Харківський стоматологічний журнал. 2025. Т. 2. № 4(6). С. 643–656
Kharkiv Dental Journal. 2025;2(4(6)):643–656 ISSN 3083-5607 (Online)

DOI: https://doi.org/10.26565/3083-5607-2025-6-10
УДК: 616.01/-099:616.314-74:616.213.6

CC BY
OPEN ACCESS

Анатомічні особливості та біологічне значення взаємодій між бічною групою зубів верхньої щелепи та верхньощелепною пазухою

Бур'ян О.В.[1], https://orcid.org/0009-0009-6281-5866, e-mail: burianoleksandr@gmail.com
Кудрявцева Т.О.[2], https://orcid.org/0000-0001-6817-2202, e-mail: kudriavtseva.to@gmail.com
Гарбар К.Б.[2], https://orcid.org/0000-0002-3627-9408, e-mail: harbarekateryna@gmail.com
Остапчук К.В.[3], https://orcid.org/0009-0002-5972-6466, e-mail: ostapchukkv30@gmail.com
Алєксєєва В.В.[2,4,5], https://orcid.org/0009-0004-8283-0389, e-mail: viktoriia.alieksieieva1111@gmail.com
Целух В.А.[3], https://orcid.org/0009-0004-9723-0327, e-mail: viktor.celux@onmedu.edu.ua

[1]Комунальне некомерційне підприємство
«Обласний центр онкології», Харків, Україна
[2]Приватний вищий навчальний заклад
«Харківський міжнародний медичний університет», Харків, Україна
[3]Одеський національний медичний університет
Міністерства охорони здоров'я України, Одеса, Україна
[4]Харківський національний медичний університет
Міністерства охорони здоров'я України, Харків, Україна
[5]Приватний заклад вищої освіти
«Харківський інститут медицини та біомедичних наук», Харків, Україна

Anatomical characteristics and biological significance of the relationships between posterior maxillary teeth and the maxillary sinus

Burian O.V.[1], https://orcid.org/0009-0009-6281-5866, e-mail: burianoleksandr@gmail.com
Kudriavtseva T.O.[2], https://orcid.org/0000-0001-6817-2202, e-mail: kudriavtseva.to@gmail.com
Harbar K.B.[2], https://orcid.org/0000-0002-3627-9408, e-mail: harbarekateryna@gmail.com
Ostapchuk K.V.[3], https://orcid.org/0009-0002-5972-6466, e-mail: ostapchukkv30@gmail.com
Alieksieieva V.V.[2,4,5], https://orcid.org/0009-0004-8283-0389, e-mail: viktoriia.alieksieieva1111@gmail.com
Tselukh V.A.[3], https://orcid.org/0009-0004-9723-0327, e-mail: viktor.celux@onmedu.edu.ua

[1]Communal non-profit enterprise
«Regional center of oncology», Kharkiv, Ukraine
[2]Private Institution of Higher Education
«Kharkiv International Medical University», Kharkiv, Ukraine
[3]Odesa National Medical University
of the Ministry of Health of Ukraine, Odesa, Ukraine
[4]Kharkiv National Medical University
of the Ministry of Health of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
[5]Private Establishment of Higher Education
«Kharkiv Institute of Medicine and Biomedical Sciences», Kharkiv, Ukraine

Ключові слова:

Верхньощелепна пазуха, товщина кістки, щільність кісткової тканини, бічна група зубів верхньої щелепи, одонтогенний верхньощелепний синусит, комп'ютерна томографія, дентальна імплантологія.

РЕЗЮМЕ

Актуальність. Анатомічний взаємозв'язок між бічною групою зубів верхньої щелепи та верхньощелепною пазухою має вирішальне значення для стоматологічних, оториноларингологічних та щелепно-лицевих втручань.
Мета роботи – визначити морфометричні (товщина кісткової тканини) та денситометричні (щільність у одиницях Гаунсфілда) характеристики кісткової пластинки між коренями верхніх бічних зубів і дном верхньощелепної пазухи за даними спіральної комп'ютерної томографії, а також проаналізувати їх варіабельність залежно від віку та групи зубів.
Матеріали та методи. Проведено ретроспективне поперечне дослідження із залученням 120 дорослих пацієнтів (60 чоловіків і 60 жінок, віком 20–75 років), яким виконано спіральну комп'ютерну томографію високої роздільної здатності. Вимірювали товщину кістки між верхівками коренів зубів і дном пазухи

Для кореспонденції:

Алєксєєва Вікторія Вікторівна
ІХарківський національний медичний університет Міністерства охорони здоров'я, кафедра оториноларингології;
просп. Науки, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;
e-mail:
viktoriia.alieksieieva1111@gmail.com

© *Бур'ян О.В., Кудрявцева Т.О., Гарбар К.Б., Остапчук К.В., Алєксєєва В.В., Целух В.А., 2025*

та щільність кістки (в одиницях Гаунсфілда, HU). Для статистичного аналізу застосовували t-тест, ANOVA та кореляцію Пірсона ($p < 0,05$).
Результати. Виявлено суттєву індивідуальну варіабельність товщини та щільності кісткової тканини. Найвищі показники щільності зафіксовано у передній та латеральній стінках пазухи, тоді як нижчі значення спостерігалися в ділянці молярів, особливо у пацієнтів старшого віку. Зменшення щільності кістки супроводжувалося збільшенням частоти проростання коренів зубів у порожнину пазухи.
Висновки. Як товщина, так і щільність кісткової тканини, є важливими параметрами, що визначають анатомічні взаємовідношення між задніми зубами та верхньощелепною пазухою. Їх комплексне врахування під час передопераційної оцінки дозволяє підвищити точність прогнозування ризиків та забезпечити безпечніше й ефективніше лікування в імплантології та хірургії пазух.

Для цитування:

Бур'ян О.В., Кудрявцева Т.О., Гарбар К.Б., Остапчук К.В., Алєксєєва В.В., Целух В.А. Анатомічні особливості та біологічне значення взаємодій між бічною групою зубів верхньої щелепи та верхньощелепною пазухою. *Харківський стоматологічний журнал*. 2025. Т. 2, № 4(6). С. 643–656. DOI: https://doi.org/10.26565/3083-5607-2025-6-10

Key words:

maxillary sinus, bone thickness, bone density, posterior teeth of the maxilla, odontogenic maxillary sinusitis, computed tomography, dental implantology.

For correspondence:

Alieksieieva Viktoriia Viktorivna
Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Department of Otorhinolaryngology;
4 Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61022;
e-mail:
viktoriia.alieksieieva1111@gmail.com

© *Burian O.V., Kudriavtseva T.O., Harbar K.B., Ostapchuk K.V., Alieksieieva V.V., Tselukh V.A., 2025*

ABSTRACT

Background. The anatomical relationship between the posterior teeth of the maxilla and the maxillary sinus plays a crucial role in dental, otolaryngologic, and maxillofacial procedures.
Purpose – to determine morphometric (bone thickness) and densitometric (Hounsfield unit density) characteristics of the bone plate between the roots of maxillary posterior teeth and the floor of the maxillary sinus using spiral computed tomography, and to analyze their variability depending on age and tooth group.
Materials and Methods. A retrospective cross-sectional study was conducted on 120 adults (60 males and 60 females, aged 20–75 years) using high-resolution spiral computed tomography (CT). Bone thickness between the tooth roots and sinus floor, as well as bone density (in Hounsfield Units, HU), were measured at multiple sites. Statistical analyses included t-tests, ANOVA, and Pearson's correlations ($p < 0.05$).
Results. The study revealed significant variations in both bone thickness and density among individuals. The anterior and lateral sinus walls showed the highest density values, while reduced density and thinner bone were observed near molar roots, especially in older patients. Lower bone density correlated with an increased incidence of root protrusion into the sinus cavity.
Conclusions. Both bone thickness and density are essential parameters influencing the anatomical relationship between posterior teeth and the maxillary sinus. Incorporating both metrics into preoperative evaluation enhances risk assessment and supports safer, more effective treatment planning in implantology and sinus surgery.

