

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis, C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article, E – Critical review, F – Final approval of the article / A – концепція роботи та дизайн, B – збір та аналіз даних, C – відповідальність за статичний аналіз, D – написання статті, E – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті.

This article is distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution (CC-BY) License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited © All authors, 2026 / Ця стаття розповсюджується на умовах ліцензії **Creative Commons Attribution (CC-BY)**, яка дозволяє необмежене використання, поширення та відтворення в будь-якому форматі за умови належного цитування оригінальної роботи © Всі автори, 2026

Received 01.10.2025 / Стаття надійшла 01.10.2025 року  
Accepted 03.03.2026 / Стаття прийнята до друку 03.03.2026 року  
Published 27.03.2026 / Опубліковано 27.03.2026 року

DOI 29254/2077-4214-2026-1-180-441-450

UDC 611.216-018.73

Reshetniak I. S., Bezega M. I.

## MORPHOLOGY OF THE HUMAN MAXILLARY SINUS MUCOSA UNAFFECTED BY PATHOLOGICAL CHANGES

Poltava State Medical University (Poltava, Ukraine)

[dr.i.s.reshetniak@gmail.com](mailto:dr.i.s.reshetniak@gmail.com)

*Normal functioning of the maxillary sinuses largely depends on the morphofunctional state of their mucous membrane, which ensures mucociliary clearance, barrier protection, immune reactivity, and maintenance of local homeostasis. Prolonged inflammatory or dysregulatory processes in this anatomical region may lead not only to clinically pronounced disturbances of nasal breathing and sinus drainage but also to structural alterations of the mucous membrane. Damage to the mucosa of the ostiomeatal complex causes impaired ventilation and mucociliary clearance of the anterior group of paranasal sinuses – the frontal sinus, the anterior cells of the ethmoidal labyrinth, and the maxillary sinus. The aim of the study was to determine the structural organization of the human maxillary sinus mucosa in the absence of pathological changes in the region of the ostiomeatal complex. The study was conducted with the participation of 64 patients in accordance with bioethical principles. A microscopic analysis of the intact mucous membrane of the maxillary sinus was performed with evaluation of its structural organization and the features of the hemomicrocirculatory bed. It was established that the mucous membrane of the maxillary sinus in areas without pathomorphological alterations retains the typical morphofunctional organization of the respiratory type, which ensures barrier, secretory, and mucociliary functions. The covering epithelium is represented by pseudostratified ciliated columnar epithelium with a well-developed ciliary apparatus, a moderate number of goblet cells, and preserved basal cells without signs of dystrophy, atrophy, hyperplasia, or metaplasia. The hemomicrocirculatory bed is characterized by structural integrity of the arteriolar, capillary, and venular components and the absence of signs of microcirculatory disturbances. The absence of statistically significant differences ( $p < 0.05$ ) between the morphometric parameters of the right and left maxillary sinuses allows the obtained values to be considered reference parameters for further comparative studies of pathologically altered mucous memb.*

**Key words:** maxillary sinus, FESS, mucous membrane, cysts, chronic rhinosinusitis, ostiomeatal complex, morphology, upper respiratory tract.

### Connection of the publication with planned research work.

The work is part of the research project “Development and improvement of new endoscopic approaches in the treatment of patients with ENT pathologies,” state registration number 00125U003391.

### Introduction.

Treatment of patients with chronic rhinosinusitis represents a routine and daily task in the practice of an otolaryngologist. Since the number of patients with chronic rhinosinusitis is steadily increasing not only in Ukraine but also worldwide, the study of the condition of the mucous membrane is an essential component in understanding the changes that occur within its thickness. Cystic alterations of the mucous membrane account for approximately 8% of all diseases in otorhinolaryngology,

and in chronic conditions their proportion increases to 16%. Among the paranasal sinuses, the maxillary sinus is most frequently affected by cystic changes (about 93%) [1, 2, 3, 4].

The main protective mechanism of the respiratory tract against inhaled pollutants, allergens, and pathogens is mucociliary clearance [5].

The chronicity of the inflammatory process may be caused by both endogenous and exogenous factors. The natural ostium of the maxillary sinus is surrounded on all sides by mucous membrane, and changes in it may lead to obstruction of its function and provoke exacerbation of sinusitis [6, 7, 8, 9].

Normal functioning of the maxillary sinuses largely depends on the morphofunctional state of their mucous membrane, which provides mucociliary clearance,

barrier protection, immune reactivity, and maintenance of the homeostasis of the local microenvironment. Any prolonged inflammatory or dysregulatory influences in this anatomical region lead not only to clinically manifest disturbances of nasal breathing and sinus drainage but also to profound structural remodeling of the mucous membrane. Damage to the mucosa of the ostiomeatal complex disrupts ventilation and mucociliary clearance of all three anterior sinuses (frontal, anterior ethmoidal cells, and maxillary sinuses) and results in diseases of the anterior group of paranasal sinuses [10-12].

Despite numerous clinical observations, the morphological characteristics of polycystic changes of the maxillary sinus mucosa require further detailed investigation, particularly with regard to the comprehensive assessment of remodeling of its structural components.

**The aim of the study.**

To investigate the structural organization of the mucous membrane of the maxillary sinus in the absence of pathological changes in the region of the ostiomeatal complex.

**Object and research methods.**

The study was conducted under inpatient conditions in the ENT department of the M.V. Sklifosovsky Poltava Regional Clinical Hospital and at the Medical Diagnostic Center "Private Clinic Bezeha and K" (Poltava). The study involved 64 patients aged 18-75 years with chronic cystic maxillary sinusitis. Among them, women accounted for 47% (30/64) and men for 53% (34/64).

All patients underwent the full range of required examinations approved by the Ministry of Health of Ukraine as part of preoperative preparation for planned surgery. All patients were operated on using the Functional Endoscopic Sinus Surgery (FESS) technique with equipment and instruments manufactured by Karl Storz (Germany). Tissue sampling was performed during surgery after the formation of an antrostomy in the middle nasal meatus. A portion of the medial wall of the maxillary sinus was removed, and a fragment of the mucous membrane located on the sinus side was taken for examination provided that no changes were detected in this area according to computed tomography of the paranasal sinuses and objective clinical data.

Inclusion criteria were: men and women older than 18 years; presence of two or more cysts with a diameter of 2-12 mm in the maxillary sinus; and the patient's willingness to participate in the study. Written informed consent for participation in the study was obtained from all participants, and a questionnaire survey was conducted.

Biopsy samples of the mucous membrane were fixed in 10% neutral formalin, embedded in paraffin, and histological sections 3-4 μm thick were prepared according to generally accepted techniques [13]. The obtained sections were subsequently stained with hematoxylin and eosin. To obtain semithin and ultrathin sections, the studied material was fixed in glutaraldehyde and phosphate buffer with subsequent embedding in EPON-812. Sections from epoxy blocks were stained with toluidine blue and methylene blue. During the evaluation of histological specimens, the structure of the mucous membrane, the morphology of its structural components, cellular composition, and elements of the hemomicrocirculatory bed were analyzed, and morphometric measurements were performed.

Microphotographs of selected areas intended for illustration were obtained using a Levenhuk D740T microscope with a digital microphotographic attachment and specialized software adapted for these studies.

The study was conducted in accordance with the requirements of the Tokyo Declaration of the World Medical Assembly, the International guidelines of the Helsinki Declaration on human rights, the Council of Europe Convention on Human Rights and Biomedicine, the International guidelines for biomedical research, and the Law of Ukraine "Fundamentals of the Legislation of Ukraine on Health Care" No. 286 (December 27, 2001, with amendments), in compliance with the requirements of the Bioethics Commission of Poltava State Medical University (Protocol No. 209, October 25, 2022).

