів тестування носового дихання та нюхових розладів.

In the future, telemedicine services can be used to conduct online diagnostic measures about respiratory and olfactory disorders, as well as the dynamics of their changes in the course of therapy. Also, the developed approach will allow assessing the adequacy of functional methods for testing nasal breathing and olfactory disorders.

Конфлікт інтересів

Conflict of interest

Автори рукопису свідомо засвідчують відсутність фактичного або потенційного конфлікту інтересів щодо результатів цієї роботи з фармацевтичними компаніями, виробниками біомедицини пристроїв, іншими організаціями, чії продукти, послуги, фінансова підтримка можуть бути пов'язані з предметом наданих матеріалів або які спонсорували проведені дослідження.

The authors of the manuscript consciously certify the absence of actual or potential conflicts of interest regarding the results of this work with pharmaceutical companies, manufacturers of biomedical devices, other organizations whose products, services, financial support may be related to the subject of the provided materials or who sponsored the conducted research.

Інформація про фінансування

Funding information

Робота виконувалась в рамках міжнародного спільного Україно-Німецького дослідницького проекту МОНУ-БМБФ М108/М109 у 2019–2021 рр. «3D-Model – Впровадження швидкого прототипування для моделювання верхніх дихальних шляхів в нормі та при деяких патологіях».

This work was supported by Ukraine-Germany research project MESU-BMBF 2019–2021 M-108/M-109 «3D-Model – Implementation of rapid prototyping to design and model the upper respiratory tract in normal and typical pathologies».

Подяка

Програмі Східного Європейського партнерства DAAD (Ostpartnerschaften, проект № 54364768).

Acknowledgments

The exchange program with East European Countries funded by DAAD (Ostpartnerschaften, project number 54364768).

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Шушляпіна Наталія Олегівна – кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри оториноларингології Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України; пр. Науки, буд. 4, Харків, Україна, 61022; e-mail: no.shushliapina@knmu.edu.ua
моб.: +38 (067) 588-68-49

Внесок автора: постановка мети та проведення клінічних досліджень, написання тексту статті.

Потапов Сергій Миколайович – доктор медичних наук, доцент, професор кафедри патологічної анатомії Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України; пр. Науки, буд. 4, Харків, Україна, 61022; e-mail: pathomorphologist@gmail.com
моб.: +38 (063) 709-51-93

Внесок автора: теоретичне обґрунтування проведення риноцитологічних досліджень.

Горголь Наталія Іванівна – доктор медичних наук, доцент, доцент кафедри патологічної анатомії Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України; пр. Науки, буд. 4, Харків, Україна, 61022; e-mail: n.i.gorgol@gmail.com
моб.: +38 (063) 594-76-77

Внесок автора: аналіз цитоморфологічних препаратів.

Аврунін Олег Григорович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри біомедичної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки Міністерства освіти і науки України; пр. Науки, буд. 14, Харків, Україна, 61166;

e-mail: oleh.avrunin@nure.ua
моб.: +38 (050) 598-00-86

Внесок автора: аналіз томографічних даних, написання тексту статті.

Носова Яна Віталіївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри біомедичної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки Міністерства освіти і науки України; пр. Науки, буд. 14, Харків, Україна, 61166; e-mail: yana.nosova@nure.ua
моб.: +38 (093) 667-13-14

Внесок автора: статистична обробка результатів.

Ібрагім Юнусс Абделхамід – аспірант кафедри біомедичної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки Міністерства освіти і науки України; пр. Науки, буд. 14, Харків, Україна, 61166; e-mail: ibrahim.younouss.abdelhamid@nure.ua
тел.: +38 (057) 702-13-64

Внесок автора: розробка програмного забезпечення для обробки зображень.

Shushliapina Nataliia Olehivna – Candidate of Medical Sciences, associate professor, associate professor of the Department of Otorhinolaryngology of the Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine; 4, Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61022; e-mail: no.shushliapina@knmu.edu.ua
tel.: +38 (067) 588-68-49

Author's contribution: setting a goal and conducting clinical research, writing the article.

Potapov Serhii Mykolayovych – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Pathological Anatomy of the Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine; 4, Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61022; e-mail: pathomorphologist@gmail.com
tel.: +38 (063) 709-51-93

Author's contribution: theoretical rationale for conducting rhinocytological studies.

Horhol Nataliia Ivanivna – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Pathological Anatomy of the Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine; 4, Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61022; e-mail: n.i.gorgol@gmail.com
tel.: +38 (063) 594-76-77

Author's contribution: analysis of cytomorphological preparations.

Avrunin Oleg Grigorovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Biomedical Engineering Department of the Kharkiv National University of Radio Electronics of the Ministry of Education and Science of Ukraine; 14, Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61166;

e-mail: oleh.avrunin@nure.ua
tel.: +38 (050) 598-00-86

Author's contribution: analysis of tomographic data, writing the article.

Nosova Yana Vitaliyivna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Biomedical Engineering of the Kharkiv National University of Radio Electronics of the Ministry of Education and Science of Ukraine; 14, Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61166; e-mail: yana.nosova@nure.ua
tel.: +38 (093) 667-13-14

Author's contribution: statistical processing of results.

Ibrahim Younouss Abdelhamid – Graduate Student of the Department of Biomedical Engineering of the Kharkiv National University of Radio Electronics of the Ministry of Education and Science of Ukraine; 14, Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61166; e-mail: ibrahim.younouss.abdelhamid@nure.ua
tel.: +38 (057) 702-13-64

Author's contribution: image processing software development.

Рукопис надійшов
Manuscript was received
08.12.2022

Отримано після рецензування
Received after review
15.01.2023

Прийнято до друку
Accepted for printing
23.02.2023

Опубліковано
Published
22.03.2023