For citation:

Burian OV, Kudriavtseva TO, Harbar KB, Ostapchuk KV, Alieksieieva VV, Tselukh VA. Anatomical characteristics and biological significance of the relationships between posterior maxillary teeth and the maxillary sinus. *Kharkiv Dental Journal.* 2025;2(4(6)):643–656. DOI: https://doi.org/10.26565/3083-5607-2025-6-10

ВСТУП

Анатомічні взаємовідношення між коренями бічної групи зубів верхньої щелепи та верхньощелепною пазухою вже тривалий час є предметом клінічного інтересу через їх значення для різних медичних дисциплін – стоматології, оториноларингології та щелепно-лицевої хірургії [1]. Це взаєморозташування має особливу важливість у контексті розвитку одонтогенного гайморит – патологічного стану, коли інфекції, що походять із зубів, призводять до запалення пазухи [2]. Близькість коренів зубів до дна пазухи створює як функціональну взаємозалежність, так і потенційні шляхи для поширення патологічних процесів,

INTRODUCTION

The anatomical relationship between the posterior teeth of the maxilla and the maxillary sinus have long been a subject of clinical interest due to their significance for various medical fields, such as dentistry, otorhinolaryngology, and maxillofacial surgery [1]. This spatial relationship is particularly important in the context of odontogenic sinusitis, a pathological condition in which infections originating from the teeth lead to inflammation of the sinus [2]. The close proximity of tooth roots to the sinus floor creates both functional interdependence and potential pathways for the spread of pathological processes, highlighting the need for

що підкреслює необхідність глибокого розуміння анатомічних особливостей цієї ділянки [3, 4].

Окрім того анатомічні взаємовідношення між зубами, кістковою тканиною та верхньощелепною пазухою формують локальне середовище, в якому структурні особливості можуть впливати на перебіг та локалізацію запальних процесів у щелепно-лицевій ділянці. У сучасній літературі запалення розглядається як багатофакторний процес, що залежить від тканинної мікроархітектоніки, васкуляризації та індивідуальних особливостей тканинної відповіді [5]. З біологічної точки зору, взаємодія між зубами та верхньощелепною пазухою характеризується значною анатомічною варіабельністю, яка може суттєво відрізнятися між індивідами [6]. Така мінливість впливає на клінічні результати стоматологічних втручань – від ендодонтичного лікування до синус-ліфтингу в імплантології та хірургічного лікування патологій пазух [7]. Крім того, вік, стать, краніофаціальна морфологія та інші чинники сприяють цій варіабельності, впливаючи як на структурну цілісність кістки, що відділяє корені зубів від пазухи, так і на ймовірність розвитку ускладнень.

У межах даного дослідження термін «біологічне значення» використовується як морфофункціональна характеристика кісткової тканини. Щільність кістки, виміряна в одиницях Гаунсфілда, відображає ступінь її мінералізації та мікроархітектонічну організацію, що визначає механічну резистентність кісткової пластинки. Таким чином, денситометричні показники можуть розглядатися як непрямий маркер біологічної життєздатності кісткової тканини в зоні контакту коренів зубів із верхньощелепною пазухою.

Сучасні досягнення в галузі візуалізаційних технологій, особливо спіральної комп'ютерної томографії (СКТ), дозволяють детальніше та точніше оцінювати анатомію ділянки взаємодії зубів і верхньощелепною пазухою [8]. Поєднання КТ із 3D-моделюванням забезпечує цінну інформацію про структурні та функціональні аспекти цієї анатомічної зони, що сприяє більш точній діагностиці, плануванню лікування та запобіганню можливим ускладненням [9].

У сучасній літературі значну увагу приділено розвитку методів оцінювання щільності кісткової тканини, зокрема денситометрії та використанню комп'ютерної томографії для визначення параметрів кістки у ділянці верхньої щелепи. Дослідження останніх років демонструють суттєвий прогрес у стандартизації вимірів у одиницях Гаунсфілда (HU) та зіставленні даних, отриманих на різних моделях томографів. Поява високороздільних методів візуалізації, таких як спіральна КТ та конусно-променева КТ, дозволила детально вивчати закономірності між морфологією коренів зубів, щільністю кістки та анатомією верхньощелепної пазухи, що створює підґрунтя для порівняння результатів між різними дослідницькими центрами. Включення цих аспектів є важливим для розуміння впливу вікових, статевих та індивідуальних відмінностей на якість кістки і потенційні ризики ускладнень.

Мета роботи – визначити морфометричні (товщина кісткової тканини) та денситометричні (щільність у одиницях Гаунсфілда) характеристики кісткової пластинки між коренями верхніх бічних зубів і дном верхньощелепної пазухи за даними спіральної комп'ютерної томографії, а також проаналізувати їх варіабельність залежно від віку та групи зубів.

a thorough understanding of the anatomical characteristics of this region [3, 4]

From a biological perspective, the interaction between the teeth and Maxillary sinus is characterized by substantial anatomical variability, which can differ significantly among individuals [5]. Besides that, the anatomical relationships between teeth, bone tissue, and the maxillary sinus create a local microenvironment in which structural characteristics may influence the development and localization of inflammatory processes in the maxillofacial region. Contemporary literature considers inflammation as a multifactorial process determined by tissue microarchitecture, vascularization, and individual characteristics of tissue response [6]. Such variability affects the clinical outcomes of dental procedures from endodontic treatment to sinus lifting in implantology and surgical management of sinus pathologies [7]. Additionally, factors such as age, sex, craniofacial morphology, and others contribute to this variability, influencing both the structural integrity of the bone separating the tooth roots from the sinus and the likelihood of complications.

In this study, the term «biological significance» is used as a morphofunctional characteristic of bone tissue. Bone density measured in Hounsfield units reflects the degree of mineralization and microarchitectural organization, which determines the mechanical resistance of the bone plate. Therefore, densitometric parameters may be considered indirect markers of biological viability of bone tissue in the area of contact between tooth roots and the maxillary sinus.

Modern advances in imaging technologies, particularly spiral computed tomography (CT), allow more detailed and accurate assessment of the anatomy in the region where teeth and Maxillary interact [8]. The combination of CT with 3D modeling provides valuable information about the structural and functional aspects of this anatomical zone, helping to improve diagnostic accuracy, treatment planning, and prevention of possible complications [9].

In the contemporary literature, considerable attention has been devoted to the development of methods for assessing bone tissue density, particularly densitometry and the use of computed tomography to determine bone parameters in the maxillary region. Studies of recent years demonstrate significant progress in the standardization of measurements expressed in Hounsfield units (HU) and in the comparability of data obtained using different CT scanner models. The emergence of high-resolution imaging techniques, such as spiral CT and cone-beam CT, has made it possible to examine in detail the relationships between tooth root morphology, bone density, and the anatomy of the maxillary sinus, thereby providing a basis for comparing results across different research centers. The inclusion of these aspects is essential for understanding the influence of age-related, sex-related, and individual differences on bone quality and the potential risks of complications.

Objective – to determine morphometric (bone thickness) and densitometric (Hounsfield unit density) characteristics of the bone plate between the roots of maxillary posterior teeth and the floor of the maxillary sinus using spiral computed tomography, and to analyze their variability depending on age and tooth group.

Останні досягнення в кістковій денситометрії та кількісній оцінці мінералізації тканин суттєво підвищили точність визначення характеристик кісткової тканини верхньої щелепи. Численні дослідження свідчать про прогрес у стандартизації вимірювань у одиницях Гаунсфілда та порівнянні даних, отриманих за допомогою різних КТ-систем. Сучасні методи високороздільної візуалізації, зокрема спіральна комп'ютерна томографія та конусно-променева комп'ютерна томографія, забезпечують детальну оцінку взаємовідношень між коренями зубів і верхньощелепною пазухою, якості кісткової тканини та віковозалежних анатомічних варіацій. Урахування цих методологічних напрацювань є важливим для розміщення результатів даного дослідження в більш штрокому науковому контексті вивчення структурних детермінант стоматологічних ускладнень, пов'язаних із патологією верхньощелепної пазухи.

Ця стаття присвячена аналізу анатомічних особливостей взаємозв'язку між коренями зубів і верхньощелепною пазухою та висвітленню їх біологічного значення.

Recent advances in bone densitometry and quantitative assessment of mineralized tissues have significantly enhanced the precision of evaluating maxillary bone characteristics. Numerous studies highlight the progress in standardizing HU measurements and comparing datasets obtained from different CT systems. High-resolution imaging modalities, including spiral CT and cone-beam CT, now allow detailed assessment of root – sinus relationships, bone quality, and age-dependent anatomical variations. Incorporating these methodological developments is important for contextualizing the present research within the broader scientific effort to understand the structural determinants of sinus-related dental complications.

This article focuses on analyzing the anatomical features of the relationship between tooth roots and the Maxillary sinuses and highlighting their biological significance.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Це ретроспективне поперечне дослідження присвячене аналізу анатомічних взаємовідношень між бічною групою зубів верхньої щелепи (премолярами та молярами) та верхньощелепною пазухою, з особливим акцентом на щільність кісткової тканини. Метою було визначити, як ці параметри змінюються з віком і які мають клінічні наслідки у стоматологічних та синусних процедурах.