**Research results and their discussion.**

It was determined that the mucous membrane of the maxillary sinus under normal conditions is represented by respiratory-type mucosa that is morphologically and functionally adapted for air conditioning, mucociliary clearance, and maintenance of local barrier and immune homeostasis. Its structure corresponds to the general principles of the architectonics of the mucous membrane of the paranasal sinuses and is characterized by a well-defined layered organization, coordination between the epithelial covering and the lamina propria, as well as adequate blood and lymphatic supply.

In unaffected areas of the maxillary sinus mucosa, the surface is lined by pseudostratified ciliated columnar epithelium of the respiratory type. Its cellular composition is dominated by ciliated columnar cells, on the apical surface of which well-developed cilia with a clear orientation are located, which, in our opinion, ensures directed transport of mucous secretion along the mucosal surface. Between the ciliated elements, goblet cells are identified, the number of which under physiological conditions is moderate (fig. 1).

The epithelial layer normally maintains a relatively uniform thickness without signs of pronounced hyperplasia, atrophy, metaplasia, or dystrophic changes, and its average thickness was (42.22±0.21) μm. It should be noted that intercellular contacts (particularly tight junctions) between epithelial cells ensure the barrier func-

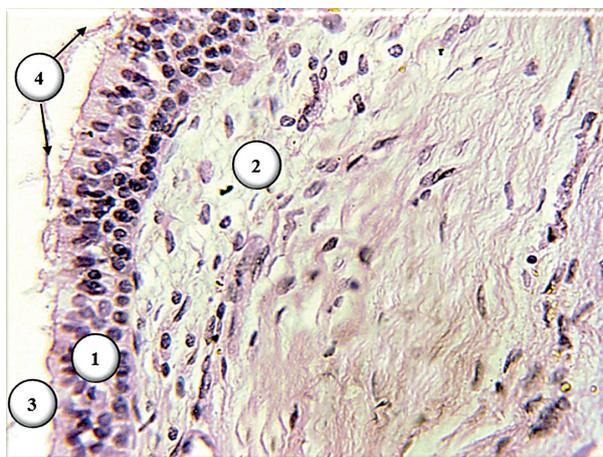


Figure 1 – General microscopic organization of the mucous membrane of the human maxillary sinus without pathomorphological changes. Paraffin section. Staining: hematoxylin and eosin. Magnification: eyepiece ×10; objective ×40. Designations: 1 – mucous membrane of the maxillary sinus, 2 – submucosal layer of the maxillary sinus mucosa, 3 – cavity of the maxillary sinus, 4 – superficial mucous layer.

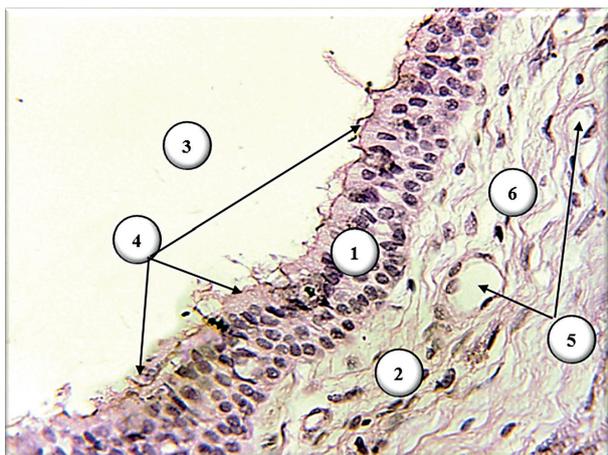


Figure 2 – Epithelial layer of the mucous membrane of the human maxillary sinus without pathomorphological changes. Paraffin section. Staining: hematoxylin and eosin. Magnification: eyepiece  $\times 10$ ; objective  $\times 40$ . Designations: 1 – dense cytotopographic arrangement of epithelial cells of the mucous membrane, 2 – submucosal layer of the maxillary sinus mucosa, 3 – cavity of the maxillary sinus, 4 – superficial mucous layer, 5 – microvessels of the hemomicrocirculatory bed, 6 – fibrous component of the connective tissue framework.



Figure 3 – Epithelial layer of the mucous membrane of the human maxillary sinus without pathomorphological changes. Paraffin section. Staining: hematoxylin and eosin. Magnification: eyepiece  $\times 10$ ; objective  $\times 100$ . Designations: 1 – epithelial cells within the epithelial layer of the mucous membrane, 2 – basement membrane, 3 – submucosal layer of the maxillary sinus mucosa, 4 – cavity of the maxillary sinus, 5 – superficial mucous layer, 6 – lumen of a microvessel of the hemomicrocirculatory bed.

tion, while the superficial mucous layer appears as a thin, continuous film without accumulations of detritus (fig. 2).

The basement membrane in intact areas is thin and uniform, without signs of thickening, filament condensation, or fragmentation. It performs supportive and barrier-filtration functions, ensures adhesion of basal and ciliated epithelial cells as well as goblet cells, and participates in the regulation of epithelial cell proliferation and differentiation. Its clearly defined contours in histological specimens reflect preserved trophism and the absence of pathological processes, and directly indicate normal functioning of the mucous membrane of the maxillary sinus as a whole (fig. 3).

The cellular composition of the lamina propria under physiological conditions is characterized by a small number of fibroblasts and isolated macrophages and lymphocytes. Histological specimens demonstrate the absence of dense leukocytic infiltrates, perivascular edema around microvessels, pronounced swelling, or signs of fibrosis of the fibrous component. The intercellular matrix shows moderate hydration, and the spatial relationships between fibrous structures and the ground substance remain preserved (fig. 4A, B).

It should be noted that the submucosal layer of the maxillary sinus mucosa contains a well-developed hemomicrocirculatory bed that ensures trophic support of the covering epithelium (predominantly pseudostratified ciliated epithelium), glandular structures, and stromal elements. The vascular bed is organized according to the principle typical for respiratory mucosa: arterioles form the resistive component, capillary networks represent the exchange component, and venules serve as the capacitance and drainage component, with a pronounced role in the regulation of tissue homeostasis.

Arterioles are localized mainly in the deeper layers of the lamina propria and the submucosal layer. They run parallel to the mucosal surface, forming arteriolar arcs and giving rise to ascending branches that supply the superficial capillary plexuses. Their wall demonstrates a clearly defined three-layer organization.

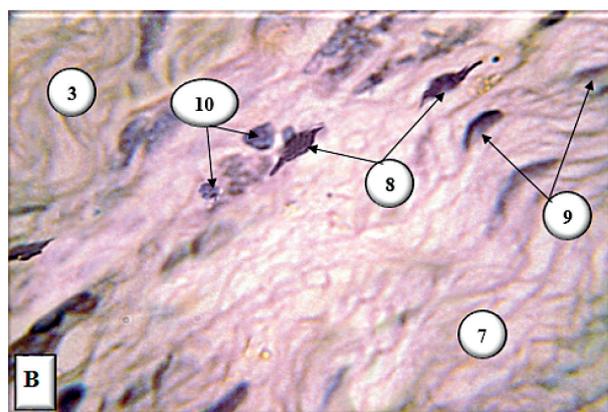
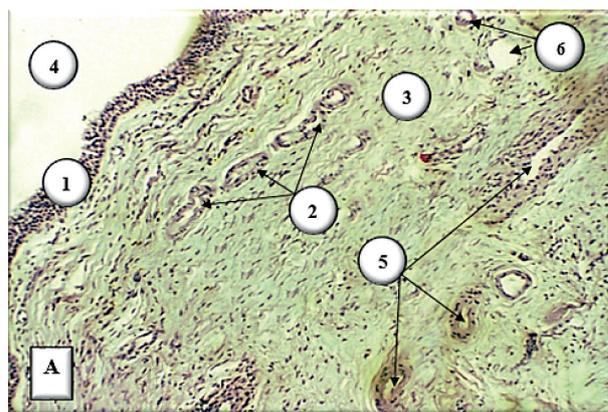


Figure 4 – Microscopic structure of the submucosal layer of the human maxillary sinus mucosa without pathomorphological changes. Paraffin section. Staining: hematoxylin and eosin. Magnification: A – eyepiece  $\times 10$ ; objective  $\times 10$ ; B – eyepiece  $\times 10$ ; objective  $\times 100$ . Designations: 1 – epithelial layer of the mucous membrane, 2 – excretory ducts of glands, 3 – submucosal layer of the maxillary sinus mucosa, 4 – cavity of the maxillary sinus, 5 – superficial mucous layer, 6 – microvessels of the hemomicrocirculatory bed, 7 – fibrous component of the connective tissue framework of the mucosa, 8 – macrophages in the connective tissue stroma; 9 – fibroblasts within the fibrous component of the connective tissue stroma, 10 – lymphocytes.