Популяція дослідження

До дослідження було включено 120 дорослих пацієнтів (60 чоловіків і 60 жінок) віком від 20 до 75 років, які проходили комп'ютерну томографію (КТ) щелепно-лицевої ділянки у зв'язку з причинами, не пов'язаними з патологією ЛОР-органів. Вибирали лише високоякісні КТ-знімки з чіткою візуалізацією верхньощелепної пазухи та бічною групою зубів верхньої щелепи. Пацієнтів із патологією пазух, краніофаціальними деформаціями, травматичними ушкодженнями або післяопераційними змінами у ділянці верхньої щелепи виключали з дослідження. Середній вік пацієнтів становив 42,6 ± 12,4 року.

Протокол візуалізації

Всі зображення отримано за допомогою спірального комп'ютерного томографа Toshiba Aquilion 64 (Японія) із параметрами: 120 кВ, 100 мА, товщина зрізу – 1,0 мм. Сканування виконували в аксіальній, корональній і сагітальній площинах при природному положенні голови пацієнта. Поле зору охоплювало обидві верхньощелепні пазухи та бічну групу зубів верхньої щелепи. Дані КТ експортували у форматі DICOM та аналізували за допомогою RadiAnt DICOM Viewer (версія 2021).

Для забезпечення відтворюваності результатів детально стандартизовано апаратні параметри сканування. Дослідження виконували на комп'ютерному томографі Toshiba Aquilion 64 із фіксованими параметрами напруги (120 кВ) та сили струму (100 мА), що дозволяє мінімізувати варіабельність показників

MATERIALS AND METHODS

This retrospective cross-sectional study analyzes the anatomical relationships between the posterior teeth of the maxilla and the maxillary sinus, with particular emphasis on bone density. The goal was to determine how these parameters change with age and what clinical implications they have for dental and sinus procedures.

Study Population

The study included 120 adult patients (60 men and 60 women) aged 20 to 75 years who underwent maxillofacial computed tomography (CT) for reasons unrelated to ENT pathology. Only high-quality CT scans with clear visualization of the maxillary sinus and posterior teeth were selected. Patients with sinus pathology, craniofacial deformities, traumatic injuries, or postoperative changes in the upper jaw were excluded. The mean age was 42.6 ± 12.4 years.

Imaging Protocol

All scans were obtained using a Toshiba Aquilion 64 spiral CT scanner (Japan) with settings of 120 kV, 100 mA, and a slice thickness of 1.0 mm. Scanning was performed in axial, coronal, and sagittal planes with the head in a natural position. The field of view included both maxillary sinuses and posterior teeth. CT data were exported in DICOM format and analyzed using RadiAnt DICOM Viewer (2021).

To ensure reproducibility, all scans were acquired using a Toshiba Aquilion 64 CT scanner with fixed parameters (120 kV, 100 mA), reducing variability in density measurements associated with system-specific calibration. DICOM datasets were analyzed using RadiAnt DICOM Viewer 2021. Prior to inclusion, each scan underwent quality control to identify artifacts potentially caused by metallic restorations, prosthetic

щільності, пов'язану з апаратними налаштуваннями. Для візуалізації та аналізу даних використовували програмне забезпечення RadiAnt DICOM Viewer 2021. Перед включенням зображень до аналізу проводили їхню оцінку на наявність артефактів, спричинених ортопедичними конструкціями, металевими пломбувальними матеріалами, рухами пацієнта або сторонніми предметами в ділянці голови та шиї. Усі томограми з вираженими артефактами або некоректними параметрами реконструкції були виключені. Об'єм сканування становив 100×80 мм, що забезпечувало товщину зрізу 0,16 мм та стабільну якість візуалізації тонких кісткових структур.

Досліджувалася щільність кісткової тканини. Її оцінювали у одиницях HU у стандартизованих зонах інтересу (ROI), розташованих біля верхівок коренів і стінок пазухи (передньої, задньої, медіальної та латеральної). Для зменшення похибки усереднювали показники трьох послідовних зрізів.

Для оцінки щільності кісткової тканини використовувалася спіральна комп'ютерна томографія, оскільки лише СКТ забезпечує відтворювані та калібровані значення одиниць Гаунсфілда. На відміну від конусно-променевої КТ, показники HU при СКТ є стандартизованими, що дозволяє коректно порівнювати денситометричні дані між пацієнтами.

Також оцінювали розміри верхньощелепної пазухи. Визначали висоту, ширину та об'єм пазухи за допомогою тривимірних реконструкцій, створених на основі даних КТ. Ці параметри використовували для аналізу кореляцій із щільністю кістки.

Під час виконання дослідження пацієнтів було розподілено на три вікові групи:

1) 20–40 років;
2) 41–60 років;
3) 61–75 років.

Надійність вимірювань

Усі вимірювання виконували два незалежні лікарі-рентгенологи. Для оцінки відтворюваності результатів визначали внутрішньо- та міжспостерігачеву надійність за коефіцієнтом внутрішньокласової кореляції (ICC). Значення ICC > 0,90 вважали відмінними.

Статистичний аналіз

Обробку даних здійснювали за допомогою SPSS, версія 25.0 (IBM Corp., США). Безперервні змінні представляли у вигляді середнього значення ± стандартного відхилення (SD).

Для порівняння щільності кістки між статями використовували t-тест Стьюдента.

Для оцінки вікових відмінностей застосовували однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA).

Для визначення взаємозв'язків між щільністю кістки, її товщиною, розмірами пазухи та близькістю коренів використовували коефіцієнт кореляції Пірсона. Рівень статистичної значущості встановлювали на $p < 0,05$.

Етичні аспекти

Протокол дослідження був схвалений етичним комітетом Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України (Протокол № 5 від 8.11.2018). Усі персональні дані пацієнтів були анонімізовані. Перед початком дослідження від усіх учасників було отримано інформовану згоду на використання їхніх зображень з науковою метою.

structures, endodontic posts, patient motion, or external objects in the head and neck region. Scans with prominent artifacts or inappropriate reconstruction parameters were excluded. The scanning volume was standardized at 100×80 mm, producing a slice thickness of 0.16 mm, which ensured consistent visualization of thin bony structures relevant to the study.

Bone density was measured in HU in standardized regions of interest (ROI) located near the root apices and the sinus walls (anterior, posterior, medial, and lateral). To reduce error, values from three consecutive slices were averaged.

Multispiral computed tomography was used to assess bone density, as only MSCT provides reproducible and calibrated Hounsfield unit values. Unlike cone beam CT, MSCT HU values are standardized, allowing for correct comparison of densitometric data between patients.

The dimensions of the maxillary sinus were also assessed. Height, width, and volume were determined using 3D reconstructions based on CT data. These parameters were used to analyze correlations with bone density.

Patients were divided into three age groups:

1) 20–40 years;
2) 41–60 years;
3) 61–75 years.

Measurement Reliability

All measurements were performed by two independent radiologists. Intra- and inter-observer reliability was assessed using the intraclass correlation coefficient (ICC). ICC > 0.90 was considered excellent.

Statistical Analysis

Data were analyzed using SPSS version 25.0 (IBM Corp., USA). Continuous variables were presented as mean ± standard deviation (SD).

Student's t-test was used to compare bone density between sexes.

One-way ANOVA was used to assess age differences.

Pearson's correlation coefficient was used to determine relationships between bone density, bone thickness, sinus size, and proximity of tooth roots.

Statistical significance was set at $p < 0.05$.

Ethical Considerations

The study protocol was approved by the Ethics Committee of Kharkiv National Medical University (Protocol No. 5, dated 08.11.2018). All patient data were anonymized. Informed consent for scientific use of imaging data was obtained from all participants.

РЕЗУЛЬТАТИ

Досліджено 120 пацієнтів (60 чоловіків, 60 жінок), середній вік 42,6 ± 12,4 року. Під час оцінки розмірів верхньощелепної пазухи виявлено, що чоловіки мали дещо більші пазухи, ніж жінки (середній об'єм пазухи: 16,8 ± 3,4 см^3 у чоловіків проти 14,9 ± 2,8 см^3 у жінок, $p < 0,05$). Статистично значущих відмінностей у ширині чи висоті пазухи між статями не виявлено.