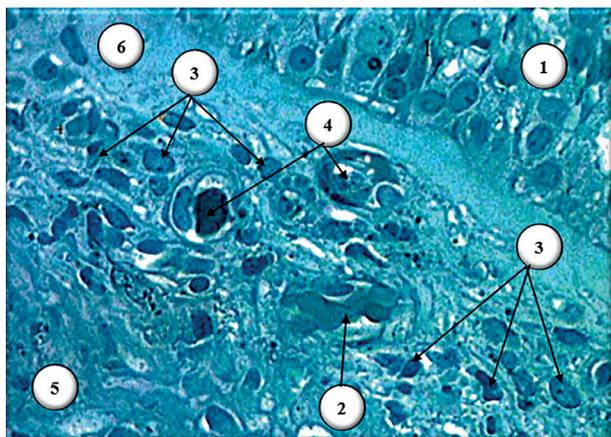


Figure 5 – Elements of the hemomicrocirculatory bed and its microenvironment in the submucosal layer of the human maxillary sinus mucosa without pathomorphological changes. Semithin epoxy section. Staining: methylene blue. Magnification: eyepiece  $\times 10$ ; objective  $\times 40$ . Designations: 1 – epithelial layer, 2 – arteriole in the submucosal layer, 3 – immunocompetent cells within the submucosal layer of the maxillary sinus, 4 – elements of the hemomicrocirculatory bed, 5 – connective tissue stroma, 6 – oxyphilic band.

The adventitia appears as a thin layer composed of loose fibrous connective tissue containing collagen and elastic fibers as well as occasional stromal cellular elements. The lumen of the arterioles is typically round or moderately tortuous depending on their tone, without signs of stasis or aggregation of blood elements (fig. 5).

Morphometric analysis revealed that the mean total diameter of arterioles in the submucosal layer of the maxillary sinus without pathological alterations, representing the microvessels of the resistive component, was  $(11.04 \pm 0.36) \mu\text{m}$  in the right sinus and  $(10.87 \pm 0.24) \mu\text{m}$  in the left sinus.

The capillary network of the mucous membrane is characterized by high density and forms several interconnected plexuses: a superficial plexus located beneath the basement membrane of the epithelial layer and a deep plexus in the region of the glands and connective tissue stroma. Analysis of histological specimens

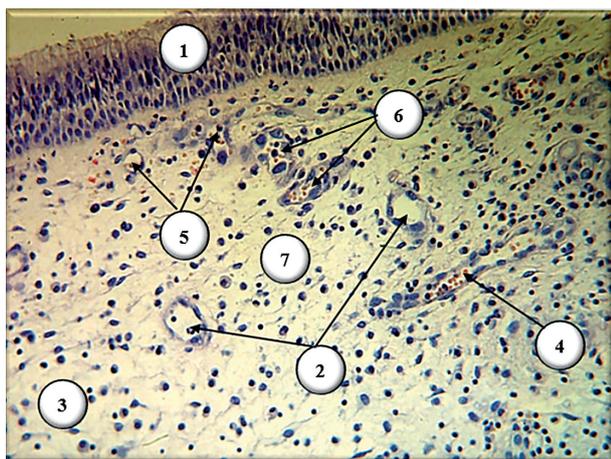


Figure 7 – Elements of the hemomicrocirculatory bed and its microenvironment in the submucosal layer of the human maxillary sinus mucosa without pathomorphological changes. Paraffin section. Staining: hematoxylin and eosin. Magnification: eyepiece  $\times 10$ ; objective  $\times 40$ . Designations: 1 – epithelial layer of the mucous membrane, 2 – excretory ducts of glands, 3 – submucosal layer of the maxillary sinus mucosa, 4 – microvessels of the capacitance component, 5 – microvessels of the exchange component, 6 – microvessels of the resistive component, 7 – fibrous component of the connective tissue framework of the mucosa.

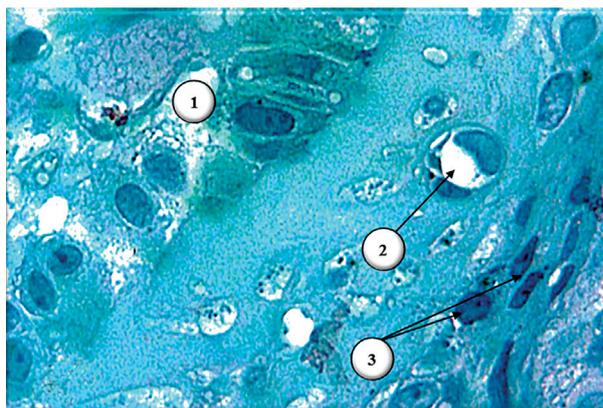


Figure 6 – Elements of the hemomicrocirculatory bed and its microenvironment in the submucosal layer of the human maxillary sinus mucosa without pathomorphological changes. Semithin epoxy section. Staining: toluidine blue. Magnification: eyepiece  $\times 10$ ; objective  $\times 100$ . Designations: 1 – epithelial layer, 2 – capillary in the submucosal layer, 3 – immunocompetent cells within the submucosal layer of the maxillary sinus.

demonstrated the predominance of somatic (continuous) capillaries with thin capillary walls formed by endothelium with tight intercellular junctions, a basement membrane without interruptions or thickening, and pericytes adjacent to the external surface of the endothelium that participate in stabilization of the vascular wall and regulation of microhemodynamics. The capillaries are predominantly of small caliber with uniform blood filling. In histological specimens of the maxillary sinus mucosa without pathological alterations, no signs of plasmorrhagia, diapedetic hemorrhages, or perivascular edema were detected (fig. 6).

Postcapillary venules are located both in the superficial layers of the lamina propria and in the submucosal layer. They form venular plexuses that ensure blood outflow and participate in the regulation of tissue hydration. Morphologically, venules have a relatively wider and more irregular lumen compared with arterioles and a thin microvascular wall in which the intima (endothelium on the basement membrane) predominates, with a weakly developed media containing isolated smooth muscle cells and an adventitia composed of loose connective tissue, often more pronounced than the media. In histological specimens of the maxillary sinus mucosa without pathological changes, the venular endothelium was preserved without signs of damage, and the perivascular stroma showed no leukocytic infiltration or features of fibrinoid alterations (fig. 7).

It should be noted that no statistically significant differences ( $p < 0.05$ ) were found between the morphometric parameters of the structural components of the mucous membranes of the left and right maxillary sinuses unaffected by pathological processes. In particular, no significant differences were detected in the mean total diameter of arterioles, capillaries, and venules, the mean diameter of mucous and serous terminal secretory units, or the mean thickness of the epithelial layer.

### Conclusions.

It was established that the mucous membrane of the maxillary sinuses in areas without pathomorphological alterations retains a preserved morphofunctional organization of the respiratory type, ensuring barrier, secretory, and mucociliary functions. It was demonstrated that the covering epithelium of intact areas is represented by pseudostratified ciliated columnar epithelium with

a well-developed ciliary apparatus, a moderate number of goblet cells, and preserved basal cells without signs of dystrophy, metaplasia, atrophy, or hyperplasia. It was also determined that the hemomicrocirculatory bed of the intact mucous membrane is characterized by structural integrity of all components (arteriolar, capillary, and venular), preserved endothelium, and the absence of stasis, plasmorrhagia, diapedetic hemorrhages, or perivascular edema, which ensures adequate tissue trophism and stability of microcirculation. It was substantiated that the absence of statistically significant

differences ( $p < 0.05$ ) between the morphometric parameters of the right and left maxillary sinuses in unaffected areas allows the obtained parameters to be considered a reference morphometric basis for further comparative analysis in cases of polycystic changes of the mucous membrane.

### Prospects for further research.

The obtained data provide a basis for further comparison with findings from affected areas of the mucous membrane and make it possible to clearly identify deviations from the normal structural state of the mucosa.

DOI 29254/2077-4214-2026-1-180-441-450

УДК 611.216-018.73

Решетняк І. С., Безега М. І.

## МОРФОЛОГІЯ СЛИЗОВОЇ ОБОЛОНКИ ВЕРХНЬОЩЕЛЕПНОЇ ПАЗУХИ ЛЮДИНИ, НЕ УРАЖЕНОЇ ПАТОЛОГІЧНИМИ ЗМІНАМИ

Полтавський державний медичний університет (м. Полтава, Україна)

[dr.i.s.reshetniak@gmail.com](mailto:dr.i.s.reshetniak@gmail.com)

Нормальне функціонування верхньощелепних пазух значною мірою залежить від морфофункціонального стану їх слизової оболонки, яка забезпечує мукоциліарний кліренс, бар'єрний захист, імунну реактивність та підтримання локального гомеостазу. Тривалі запальні або дисрегуляторні процеси в цій анатомічній ділянці можуть призводити не лише до клінічно виражених порушень носового дихання та дренажу пазух, але й до структурних змін слизової оболонки. Ураження слизової оболонки остіомеатального комплексу спричиняє порушення вентиляції та мукоциліарного кліренсу передньої групи навколоносових пазух – лобної, передніх комірок решітчастого лабіринту та верхньощелепної пазухи. Метою дослідження було визначення структурної організації слизової оболонки верхньощелепної пазухи людини за відсутності патологічних змін у ділянці остіомеатального комплексу. Дослідження проведено за участю 64 пацієнтів із дотриманням принципів біоетики. Виконано мікроскопічний аналіз інтактної слизової оболонки верхньощелепного синуса з оцінкою її структурної організації та особливостей гемомікроциркуляторного русла. Встановлено, що слизова оболонка верхньощелепної пазухи в ділянках без патоморфологічних змін зберігає типову морфофункціональну організацію респіраторного типу, яка забезпечує бар'єрну, секреторну та мукоциліарну функції. Покривний епітелій представлений багаторядним війчастим циліндричним епітелієм із добре сформованим війчастим апаратом, помірною кількістю келихоподібних клітин та збереженими базальними клітинами без ознак дистрофії, атрофії, гіперплазії чи метаплазії. Гемомікроциркуляторне русло характеризується структурною цілісністю артеріолярної, капілярної та венулярної ланок і відсутністю ознак порушення мікроциркуляції. Відсутність статистично достовірних відмінностей ( $p < 0,05$ ) між морфометричними показниками правої та лівої верхньощелепних пазух дозволяє розглядати отримані параметри як референтні для подальших порівняльних досліджень патологічно зміненої слизової оболонки.

**Ключові слова:** верхньощелепна пазуха, FESS, слизова оболонка, кісти, хронічний риносинусит, остіомеатальний комплекс, морфологія, верхні дихальні шляхи.

### Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Робота є фрагментом НДР «Розробка та вдосконалення нових ендоскопічних підходів в лікуванні пацієнтів із ЛОР патологією», номер державної реєстрації 00125U003391.

### Вступ.

Лікування пацієнтів з хронічними риносинуситами є щоденною та рутинною працею отоларинголога. Оскільки кількість хворих на хронічний риносинусит постійно збільшується не тільки в Україні, але і в світі, вивчення стану слизової оболонки є невід'ємною частиною розуміння змін які виникають в товщі слизової оболонки. Кістозні зміни слизової оболонки складають близько 8% в структурі загальних хвороб в оториноларингології, якщо мова йде про хронічні захворювання, то частка збільшується до 16%. Серед

пазух кістозним змінам найчастіше піддається верхньощелепна пазуха (близько 93%) [1, 2, 3, 4].

Основним захисним механізмом дихальних шляхів для захисту від вдихуваних забруднюючих речовин, алергенів і патогенів є мукоциліарний кліренс [5].

Причинами для хронізації запального процесу можуть бути як ендогенні, так і екзогенні фактори. Природній вивідний отвір верхньощелепного синуса оточений з усіх сторін слизовою оболонкою і зміни в ній можуть стати причиною блокування його функціонування та викликати загострення синуситу [6, 7, 8, 9].

Нормальне функціонування верхньощелепних пазух значною мірою визначається морфофункціональним станом їх слизової оболонки, яка забезпечує мукоциліарний кліренс, бар'єрний захист, імунну реактивність та підтримання гомеостазу місцевого

мікрооточення. Будь-які тривалі запальні або дисрегуляторні впливи в цій анатомічній зоні призводять не лише до клінічно маніфестних порушень носового дихання та дренажу пазух, а й до глибоких структурних перебудов слизової оболонки. Уражена слизова оболонка остіомеатального комплексу порушує вентиляцію та мукоциліарний кліренс усіх трьох передніх синусів (лобного, передніх клітин решітчастого лабіринту та максиллярного синусів) і призводить до захворювання передньої групи параназальних пазух [10-12].

Попри значну кількість клінічних спостережень, морфологічна характеристика полікістозних змін слизової оболонки верхньощелепних пазух потребує подальшого поглиблення і детального вивчення, зокрема в аспекті комплексної оцінки ремоделювання її структурних компонентів.

**Мета дослідження.**

Дослідження структурної організації слизової оболонки верхньощелепної пазухи без патологічних змін у ділянці остіомеатального комплексу.

**Об'єкт і методи дослідження.**

Дослідження проводилося у стаціонарних умовах ЛОР-відділення КП «ПОКЛ ім. М.В. Скліфосовського ПОР» та ЛДЦ «Приватна клініка «Безега І К» у м. Полтава. У дослідженні приймали участь 64 пацієнти віком від 18 до 75 років з хронічним кістозним верхньощелепним синуситом. Серед них жінки склали 47% (30/64), чоловіки – 53% (34/64).

Усі пацієнти в рамках передопераційної підготовки до планового втручання проходили повний перелік необхідних обстежень, затверджених МОЗ України. Всі пацієнти були прооперовані із застосуванням методу Functional Endoscopic Sinus Surgery (FESS) за допомогою обладнання та інструментарію Karl Storz (Німеччина). Забір матеріалу здійснювали під час оперативного втручання після формування антростоми у середньому носовому ході, частка медіальної стінки верхньощелепного синуса видалялась, а фрагмент слизової оболонки, що знаходився зі сторони синуса, брався на дослідження за умови відсутності змін в цій ділянці за даними комп'ютерної томографії пазух носа та об'єктивних даних.