Показники щільності кісткових стінок верхньощелепної пазухи продемонстрували значну індивідуальну варіабельність. Найвищу щільність зафіксовано в латеральній та передній стінках пазухи, тоді як нижчі значення спостерігалися у ділянці, прилеглій до молярів і премолярів, де верхівки коренів розташовані найближче до дна пазухи. Зі збільшенням віку пацієнтів спостерігалося статистично значуще зниження щільності кістки в усіх ділянках пазухи (табл. 1).

RESULTS

A total of 120 patients (60 men, 60 women) with a mean age of 42.6 ± 12.4 years were analyzed. Assessment of maxillary sinus size revealed that men had slightly larger sinuses than women (mean sinus volume: 16.8 ± 3.4 cm^3 in men vs. 14.9 ± 2.8 cm^3 in women, $p < 0.05$). No statistically significant sex differences were found in sinus height or width.

Bone density values of the maxillary sinus walls demonstrated substantial individual variability. The highest bone density was recorded in the lateral and anterior walls, while lower values were observed near the molars and premolars, where the root apices are closest to the sinus floor. Increasing age was associated with a statistically significant decrease in bone density in all sinus regions (Table 1).

Таблиця 1. Середня щільність кісткових стінок верхньощелепної пазухи (HU)
Table 1. Mean Bone Density of Maxillary Sinus Walls (HU)

Регіон верхньощелепної пазухи / Region of Maxillary Sinus	Середня щільність / Mean density (HU)	SD (HU)
Передня стінка / Anterior wall	190,5	25,7
Задня стінка / Posterior wall	185,2	27,3
Медіальна стінка / Medial wall	172,1	30,4
Латеральна стінка / Latera wall	188,3	22,5

Таким чином, передня та латеральна стінки мали найвищу щільність кістки, тоді як медіальна стінка – найнижчу (рис. 1).

Thus, the anterior and lateral walls had the highest bone density, while the medial wall had the lowest (Fig. 1).

Рис. 1. Кісткова щільність стінок верхньощелепної пазухи
Fig. 1. Bone density of sinus walls

Виявлено достовірну кореляцію між віком і щільністю кістки: з віком показники щільності зменшуються у всіх ділянках верхньощелепної пазухи.

Найбільш виражене зниження відзначено у задній стінці пазухи.

Встановлено, що щільність кістки безпосередньо пов'язана з відстанню між верхівками коренів зубів і дном пазухи (табл. 2). У ділянках із нижчою щільністю спостерігали більшу частоту проростання коренів у пазуху, особливо у зоні молярів (рис. 2). Цей ефект був найпомітнішим у пацієнтів старшого віку.

A significant correlation was found between age and bone density: density decreased in all sinus regions with increasing age, with the most pronounced decline in the posterior wall (Table 2).

In regions with lower bone density, a higher frequency of root protrusion into the sinus was observed, particularly in the molar region (Fig. 2).

This effect was most pronounced in older patients.

Таблиця 2. Розподіл за віком і щільністю кісткових стінок верхньощелепної пазухи
Table 2. Distribution of Age and Bone Density of Maxillary Sinus Walls

Вікова група Age group	Передня стінка Anterior wall	Задня стінка Posterior wall	Медіальна стінка Medial wall	Латеральна стінка Lateral wall
років / years	HU	HU	HU	HU
20–40	196,4	190,3	179,2	194,8
41–60	188,3	180,2	170,6	182,5
61–75	177,2	167,8	160,3	171,1

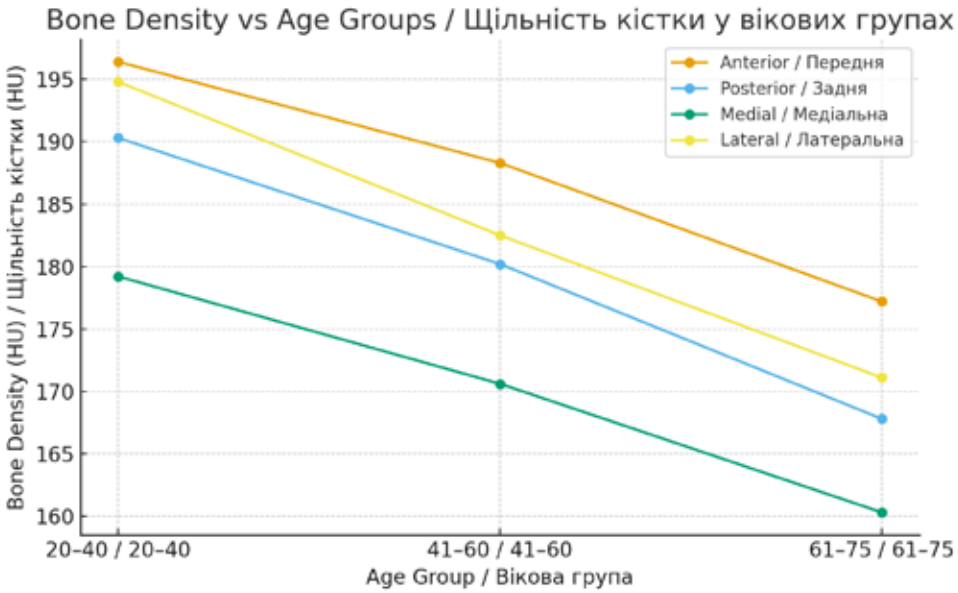

Рис. 2. Щільність кісток у різних вікових групах
Fig. 2. Bone density vs age groups

Як видно з табл. 3, зони з нижчою щільністю кістки навколо молярів характеризувалися вищою частотою проростання коренів у пазуху. Найбільш схильним до ускладнень виявився перший моляр, що узгоджується з клінічними спостереженнями про підвищений ризик розвитку одонтогенного гайморит у пацієнтів із такою анатомічною конфігурацією (рис. 3).

As seen in Table 3, areas with lower bone density around molars showed higher rates of root protrusion into the sinus. The first molar was the most susceptible to complications, consistent with clinical observations of higher risk for odontogenic sinusitis in such anatomical configurations (Fig. 3).

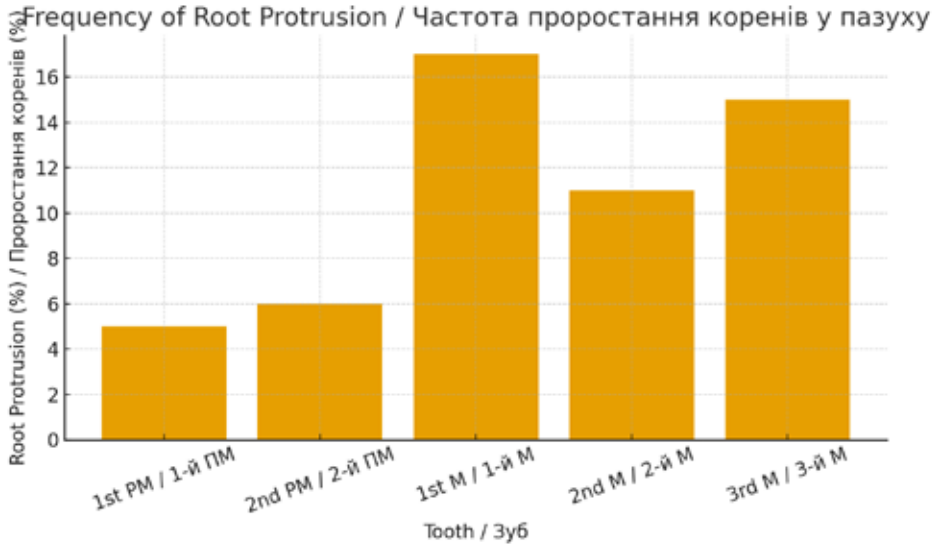

Рис. 3. Частота протрузії
Fig. 3. Frequency of root protrusion by tooth

Таблиця 3. Щільність кістки та проростання коренів у верхньощелепну пазуху
Table 3. Bone Density and Root Protrusion into the Maxillary Sinus

Зуб / Tooth	Середня щільність біля кореня Mean Bone Density Near Root (HU)	Частота проростання коренів у пазуху Frequency of Root Protrusion (%)
Перший премоляр / First premolar	190,5	5
Другий премоляр / Second premolar	180,3	6
Перший моляр / First molar	170,1	17
Другий моляр / Second molar	160,4	11
Третій моляр / Third molar	164,2	15

ОБГОВОРЕННЯ

Отримані дані свідчать про поєднане зниження товщини та щільності кісткової тканини в зоні молярів, що створює морфологічні передумови для зменшення бар'єрної функції між коренями зубів і порожниною верхньощелепної пазухи. Саме ділянка першого моляра характеризувалася найнижчими показниками HU, що може пояснювати її анатомічну вразливість при хірургічних втручаннях.