Критерії включення пацієнтів до дослідження: чоловіки та жінки віком старше 18 років, наявність двох та більше кіст діаметром від 2 до 12 мм у верхньощелепному синусі, бажання пацієнта брати участь у дослідженні. У кожного учасника дослідження взято добровільну інформовану згоду на участь у дослідженні та проведено опитування з анкетуванням.

Біоптати слизової оболонки фіксували у 10% нейтральному формаліні, ущільнювали у парафін та виготовляли гістологічні зрізи товщиною 3-4 мкм згідно з загальноприйнятими методиками [13]. У подальшому було проведено забарвлення отриманих зрізів у гематоксилін та еозин. Для отримання напівтонких і ультратонких зрізів досліджуваний матеріал фіксували в глутаральдегіді та фосфатному буфері з подальшим ущільненням в EPON-812. Зрізи з епоксидних блоків фарбували толуюдином і метиленовим синім. При оцінці гістологічних препаратів визначали структуру слизової оболонки, морфологію її структурних компонентів, клітинний склад та ланки гемомікроциркуляторного русла, та проводили морфометричне дослідження.

Мікрофотографування ділянок обраних для ілюстрації проводили за допомогою мікроскопа Levenhuk D740T із цифровою мікрофотонасадкою та адаптованими для даних досліджень програмами.

Дослідження виконувалось відповідно до вимог Токійської декларації Всесвітньої медичної асамблеї, Міжнародних рекомендацій Гельсінської декларації прав людини, «Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину», Міжнародних рекомендацій з проведення медико-біологічних досліджень, Закону України «Основи законодавства України про охорону здоров'я» № 286 від 27.12.2001р. зі змінами, із дотриманням вимог комісії з біоетики Полтавського державного медичного університету (протокол № 209 від 25.10.2022 року).

**Результати дослідження та їх обговорення.**

Визначено, що слизова оболонка максиллярної пазухи в нормі представлена респіраторним типом слизової, яка морфологічно та функціонально пристосована до кондиціювання повітря, мукоциліарного кліренсу й підтримання місцевого бар'єрного та імунного гомеостазу. Її будова відповідає загальним закономірностям архітектоники слизової оболонки навколоносових пазух і характеризується чіткою пошаровою будовою, узгодженістю епітеліального покриву зі станом власної пластинки та адекватним крово- і лімфопостачанням.

У неуразжених ділянках слизової оболонки верхньощелепної пазухи її поверхня вкрита багаторядним (псевдобагатошаровим) війчастим циліндричним епітелієм респіраторного типу. У його складі переважають війчасті циліндричні клітини, на апікальній поверхні яких розташовані добре сформовані війки з чіткою орієнтацією, що, на нашу думку, забезпечує спрямований транспорт слизового секрету по слизовій оболонці. Між війчастими елементами визначаються келихоподібні клітини, кількість яких у фізіологічних умовах помірна (рис. 1).

Епітеліальний шар у нормі зберігає відносну рівномірність товщини, без ознак вираженої гіперплазії, атрофії, метаплазії чи дистрофічних змін, а його загальний середня товщина складала (42,22±0,21) мкм. Звертає на себе увагу, що міжклітинні контакти (зо-

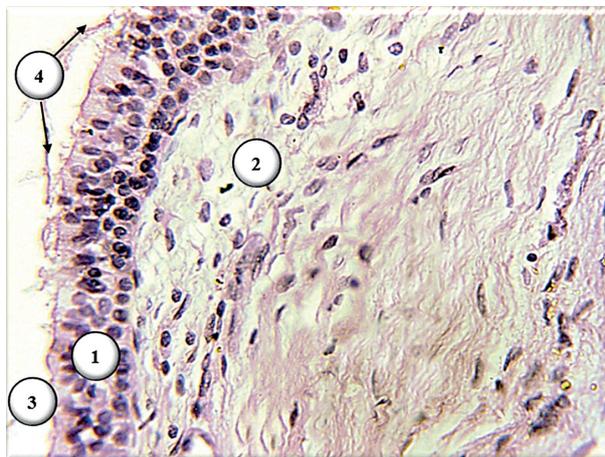


Рисунок 1 – Загальна мікроскопічна організація слизової оболонки максиллярної пазухи людини без патоморфологічних змін. Парафіновий зріз. Забарвлення: гематоксиліном і еозином. Збільшення: ок.:10; об.:40. Позначення: 1 – слизова оболонка максиллярної пазухи, 2 – підслизова основа слизової оболонки максиллярної пазухи, 3 – порожнина максиллярної пазухи, 4 – поверхневий слизовий покрив.

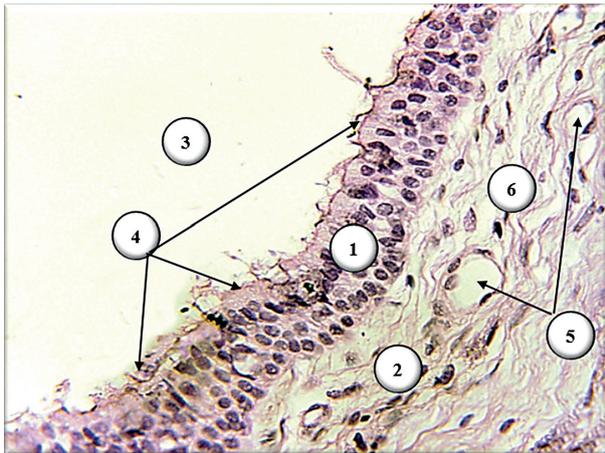


Рисунок 2 – Епітеліальний шар слизової оболонки максиллярної пазухи людини без патоморфологічних змін. Парафіновий зріз. Забарвлення: гематоксиліном і еозином. Збільшення: ок.:10; об.:40. Позначення: 1 – щільне цитотопографічне розташування епітеліоцитів слизової оболонки, 2 – підслизова основа слизової оболонки максиллярної пазухи, 3 – порожнина максиллярної пазухи, 4 – поверхневий слизовий шар, 5 – мікросудини елементів ГМЦР, 6 – волокнистий компонент сполучнотканинної основи.

крема щільні з'єднання) між епітеліоцитами забезпечують бар'єрну функцію, а поверхневий слизовий шар має характер тонкої, безперервної плівки без нашарувань детриту (рис. 2).

Базальна мембрана в інтактних зонах є тонкою, рівномірною, без явищ потовщення, ущільнення філаментів чи фрагментації. Вона виконує опорну та бар'єрно-фільтраційну функції, забезпечує адгезію базальних і війчастих епітеліоцитів та келихоподібних клітин і бере участь у регуляції проліферації та диференціювання клітин епітелію. Її чіткі контури на гістологічних препаратах відображають збережену трофіку і відсутність патологічних процесів, а також безпосередньо вказують на нормальне функціонування слизової оболонки верхньощелепної пазухи в цілому (рис. 3).

Клітинний склад власної пластинки у фізіологічних умовах характеризується невеликою кількістю фібробластів, поодинокими макрофагами та лімфоцитами. Звертає на себе увагу, що на гістологічних препаратах відсутні щільні лейкоцитарні інфільтрати, периваскулярний набряк навколо мікросудин, виражений набряк чи ознаки фіброзу волокнистого компоненту. Міжклітинна речовина має помірну гідратацію, а просторові співвідношення між волокнистими структурами та основною речовиною не порушені (рис. 4 А, Б).

Звертає на себе увагу, що підслизова основа слизової оболонки верхньощелепної пазухи містить розгалужену гемомікроциркуляторне русло, яке забезпечує трофіку покривного епітелію (переважно багаторядного війчастого), залозистих структур і стромальних елементів. Судинне русло організоване за типовим для респіраторної слизової принципом: артеріоли формують резистивний відділ, капілярні мережі обмінний, венилу ємнісний та дренажний, із виразною участю в регуляції тканинного гомеостазу.

Артеріоли локалізуються переважно в глибших відділах власної пластинки та підслизової основи, проходять паралельно поверхні слизової, утворюючи артеріолярні дуги й даючи висхідні гілки до поверхневих капілярних сплетень. Їхня стінка має чітку тришарову організацію.



Рисунок 3 – Епітеліальний шар слизової оболонки максиллярної пазухи людини без патоморфологічних змін. Парафіновий зріз. Забарвлення: гематоксиліном і еозином. Збільшення: ок.:10; об.:100. Позначення: 1 – епітеліоцити у складі епітеліального пласту слизової оболонки, 2 – базальна мембрана, 3 – підслизова основа слизової оболонки максиллярної пазухи, 4 – порожнина максиллярної пазухи, 5 – поверхневий слизовий шар, 6 – просвіт мікросудини елементів ГМЦР.

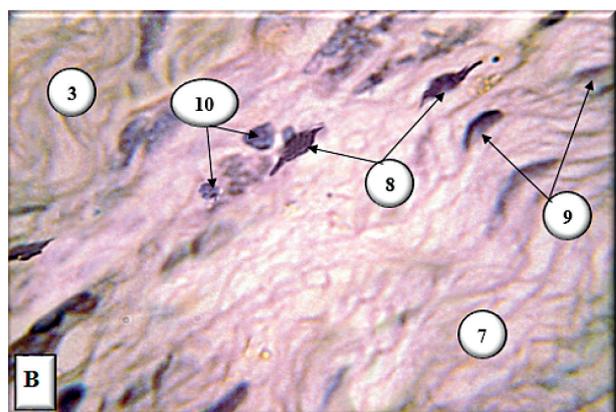
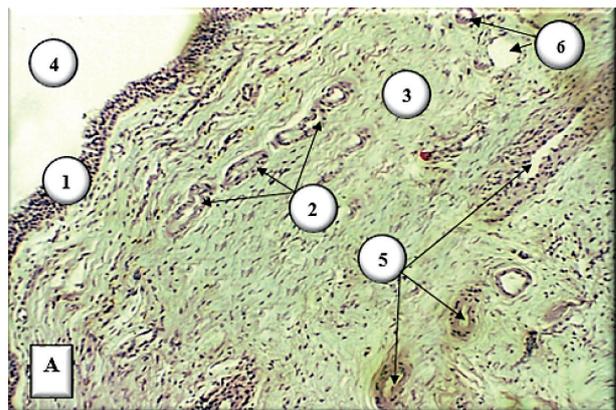


Рисунок 4 – Мікроскопічна будова підслизової основи слизової оболонки максиллярної пазухи людини без патоморфологічних змін. Парафіновий зріз. Забарвлення: гематоксиліном і еозином. Збільшення: А – ок.:10; об.:10; Б – ок.:10; об.:100. Умовні позначки: 1 – епітеліальний пласт слизової оболонки, 2 – вивідні протоки залоз, 3 – підслизова основа слизової оболонки максиллярної пазухи, 4 – порожнина максиллярної пазухи, 5 – поверхневий слизовий шар, 6 – мікросудини елементів ГМЦР, 7 – волокнистий компонент сполучнотканинної основи слизової оболонки, 8 – макрофаги у сполучнотканинній основі, 9 – фібробласти серед волокнистого компоненту сполучнотканинної основи, 10 – лімфоцити.

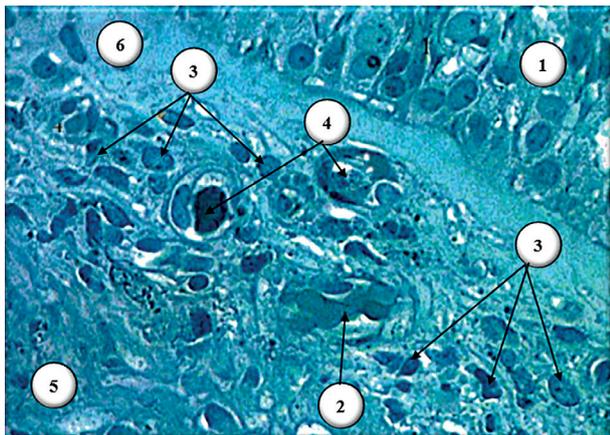


Рисунок 5 – Елементи гемомікроциркуляторного русла та його мікрооточення у підслизовій основі слизової оболонки максиллярної пазухи людини без патоморфологічних змін. Напівтонкий епоксидний зріз. Забарвлення: метиленовий синій. Зб.: ок.:10; об.:40. Позначення: 1 – епітеліальний пласт, 2 – артеріола у підслизовій основі, 3 – імуннокомпетентні клітини у складі підслизової основи максиллярної пазухи, 4 – елементи ГМЦР, 5 – сполучнотканинна основа, 6 – оксифільна смужка.

Адвентиція візуалізувалась у вигляді тонкої смужки, була побудована з пухкої волокнистої сполучної тканини, містила колагенові й еластичні волокна та поодинокі стромальні клітинні елементи. Просвіт артеріол, як правило, візуалізувався округлим або помірно звивистий в залежності від їх тону, без стази чи агрегації формених елементів крові (рис. 5).

При морфометричному дослідженні встановлено, що середній загальний діаметр артеріол підслизової основи максиллярної пазухи без патологічних змін, як мікросудин резистивної ланки, становили з правої пазухи (11,04±0,36) мкм, а з лівої (10,87±0,24) мкм.

Капілярне русло слизової оболонки характеризується високою щільністю і формує кілька взаємопов'язаних сплетень: поверхневе, під базальною мембраною епітеліального шару, та глибоке, у ділянці залоз і сполучнотканинної строми. При аналізі гістологічних препаратів нами встановлено, що пере-

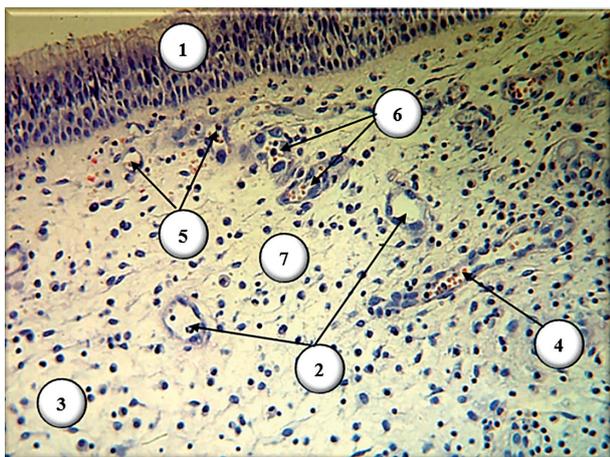


Рисунок 7 – Елементи гемомікроциркуляторного русла та його мікрооточення у підслизовій основі слизової оболонки максиллярної пазухи людини без патоморфологічних змін. Парафіновий зріз. Забарвлення: гематоксиліном і еозином. Збільшення: ок.:10; об.:40. Позначення: 1 – епітеліальний пласт слизової оболонки, 2 – вивідні протоки залоз, 3 – підслизова основа слизової оболонки максиллярної пазухи, 4 – мікросудини емнісної ланки, 5 – мікросудини обмінної ланки, 6 – мікросудини резистивної ланки, 7 – волокнистий компонент сполучнотканинної основи слизової оболонки.