Анатомічне взаємовідношення між бічною групою зубів верхньої щелепи та верхньощелепною пазухою має ключове значення для клінічної практики та хірургічного планування у різних медичних дисциплінах, зокрема у стоматології, оториноларингології та щелепно-лицевій хірургії [10]. Наше дослідження підкреслює істотну варіабельність товщини та щільності кістки у ділянках, що прилягають до верхньощелепної пазухи, що є важливим для розуміння ризиків ускладнень, таких як одонтогенний гайморит, проростання коренів у пазуху та інші патології приносових пазух [11]. Хоча традиційно вважалося, що основну роль відіграє саме товщина кістки, наші результати показують, що щільність кісткової тканини є не менш важливим параметром при оцінці анатомічних ризиків і плануванні лікування [12].

У досліджуваних ділянках молярної групи щільність кісткової тканини медіальної стінки верхньощелепної пазухи переважно варіювала в діапазоні 150–170 HU, тоді як у зоні премолярів цей показник був вищим і становив 180–195 HU.

Товщина кістки між верхівками коренів зубів і дном верхньощелепної пазухи давно розглядається як ключовий фактор у стоматологічній і синусній хірургії [13]. Тонка кістка в цій ділянці асоціюється з підвищеним ризиком ускладнень під час ендодонтичного лікування, синус-ліфтингу та встановлення дентальних імплантатів.

Наші попередні дослідження підтверджують ці дані, та показують, що найтонша кістка спостерігається в ділянці першого та другого молярів, причому саме перший моляр є найбільш вразливим через близьке розташування до дна пазухи [14].

Щільність кісткової тканини є важливим, але часто недооціненим фактором. Хоча товщина кістки традиційно була головним параметром оцінки, наше дослідження підтверджує, що щільність кісткової тканини відіграє не менш критичну роль у визначенні її структурної міцності. Показник щільності, виражений в одиницях HU, є індикатором якості кістки та її міцності, що прямо впливає на ймовірність ускладнень під час стоматологічних і синусних процедур [15,16].

DISCUSSION

The obtained data demonstrate a combined decrease in bone thickness and density in the molar region, which creates morphological prerequisites for weakening of the barrier between tooth roots and the maxillary sinus cavity. The first molar region showed the lowest HU values, which may explain its anatomical vulnerability during surgical procedures.

The anatomical relationship between the posterior teeth of the maxilla and the maxillary sinus is crucial for clinical practice and surgical planning across various medical fields, including dentistry, otorhinolaryngology, and maxillofacial surgery [10]. Our study highlights the significant variability in bone thickness and density in regions adjacent to the maxillary sinus, which is essential for understanding risks of complications such as odontogenic sinusitis, root protrusion, and other sinus pathologies [11]. Although bone thickness has traditionally been considered the primary determinant, our results indicate that bone tissue density is an equally important parameter in the assessment of anatomical risks and treatment planning [12].

In the molar regions, bone density of the medial sinus wall predominantly ranged between 150 and 170 HU, whereas in the premolar region higher values were observed, ranging from 180 to 195 HU.

Although bone thickness has traditionally been considered the primary factor, our findings demonstrate that bone density is no less important in assessing anatomical risks and planning treatment.

Bone thickness between tooth root apices and the sinus floor has long been viewed as a key determinant in dental and sinus surgery [13]. Thin bone in this area is associated with increased risks during endodontic treatment, sinus lifting, and dental implant placement. Previous studies confirm that the thinnest bone is found around the first and second molars, with the first molar being the most vulnerable due to its close proximity to the sinus floor [14].

Bone density is an important but often underestimated factor. While bone thickness has traditionally been the main parameter, our research confirms that bone density plays an equally critical role in determining structural integrity. The density value expressed in HU is an indicator of bone quality and strength, directly influencing the likelihood of complications during dental and sinus procedures [15, 16].

Our results show that areas with lower bone density, particularly around the molars, more frequently exhibit root protrusion into the sinus. This increases the risk of infection, membrane perforation, and

Отримані результати свідчать, що ділянки з нижчою щільністю кістки, особливо в ділянці молярів, частіше характеризуються проростанням коренів у пазуху. Це підвищує ризик розвитку інфекцій, мембранних перфорацій та інших післяопераційних ускладнень [17]. Зменшення щільності кістки у задніх відділах щелепи, особливо у людей похилого віку, робить цих пацієнтів більш вразливими як до механічних, так і до біологічних наслідків [18].

Нижча щільність кістки може призводити до:

– підвищеного ризику перфорації коренів під час ендодонтичних утручань;

– зниження стабільності дентальних імплантатів;

– підвищеної ймовірності хронічних синусових ускладнень [19].

Наші результати узгоджуються з попередніми роботами, які підтверджують вікове зменшення щільності кісткової тканини. Це особливо актуально з огляду на старіння популяції та зростаючу кількість імплантологічних втручань у пацієнтів похилого віку [20]. Таким чином, вимірювання щільності кістки повинно стати невід'ємним компонентом передопераційного планування, поряд із традиційною оцінкою товщини кістки [21].

Між товщиною і щільністю кісткової тканини існує тісний взаємозв'язок, який слід розглядати комплексно при оцінці пацієнта перед втручанням. Якщо товщина відображає кількість кістки, то щільність характеризує її якість.

Наше дослідження показало, що ділянки з найтоншою кісткою (особливо зона молярів) одночасно мають нижчу щільність, що створює подвійний ризик для ускладнень, таких як проростання коренів у пазуху, пошкодження слизової оболонки, розвиток одонтогенного гайморит у.

Така синергія між кількісними та якісними характеристиками кістки підкреслює необхідність комплексної оцінки обох показників у клінічній практиці.

Пацієнти з поєднанням тонкої та малощільної кістки потребують ретельнішого передопераційного планування, можливо з використанням аугментації або синтетичних матеріалів для підвищення стабільності імплантатів і запобігання ускладненням. Комбінація зниження товщини та щільності кісткової тканини в ділянці молярів вказує на формування морфологічно ослабленої зони, у якій бар'єрна функція між коренями зубів і порожниною верхньощелепної пазухи є мінімальною. На відміну від ізольованого аналізу товщини, інтеграція денситометричних показників дозволяє оцінити не лише геометричні, а й структурні властивості кістки, що відображає її механічну резистентність. Такий підхід розширює анатомічне трактування ризикогенних зон і пояснює переважну вразливість ділянки першого моляра.

Поєднане вимірювання товщини та щільності кістки є ключовим для оптимізації результатів стоматологічних і хірургічних втручань у ділянці верхньощелепної пазухи [21]. Наші результати підтверджують доцільність використання високороздільної КТ для попередньої оцінки анатомічних особливостей і якості кісткової тканини перед проведенням таких процедур, як синус-ліфтинг чи встановлення імплантатів [22, 23]. Отримані морфометричні дані дозволяють більш точно описати анатомічні особливості взаємовідношень між коренями зубів та верхньо-

other postoperative complications [17]. Reduced bone density in the posterior maxilla, especially among older individuals, makes these patients more susceptible to both mechanical and biological consequences [18].

Lower bone density may lead to:

– increased risk of root perforation during endodontic procedures;

– reduced stability of dental implants;

– increased likelihood of chronic sinus complications [19].

Our findings align with previous studies documenting age-related decline in bone density especially relevant given the aging population and rising number of implant procedures in elderly patients [20]. Therefore, bone density assessment should become an integral component of preoperative planning alongside conventional evaluation of bone thickness [21].

There is a strong relationship between bone thickness and density, and both should be considered together. Bone thickness reflects quantity, while bone density reflects quality.

Our study demonstrated that regions with the thinnest bone (especially molar areas) also had lower density, presenting a double risk for complications such as root protrusion, mucosal damage, and odontogenic sinusitis.

This synergy underscores the need for a comprehensive assessment of both parameters in clinical practice. Patients with a combination of thin and low-density bone require more careful preoperative planning, possibly including grafting or synthetic augmentation materials to improve implant stability and prevent complications.

The combined reduction in bone thickness and density in the molar region indicates the formation of a morphologically weakened zone in which the barrier function between the tooth roots and the maxillary sinus cavity is minimal. Unlike an isolated analysis of bone thickness, the integration of densitometric parameters allows assessment of not only the geometric but also the structural properties of bone, reflecting its mechanical resistance. This approach broadens the anatomical interpretation of risk-prone zones and explains the predominant vulnerability of the first molar region. The combined assessment of bone thickness and density is crucial for optimizing the outcomes of dental and surgical interventions in the region of the maxillary sinus [21]. Our findings support the appropriateness of using high-resolution CT for the preoperative evaluation of anatomical features and bone quality prior to procedures such as sinus lifting or implant placement [22, 23]. The obtained morphometric data allow a more precise characterization of the anatomical relationships between tooth roots and the maxillary sinus, which is of practical importance for clinical intervention planning [24].