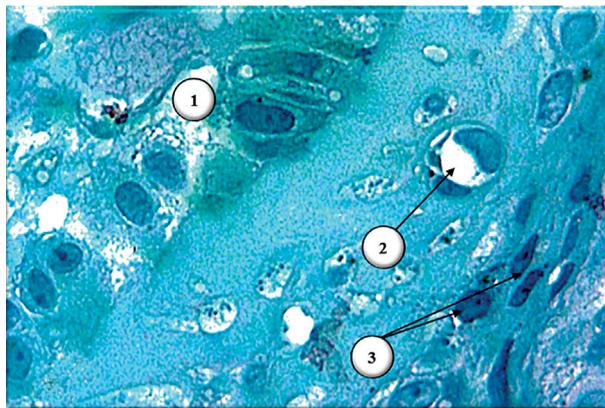


Рисунок 6 – Елементи гемомікроциркуляторного русла та його мікрооточення у підслизовій основі слизової оболонки максиллярної пазухи людини без патоморфологічних змін. Напівтонкий епоксидний зріз. Забарвлення: толуїдиновий синій. Зб.: ок.:10; об.:100. Позначення: 1 – епітеліальний пласт, 2 – капіляр у підслизовій основі, 3 – імуннокомпетентні клітини у складі підслизової основи максиллярної пазухи.

важають соматичні (неперервні) капіляри з тонкою капілярною стінкою, утвореною ендотелієм із щільними міжклітинними контактами, базальною мембраною без перерв і потовщень та перичитами, які прилягають до зовнішньої поверхні ендотелію й беруть участь у стабілізації судинної стінки та регуляції мікрогемодинаміки. Капіляри переважно дрібного калібру, з рівномірним кровонаповненням. На гістологічних препаратах слизової оболонки максиллярної пазухи без патологічних змін нами не виявлені процеси плазморагії, діapedезних крововиливів чи периваскулярного набряку (рис. 6).

Посткапілярні венули розташовані, як у поверхневих відділах власної пластинки, так і в підслизовій основі. Вони формують венулярні сплетення, які забезпечують відтік крові та участь у регуляції тканинної гідратації. Морфологічно венули мали відносно ширший і нерівномірний просвіт порівняно з артеріолами, тонку мікросудинну стінку, де домінує інтима (ендотелій на базальній мембрані) та слабо розвинена медія з поодинокими гладком'язовими клітинами та адвентицію побудованою з пухкої сполучної тканини, часто більш виражену, ніж медія. На гістологічних препаратах слизової оболонки максиллярної пазухи без патологічних змін нами встановлено, що ендотелій венул збережений, без ознак ушкодження, периваскулярна строма без лейкоцитарної інфільтрації та без явищ фібриноїдних змін (рис. 7).

Слід зазначити, що достовірної статистичної різниці при  $p < 0,05$ , між морфометричними показниками структурних компонентів слизових оболонок не уражених патологічним процесом лівої і правої верхньощелепних пазух, а саме середнього загального діаметру артеріол, капілярів, венул, середнього діаметру мукозних і серозних кінцевих відділів, середньої товщини епітеліального пласту не встановлено.

#### Висновки.

Було встановлено, що слизова оболонка верхньощелепних пазух у ділянках без патоморфологічних змін має збережену морфофункціональну організацію респіраторного типу, яка забезпечує бар'єрну, секреторну та мукоциліарну функції. Доведено, що покривний епітелій інтактних ділянок представлений багаторядним війчастим циліндричним епітелієм із добре сформованим війчастим апаратом, помір-

ною кількістю келихоподібних клітин, збереженими базальними клітинами без ознак дистрофії, метаплазії, атрофії чи гіперплазії. З'ясовано, що гемомікроциркуляторне русло інтактної слизової оболонки характеризується структурною цілісністю всіх ланок (артеріолярної, капілярної, венулярної), збереженим ендотелієм, відсутністю стазу, плазморагії, діapedезних крововиливів і периваскулярного набряку, що забезпечує адекватну трофіку тканин і стабільність мікроциркуляції. Обґрунтовано, що відсутність

статистично достовірних відмінностей ( $p < 0,05$ ) між морфометричними показниками правої та лівої верхньощелепних пазух у неуражених ділянках дозволяє розглядати отримані параметри як референтну морфометричну основу для подальшого порівняльного аналізу при полікістозних змінах слизової оболонки.

### Перспективи подальших досліджень.

Отримані дані створюють підґрунтя для подальшого порівняння їх з даними уражених ділянок слизової оболонки та чітко дозволяє виявляти відмінності від нормального стану слизової оболонки.

### References / Література

1. Cho SH, Hamilos DL, Han DH, Laidlaw TM. Phenotypes of Chronic Rhinosinusitis. *J Allergy Clin Immunol Pract.* 2020;8(5):1505-1511. DOI: [10.1016/j.jaip.2019.12.021](https://doi.org/10.1016/j.jaip.2019.12.021).
2. Lal D, Brar T, Ramkumar SP, Li J, Kato A, Zhang L. Genetics and epigenetics of chronic rhinosinusitis. *J Allergy Clin Immunol.* 2023;151(4):848-868. DOI: [10.1016/j.jaci.2023.01.004](https://doi.org/10.1016/j.jaci.2023.01.004).
3. Kim DH, Han JS, Kim GJ, Basurrah MA, Hwang SH. Clinical predictors of polyps recurring in patients with chronic rhinosinusitis and nasal polyps: a systematic review and meta-analysis. *Rhinology.* 2023;61(6):482-497. DOI: [10.4193/Rhin23.136](https://doi.org/10.4193/Rhin23.136).
4. Beegle RD, Murray JV Jr, Sandhu SJS. Normal and Variant Sinonasal Anatomy. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2023;35(3):345-357. DOI: [10.1016/j.coms.2023.02.002](https://doi.org/10.1016/j.coms.2023.02.002).
5. Cohen NA. Sinonasal mucociliary clearance in health and disease. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2006;115(9):20-6. DOI: [10.1177/00034894061150S904](https://doi.org/10.1177/00034894061150S904).
6. Shkorbotun VO, Dyadyk OO, Nachesa YS. Morphological features of maxillary sinus cysts based on the study of particular histochemical and immunohistochemical factors of inflammation. *Wiadomosci lekarskie.* 2023;76(5pt2):1252-1258. DOI: [10.36740/WLek202305218](https://doi.org/10.36740/WLek202305218).
7. Ren L, Chen C, Li N, Hu J, Jiang Z, Yang G. Prevalence of and factors associated with maxillary sinus cyst in a Chinese population. *J Oral Sci.* 2022;64(1):22-27. DOI: [10.2334/josnusd.21-0217](https://doi.org/10.2334/josnusd.21-0217).
8. Akman B, Kaya AT, Çelik NG. Relationship of the accessory maxillary ostium to mucosal thickening and maxillary sinus cysts: a 3D segmentation study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2024;138(4):575-584. DOI: [10.1016/j.oooo.2024.05.008](https://doi.org/10.1016/j.oooo.2024.05.008).
9. Allard RH, van der Kwast WA, van der Waal I. Mucosal antral cysts. Review of the literature and report of a radiographic survey. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1981;51(1):2-9. DOI: [10.1016/0030-4220\(81\)90118-3](https://doi.org/10.1016/0030-4220(81)90118-3).
10. Hosemann W, Grimm A. Surgical anatomy of the maxillary sinus. *HNO.* 2020;68:555-65. DOI: [10.1007/s00106-020-00868-3](https://doi.org/10.1007/s00106-020-00868-3).
11. Rezmak MKF, Naumenko AN, Krinichko LR. Otsenka vozdukhooobmena v verkhnechelyustnoy pazukhe v posleoperatsionnom periode pri endonazalnom khirurgicheskom dostupe cherez nizhnyi i serednyi nosovyvye khody. *Otorinolaringologiya.* 2018;2(1):43-7.
12. Bezshapochnyy SB, Hasyuk YUA, Loburets VV, Loburets AV. Aerodynamika porozhnyny nosa ta navkolonosovykh pazukh. *Visnyk problem biolohiyi i medytsyny.* 2018;4,1(146):52-6. [in Ukrainian].
13. Bahrii MM, Dibrova VA, Popadynets OH, Hryshchuk MI. Metodyky morfolohichnykh doslidzhen. *Vinnytsia: Nova knyha;* 2016. 328 s. [in Ukrainian].