However, some studies report inconsistent or weak associations between posterior tooth root proximity to the sinus floor and complication risk. These discrepancies may be attributed to the use of cone-beam CT without calibrated HU values, population heterogeneity, and omission of qualitative bone characteristics. This highlights the need for an integrated approach combining morphometric and densitometric assessment [25, 26].

In addition, consideration of bone density allows prediction of postoperative complications, including

щелепною пазухою, що має практичне значення для клінічного планування втручань [24].

Водночас у літературі наявні дані, що не підтверджують чітку залежність між анатомічною близькістю коренів верхніх бічних зубів до дна пазухи та ризиком ускладнень. Такі розбіжності можуть бути зумовлені використанням конусно-променевої КТ без каліброваних значень HU, відмінностями у вибірках пацієнтів, а також ігноруванням якісних характеристик кісткової тканини. Це підкреслює необхідність комплексного підходу, який поєднує морфометричний та денситометричний аналіз [25, 26].

Додатково, урахування щільності кістки дозволяє прогнозувати післяопераційні ускладнення, зокрема перфорацію слизової або рецидивуючі синусити, що підвищує безпечність втручань. Отримані результати можуть бути використані для визначення показань до кісткової пластики або вибору альтернативних імплантаційних матеріалів у пацієнтів з низькою щільністю кістки.

mucosal perforation or recurrent sinusitis, thereby enhancing the safety of interventions. The obtained results may be used to determine indications for bone grafting or to guide the selection of alternative implant materials in patients with low bone density.

ВИСНОВКИ

Дане дослідження підкреслює ключову роль товщини та щільності кісткової тканини у формуванні анатомічних взаємовідношень між бічною групою зубів верхньої щелепи та верхньощелепною пазухою. Традиційно у клінічній практиці основну увагу приділяли товщині кістки, однак отримані результати показали, що щільність кістки є не менш важливим показником при оцінці структурної цілісності ділянки верхньощелепної пазухи.

Варіабельність обох параметрів (як товщини, так і щільності) істотно впливає на ризик ускладнень, таких як проростання коренів зубів у пазуху, одонтогенний гайморит, а також створює технічні труднощі при встановленні дентальних імплантатів або проведенні синусових операцій.

Отримані результати показали, що зниження щільності кістки, особливо у пацієнтів старшого віку, корелює з вищою ймовірністю ускладнень, що підкреслює необхідність комплексної передопераційної візуалізації та оцінки ризиків. Інтеграція показників товщини та щільності кістки у клінічну діагностику дозволяє лікарям більш точно прогнозувати можливі проблеми, своєчасно планувати профілактичні заходи та індивідуалізувати лікування з метою покращення результатів і безпеки пацієнтів.

У міру поглиблення розуміння цих анатомічних характеристик майбутні дослідження з використанням сучасних методів візуалізації та з урахуванням системних станів і генетичних факторів допоможуть ще більше вдосконалити підхід до планування стоматологічних і синусових втручань. Зрештою, комплексний підхід, який враховує як кількісні, так і якісні характеристики кісткової тканини, забезпечить безпечніше та ефективніше лікування пацієнтів, яким проводяться процедури у ділянці верхньощелепної пазухи.

CONCLUSIONS

This study emphasizes the critical role of bone thickness and density in shaping the anatomical relationships between posterior teeth of the maxilla and the maxillary sinus. Although clinical attention has traditionally focused on bone thickness, our results show that bone density is equally important in assessing structural integrity of the maxillary sinus region.

Variability in both parameters significantly influences the risk of complications such as root protrusion into the sinus and odontogenic sinusitis, and introduces technical challenges during dental implant placement and sinus surgery.

Our findings demonstrate that reduced bone density – especially in older patients–correlates with higher complication rates, highlighting the need for comprehensive preoperative imaging and risk assessment. Integrating bone thickness and density into clinical diagnostics enables more accurate prediction of potential problems, improved preventive measures, and individualized treatment planning.

As understanding of these anatomical characteristics deepens, future studies using modern imaging technologies and considering systemic and genetic influences will further refine surgical and dental intervention strategies. Ultimately, a combined assessment of bone quantity and quality will ensure safer and more effective treatment for patients undergoing procedures in the maxillary sinus region.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Psillas G., Triaridis S., Anagnostopoulos G., Vital I. Odontogenic maxillary sinusitis: a comprehensive review. *Journal of Dental Sciences*. 2021. Vol. 16(1). P. 474–481. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jds.2020.08.001

REFERENCES

1. Psillas G, Triaridis S, Anagnostopoulos G, Vital I. Odontogenic maxillary sinusitis: a comprehensive review. *Journal of Dental Sciences*. 2021;16(1):474–81. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jds.2020.08.001

2. Lin J., Wang C., Wang X., Chen F., Zhang W., Sun H., et al. Expert consensus on odontogenic maxillary sinusitis multi-disciplinary treatment. *International Journal of Oral Science.* 2024. Vol. 16(1). P. 11. DOI: https://doi.org/10.1038/s41368-024-00278-z
3. Martu C., Martu M.A., Maftei G.A., Diaconu-Popa D.A., Radulescu L. Odontogenic sinusitis: from diagnosis to treatment possibilities – a narrative review of recent data. *Diagnostics*. 2022. Vol. 12(7). P. 1600. DOI: https://doi.org/10.3390/diagnostics12071600
4. Lyu M., Xu D., Zhang X., Yuan Q. Maxillary sinus floor augmentation: a review of current evidence on anatomical factors and a decision tree. *International Journal of Oral Science.* 2023. Vol. 15(1). P. 41. DOI: https://doi.org/10.1038/s41368-023-00248-x
5. Themkumkwun S., Kitisubkanchana J., Waikakul A., Boonsiriseth K. Maxillary molar root protrusion into the maxillary sinus: a comparison of cone beam computed tomography and panoramic findings. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* 2019. Vol. 48(12). P. 1570–1576. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijom.2019.06.011
6. Sarilita E., Muhammad R.M., Nugraha H.G., Yusuf H.Y., Takeshita Y., Asaumi J. Anatomical relationship between maxillary posterior teeth and the maxillary sinus in an Indonesian population: a CT scan study. *BMC Oral Health*. 2024. Vol. 24. P. 1014. DOI: https://doi.org/10.1186/s12903-024-04783-9
7. Altaweel A.A., Sowairi S.M., Sapri A.M.S., Saeedi S.A., Alamri A.H., Alnobi A., et al. Assessment of the relationship between maxillary posterior teeth and maxillary sinus using cone-beam computed tomography. *International Journal of Dentistry*. 2022. P. 6254656. DOI: https://doi.org/10.1155/2022/6254656
8. Jouhar R., Alkhames H.M., Ahmed M.A., Almadeh N.M., Faheemuddin M., Umer M.F. CBCT evaluation of periapical pathologies in maxillary posterior teeth and their relationship with maxillary sinus mucosal thickening. *Healthcare*. 2023. Vol. 11(6). P. 787. DOI: https://doi.org/10.3390/healthcare11060787
9. Hsu Y.T., Rosen P.S., Choksi K., Shih M., Ninneman S., Lee C. Complications of sinus floor elevation procedure and management strategies: a systematic review. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2022. Vol. 24(6). P. 740–765. DOI: https://doi.org/10.1111/cid.13086
10. Motiwala M.A., Arif A., Ghafoor R. A CBCT-based evaluation of root proximity of maxillary posterior teeth to sinus floor in a subset of Pakistani population. *Journal of the Pakistan Medical Association*. 2021. Vol. 71(8). P. 1992–1995. DOI: https://doi.org/10.47391/JPMA.462
11. Haghani J., Rad M., Mohseni S., Ebrahimnejad H. Assessment of maxillary sinus floor topography and root position of maxillary third molars using cone beam computed tomography. *Journal of Clinical and Diagnostic Research.* 2023. Vol. 17(5). P. ZC05–ZC09. DOI: https://doi.org/10.7860/JCDR/2023/58879.17265
12. Pei J., Liu J., Chen Y., Liu Y., Liao X., Pan J. Relationship between maxillary posterior molar roots and the maxillary sinus floor: cone-beam computed tomography analysis of a western Chinese population. *Journal of International Medical Research.* 2020. Vol. 48(6). P.300060520926896. DOI:https://doi.org/10.1177/0300060520926896
13. Kilic C., Kamburoglu K., Yuksel S.P., Ozden T. An assessment of the relationship between the maxillary sinus floor and the maxillary posterior teeth root tips using dental cone-beam computerized tomography. *European Journal of Dentistry.* 2020. Vol. 14(4). P. 619–625. DOI: https://doi.org/10.1055/s-0039-1697866
14. Mahasneh S.A., Al-Hadidi A., Hassona Y., Sawair F.A., Al-Nazer S., Bakain Y., et al. Maxillary sinusitis of odontogenic origin: prevalence among 3D imaging – a retrospective study. *Applied Sciences.* 2022. Vol. 12(6). P. 3057. DOI: https://doi.org/10.3390/app12063057
15. Islam M., Alqahtani S., Alhindi N., Aldalqi A., Al-Rejaie M., Alotaibi A., et al. Relationship between maxillary sinus mucosal thickness and periodontal status of maxillary posterior teeth: a CBCT study. *Clinical Oral Investigations*. 2023. Vol. 27(12). P. 7023–7033. DOI: https://doi.org/10.1007/s00784-023-05223-8
16. Talo Yildirim T., Oztekin F., Tozum M.D. Topographic relationship between maxillary sinus and roots of posterior teeth: a cone beam tomographic analysis. *European Oral Research.* 2021. Vol. 55(1). P. 39–44. DOI: https://doi.org/10.26650/eor.20210052
17. Del Fabbro M., Taschieri S., Corbella S. Efficacy of different materials for maxillary sinus floor augmentation with lateral approach: a systematic review. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2025. Vol. 27(3). P. e70053. DOI: https://doi.org/10.1111/cid.70053
18. Martu C., Martu M.A., Maftei G.A., Diaconu-Popa D.A., Radulescu L. Odontogenic sinusitis: from diagnosis to treatment possibilities – a narrative review of recent data. *Diagnostics*. 2022. Vol. 12(7). P. 1600. DOI: https://doi.org/10.3390/diagnostics12071600
19. Lyu M., Xu D., Zhang X., Yuan Q. Maxillary sinus floor augmentation: a review of current evidence on anatomical factors and a decision tree. *International Journal of Oral Science*. 2023. Vol. 15(1). P. 41. DOI: https://doi.org/10.1038/s41368-023-00248-x
20. Kaimal V.G., Patil B. Evaluation of association between maxillary posterior teeth periapical pathologies and maxillary sinus mucosal changes – a cone-beam computed tomography (CBCT) study. *Indian Journal of Radiology and Imaging.* 2023. Vol. 34(2). P. 246–253. DOI: https://doi.org/10.1055/s-0043-1777013