### МОРФОЛОГІЯ СЛИЗОВОЇ ОБОЛОНКИ ВЕРХНЬОЩЕЛЕПНОЇ ПАЗУХИ ЛЮДИНИ, НЕ УРАЖЕНОЇ ПАТОЛОГІЧНИМИ ЗМІНАМИ

**Решетняк І. С., Безега М. І.**

**Резюме.** Нормальне функціонування верхньощелепних пазух значною мірою визначається морфофункціональним станом їх слизової оболонки, яка забезпечує мукоциліарний кліренс, бар'єрний захист, імунну реактивність та підтримання гомеостазу місцевого мікрооточення. Будь-які тривалі запальні або дисрегуляторні впливи в цій анатомічній зоні призводять не лише до клінічно маніфестних порушень носового дихання та дренажу пазух, а й до глибоких структурних перебудов слизової оболонки. Уражена слизова оболонка остіо-меатального комплексу порушує вентиляцію та мукоциліарний кліренс усіх трьох передніх синусів (лобного, передніх клітин решітчастого лабіринту та максиллярного синусів) та призводить до захворювань передньої групи параназальних пазух.

Це сформувало мету нашого дослідження, а саме – вивчення структурної організації слизової оболонки верхньощелепної пазухи без патологічних змін у ділянці остіо-меатального комплексу у людини. У дослідженні приймали участь 64 пацієнти з дотриманням вимог біоетики. Виконано мікроскопічний аналіз слизової оболонки верхньощелепного синуса без ураження патологічним процесом та вивчено організацію, структурні особливості, а також компоненти гемомікроциркуляторного русла.

Отримано наступні результати дослідження: слизова оболонка верхньощелепних пазух у ділянках без патоморфологічних змін має збережену морфофункціональну організацію респіраторного типу, яка забезпечує бар'єрну, секреторну та мукоциліарну функції; покривний епітелій інтактних ділянок представлений багаторядним війчастим циліндричним епітелієм із добре сформованим війчастим апаратом, помірною кількістю келихоподібних клітин, збереженими базальними клітинами без ознак дистрофії, метаплазії, атрофії чи гіперплазії; гемомікроциркуляторне русло інтактної слизової оболонки характеризується структурною цілісністю всіх ланок (артеріолярної, капілярної, венулярної), збереженим ендотелієм, відсутністю стазу, плазморагії, діapedезних крововиливів і периваскулярного набряку, що забезпечує адекватну трофіку тканин і стабільність мікроциркуляції; відсутність статистично достовірних відмінностей ( $p < 0,05$ ) між морфометричними показниками правої та лівої верхньощелепних пазух у неуражених ділянках дозволяє розглядати отримані параметри як референтну морфометричну основу для подальшого порівняльного аналізу при полікістозних змінах слизової оболонки.

Отримані результати дозволяють використовувати їх для порівняння та визначення відмінностей від патологічно ураженої слизової оболонки.

**Ключові слова:** верхньощелепна пазуха, FESS, слизова оболонка, кісти, хронічний риносинусит, остіомеатальний комплекс, морфологія, верхні дихальні шляхи.

### MORPHOLOGY OF THE HUMAN MAXILLARY SINUS MUCOSA UNAFFECTED BY PATHOLOGICAL CHANGES

Reshetniak I. S., Bezega M. I.

**Abstract.** The normal functioning of the maxillary sinuses is largely determined by the morphofunctional state of their mucous membrane, which ensures mucociliary clearance, barrier protection, immune reactivity, and maintenance of the homeostasis of the local microenvironment. Any prolonged inflammatory or dysregulatory influences in this anatomical region lead not only to clinically manifested disturbances of nasal breathing and sinus drainage but also to profound structural remodeling of the mucous membrane. The affected mucosa of the ostiomeatal complex disrupts ventilation and mucociliary clearance of all three anterior sinuses (the frontal sinus, the anterior ethmoidal cells, and the maxillary sinus), which contributes to the development of diseases of the anterior group of paranasal sinuses.

This determined the aim of our study, namely to investigate the structural organization of the mucous membrane of the human maxillary sinus without pathological changes in the region of the ostiomeatal complex. The study involved 64 patients in compliance with bioethical requirements. A microscopic analysis of the mucous membrane of the maxillary sinus unaffected by the pathological process was performed, and its organization, structural features, as well as the components of the hemomicrocirculatory bed were examined.

The following results were obtained: the mucous membrane of the maxillary sinuses in areas without pathomorphological changes demonstrates preserved morphofunctional organization of the respiratory type, ensuring barrier, secretory, and mucociliary functions. The covering epithelium of intact areas is represented by pseudostratified ciliated columnar epithelium with a well-developed ciliary apparatus, a moderate number of goblet cells, and preserved basal cells without signs of dystrophy, metaplasia, atrophy, or hyperplasia. The hemomicrocirculatory bed of the intact mucosa is characterized by structural integrity of all its components (arteriolar, capillary, and venular), preserved endothelium, and absence of stasis, plasmorrhagia, diapedetic hemorrhages, and perivascular edema, ensuring adequate tissue trophism and stability of microcirculation. The absence of statistically significant differences ( $p < 0.05$ ) between morphometric parameters of the right and left maxillary sinuses in unaffected areas allows the obtained parameters to be considered a reference morphometric basis for further comparative analysis in cases of polycystic changes of the mucous membrane.

The obtained results can be used for comparison and identification of differences with pathologically affected mucous membrane.

**Key words:** maxillary sinus, FESS, mucous membrane, cysts, chronic rhinosinusitis, ostiomeatal complex, morphology, upper respiratory tract.

#### ORCID and contributionship / ORCID автора та його внесок до статті:

Reshetniak I. S.: <https://orcid.org/0009-0003-6744-4116><sup>ABCD</sup>

Bezega M. I.: <https://orcid.org/0000-0002-1250-1190><sup>ABEF</sup>

#### Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

The authors declare no conflict of interest / Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

#### Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Reshetniak Ihor Serhiyovych / Решетняк Ігор Сергійович

Poltava State Medical University / Полтавський державний медичний університет

Ukraine, 36011, Poltava, 23 Shevchenko str. / Україна, 36011, м. Полтава, вул. Шевченка 23

Tel.: +380953940408 / Тел.: +380953940408

E-mail: [dr.i.s.reshetniak@gmail.com](mailto:dr.i.s.reshetniak@gmail.com)

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis, C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article, E – Critical review, F – Final approval of the article / A – концепція роботи та дизайн, B – збір та аналіз даних, C – відповідальність за статичний аналіз, D – написання статті, E – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті.

This article is distributed under the terms of the *Creative Commons Attribution (CC-BY) License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited © All authors, 2026 / Ця стаття розповсюджується на умовах ліцензії *Creative Commons Attribution (CC-BY)*, яка дозволяє необмежене використання, поширення та відтворення в будь-якому форматі за умови належного цитування оригінальної роботи © Всі автори, 2026

Received 24.10.2025 / Стаття надійшла 24.10.2025 року  
Accepted 04.03.2026 / Стаття прийнята до друку 04.03.2026 року  
Published 27.03.2026 / Опубліковано 27.03.2026 року