2. Lin J, Wang C, Wang X, Chen F, Zhang W, Sun H, et al. Expert consensus on odontogenic maxillary sinusitis multi-disciplinary treatment. *International Journal of Oral Science.* 2024;16(1):11. DOI: https://doi.org/10.1038/s41368-024-00278-z
3. Martu C, Martu MA, Maftei GA, Diaconu-Popa DA, Radulescu L. Odontogenic sinusitis: from diagnosis to treatment possibilities – a narrative review of recent data. *Diagnostics*. 2022;12(7):1600. DOI: https://doi.org/10.3390/diagnostics12071600
4. Lyu M, Xu D, Zhang X, Yuan Q. Maxillary sinus floor augmentation: a review of current evidence on anatomical factors and a decision tree. *International Journal of Oral Science*. 2023;15(1):41. DOI: https://doi.org/10.1038/s41368-023-00248-x
5. Themkumkwun S, Kitisubkanchana J, Waikakul A, Boonsiriseth K. Maxillary molar root protrusion into the maxillary sinus: a comparison of cone beam computed tomography and panoramic findings. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* 2019;48(12):1570–6. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijom.2019.06.011
6. Sarilita E, Muhammad RM, Nugraha HG, Yusuf HY, Takeshita Y, Asaumi J. Anatomical relationship between maxillary posterior teeth and the maxillary sinus in an Indonesian population: a CT scan study. *BMC Oral Health*. 2024;24:1014. DOI: https://doi.org/10.1186/s12903-024-04783-9
7. Altaweel AA, Sowairi SM, Sapri AMS, Saeedi SA, Alamri AH, Alnobi A, et al. Assessment of the relationship between maxillary posterior teeth and maxillary sinus using cone-beam computed tomography. *International Journal of Dentistry.* 2022;6254656. DOI: https://doi.org/10.1155/2022/6254656
8. Jouhar R, Alkhames HM, Ahmed MA, Almadeh NM, Faheemuddin M, Umer MF. CBCT evaluation of periapical pathologies in maxillary posterior teeth and their relationship with maxillary sinus mucosal thickening. *Healthcare*. 2023;11(6):787. DOI: https://doi.org/10.3390/healthcare11060787
9. Hsu YT, Rosen PS, Choksi K, Shih M, Ninneman S, Lee C. Complications of sinus floor elevation procedure and management strategies: a systematic review. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2022;24(6):740–65. DOI: https://doi.org/10.1111/cid.13086
10. Motiwala MA, Arif A, Ghafoor R. A CBCT-based evaluation of root proximity of maxillary posterior teeth to sinus floor in a subset of Pakistani population. *Journal of the Pakistan Medical Association*. 2021;71(8):1992–5. DOI: https://doi.org/10.47391/JPMA.462
11. Haghani J, Rad M, Mohseni S, Ebrahimnejad H. Assessment of maxillary sinus floor topography and root position of maxillary third molars using cone beam computed tomography. *Journal of Clinical and Diagnostic Research.* 2023;17(5):ZC05–ZC09. DOI: https://doi.org/10.7860/JCDR/2023/58879.17265
12. Pei J, Liu J, Chen Y, Liu Y, Liao X, Pan J. Relationship between maxillary posterior molar roots and the maxillary sinus floor: cone-beam computed tomography analysis of a western Chinese population. *Journal of International Medical Research.* 2020;48(6):300060520926896. DOI: https://doi.org/10.1177/0300060520926896
13. Kilic C, Kamburoglu K, Yuksel SP, Ozden T. An assessment of the relationship between the maxillary sinus floor and the maxillary posterior teeth root tips using dental cone-beam computerized tomography. *European Journal of Dentistry.* 2020;14(4):619–25. DOI: https://doi.org/10.1055/s-0039-1697866
14. Mahasneh SA, Al-Hadidi A, Hassona Y, Sawair FA, Al-Nazer S, Bakain Y, et al. Maxillary sinusitis of odontogenic origin: prevalence among 3D imaging – a retrospective study. *Applied Sciences*. 2022;12(6):3057. DOI: https://doi.org/10.3390/app12063057
15. Islam M, Alqahtani S, Alhindi N, Aldalqi A, Al-Rejaie M, Alotaibi A, et al. Relationship between maxillary sinus mucosal thickness and periodontal status of maxillary posterior teeth: a CBCT study. *Clinical Oral Investigations.* 2023;27(12):7023–33. DOI: https://doi.org/10.1007/s00784-023-05223-8
16. Talo Yildirim T, Oztekin F, Tozum MD. Topographic relationship between maxillary sinus and roots of posterior teeth: a cone beam tomographic analysis. *European Oral Research*. 2021;55(1):39–44. DOI: https://doi.org/10.26650/eor.20210052
17. Del Fabbro M, Taschieri S, Corbella S. Efficacy of different materials for maxillary sinus floor augmentation with lateral approach: a systematic review. *Clinical Implant Dentistry and Related Research.* 2025;27(3):e70053. DOI: https://doi.org/10.1111/cid.70053
18. Martu C, Martu MA, Maftei GA, Diaconu-Popa DA, Radulescu L. Odontogenic sinusitis: from diagnosis to treatment possibilities – a narrative review of recent data. *Diagnostics*. 2022;12(7):1600. DOI: https://doi.org/10.3390/diagnostics12071600
19. Lyu M, Xu D, Zhang X, Yuan Q. Maxillary sinus floor augmentation: a review of current evidence on anatomical factors and a decision tree. *International Journal of Oral Science.* 2023;15(1):41. DOI: https://doi.org/10.1038/s41368-023-00248-x
20. Kaimal VG, Patil B. Evaluation of association between maxillary posterior teeth periapical pathologies and maxillary sinus mucosal changes – a cone-beam computed tomography (CBCT) study. *Indian Journal of Radiology and Imaging.* 2023;34(2):246–53. DOI: https://doi.org/10.1055/s-0043-1777013

21. Regnstrand T., Ezeldeen M., Shujaat S., Ayidh Alqahtani K., Benchimol D., Jacobs R. Three-dimensional quantification of the relationship between the upper first molar and maxillary sinus. *Clinical and Experimental Dental Research*. 2022. Vol. 8(3). P. 750–756. DOI: https://doi.org/10.1002/cre2.561
22. Verma R., Dua N., Gupta R., Jain M., Mridula, Gupta M. Evaluation of maxillary sinus septa using cone beam computed tomography (CBCT): a retrospective study. *Cureus*. 2024. Vol. 16(8). P. e68157. DOI: https://doi.org/10.7759/cureus.68157
23. Jung Y.H., Cho B.H., Hwang J.J. Analysis of the root position and angulation of maxillary premolars in alveolar bone using cone-beam computed tomography. *Imaging Science in Dentistry*. 2022. Vol. 52(4). P. 365–373. DOI: https://doi.org/10.5624/isd.20220710
24. Kilic C., Kamburoglu K., Yuksel S.P., Ozden T. An assessment of the relationship between the maxillary sinus floor and the maxillary posterior teeth root tips using dental cone-beam computerized tomography. *European Journal of Dentistry*. 2020. Vol. 14(4). P. 619–625. DOI: https://doi.org/10.1055/s-0039-1697866
25. Ahmed M., Ikram Y., Qureshi F., Sharjeel M., Khan Z.A., Ataullah K. Assessment of jaw bone density in terms of Hounsfield units using cone beam computed tomography for dental implant treatment planning. *Pakistan Armed Forces Medical Journal*. 2021. Vol. 71(1). P. 221–227. DOI: https://doi.org/10.51253/pafmj.v71i1.3907
26. Mansuy C., Saliba-Serre B., Ruquet M., Raskin A., Hüe O., Silvestri F., et al. Assessment of bone density in edentulous maxillae using cone beam computed tomography (CBCT). *Journal of Stomatology, Oral & Maxillofacial Surgery*. 2024. Vol. 125(5S2). P. 101825. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jormas.2024.101825

21. Regnstrand T, Ezeldeen M, Shujaat S, Ayidh Alqahtani K, Benchimol D, Jacobs R. Three-dimensional quantification of the relationship between the upper first molar and maxillary sinus. *Clinical and Experimental Dental Research.* 2022;8(3):750–6. DOI: https://doi.org/10.1002/cre2.561
22. Verma R, Dua N, Gupta R, Jain M, Mridula, Gupta M. Evaluation of maxillary sinus septa using cone beam computed tomography (CBCT): a retrospective study. *Cureus*. 2024;16(8):e68157. DOI: https://doi.org/10.7759/cureus.68157
23. Jung YH, Cho BH, Hwang JJ. Analysis of the root position and angulation of maxillary premolars in alveolar bone using cone-beam computed tomography. *Imaging Science in Dentistry*. 2022;52(4):365–73. DOI: https://doi.org/10.5624/isd.20220710
24. Kilic C, Kamburoglu K, Yuksel SP, Ozden T. An assessment of the relationship between the maxillary sinus floor and the maxillary posterior teeth root tips using dental cone-beam computerized tomography. *European Journal of Dentistry.* 2020;14(4):619–25. DOI: https://doi.org/10.1055/s-0039-1697866
25. Ahmed M, Ikram Y, Qureshi F, Sharjeel M, Khan ZA, Ataullah K. Assessment of jaw bone density in terms of Hounsfield units using cone beam computed tomography for dental implant treatment planning. *Pakistan Armed Forces Medical Journal.* 2021;71(1):221–7. DOI: https://doi.org/10.51253/pafmj.v71i1.3907
26. Mansuy C, Saliba-Serre B, Ruquet M, Raskin A, Hüe O, Silvestri F, et al. Assessment of bone density in edentulous maxillae using cone beam computed tomography (CBCT). *Journal of Stomatology, Oral & Maxillofacial Surgery.* 2024;125(5S2):101825. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jormas.2024.101825

Обмеження дослідження

Хоча це дослідження надало цінні відомості про роль товщини та щільності кістки у взаємозв'язку між зубами та пазухою, воно має кілька обмежень. Ретроспективний дизайн може зумовлювати селекційне зміщення, а використання КТ, хоча й високоінформативне, не завжди відображає повну тривимірну структуру кісткової тканини. Подальші дослідження із застосуванням конусно-променевої КТ (КПКТ) або 3D-моделювання кістки можуть дати глибше уявлення про взаємозв'язок між коренями зубів, пазухою та якістю кістки. Окрім того, у майбутніх дослідженнях доцільно враховувати системні та генетичні чинники, які можуть зумовлювати індивідуальну варіабельність реакції тканин щелепно-лицевої ділянки. Комплексний підхід дозволить удосконалити прогностичні моделі та зменшити ризик ускладнень під час хірургічних втручань.

Автори свідомо засвідчують, що представлене дослідження має певні обмеження, зумовлені його дизайном і виконанням. Одноцентровий ретроспективний характер вибірки (120 КТ-досліджень, проведених в одній установі) не дає підстав для причинних висновків і зберігає ризик селекційного зміщення, попри використання стандартизованих протоколів. Розмір вибірки та її структура (віковий діапазон 20–75 років, обидві статі) обмежують узагальнення результатів. У роботі не оцінювалися функціональні параметри, зокрема стан слизової оболонки пазухи та періапікальні ураження, що могло вплинути на інтерпретацію анатомічних співвідношень. Подальші дослідження мають бути проспективними, мультицентровими, із більшою кількістю учасників, обґрунтованим розрахунком потужності та зовнішньою валідацією результатів відповідно до принципів Належної клінічної практики (Good Clinical Practice – GCP).

Limitations of the study

Despite providing valuable insights, this study has several limitations. The retrospective design may introduce selection bias, and although CT is highly informative, it may not fully represent the 3D structure of bone. Future studies using cone-beam CT (CBCT) or bone 3D modeling may offer deeper understanding of root–sinus bone interactions.

Additionally, future research should examine the influence of systemic diseases (e.g., osteoporosis), medications, and genetic factors on bone thickness and density in this region. A comprehensive approach may improve predictive models and reduce complications during surgical interventions.

The authors acknowledge that this study has limitations related to its design and implementation. The single-center retrospective design (120 CT scans obtained at one institution) precludes causal inference and carries a risk of selection bias, despite the use of standardized imaging protocols. The sample size and structure (age range 20–75 years, both sexes) limit generalizability. Functional parameters such as sinus mucosal condition or periapical pathology were not systematically assessed, which might influence anatomical interpretation. Future studies should be prospective, multicenter, with larger cohorts, justified power calculation, and external validation in accordance with Good Clinical Practice (GCP) guidelines.

Перспективи подальших досліджень

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розширення вибірки пацієнтів із різних вікових, статевих та етнічних груп для більш точної характеристики морфометричних варіацій верхньощелепної пазухи. Перспективним напрямком є поєднання КТ-даних з клінічними проявами одонтогенного гайморит для створення прогнозних моделей ризику. Доцільно залучити методи машинного навчання та штучного інтелекту для автоматизованого аналізу анатомічних структур і підвищення точності передопераційного планування.

Prospects for further research

Future studies should aim to expand the cohort to include patients of diverse age, sex, and ethnic backgrounds to refine morphometric characterization of the maxillary sinus. A promising direction involves correlating CT-based metrics with clinical manifestations of odontogenic sinusitis to develop predictive risk models. The integration of artificial intelligence and machine learning for automated anatomical analysis may further enhance diagnostic precision and individualized surgical planning.

Конфлікт інтересів / Conflict of interest

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

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

Дотримання етичних норм / Ethics statement

Дослідження проведено відповідно до етичних стандартів Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації (1964 р., з подальшими змінами) та принципів Належної клінічної практики (GCP). Використано ретроспективні КТ-дані без ідентифікації особи пацієнтів. Протокол дослідження схвалено Комісією з питань етики та біоетики медичного факультету Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України (витяг із протоколу № 5 від 8.11.2018 р.).

This study was conducted in accordance with the ethical principles of the World Medical Association Declaration of Helsinki (1964, as amended) and Good Clinical Practice (GCP) guidelines. The research utilized anonymized retrospective CT data. The study protocol was approved by the Ethics and Bioethics Committee of the Medical Faculty of Kharkiv National Medical University (Protocol No. 5, dated 08.11.2018).

Використання штучного інтелекту / Use of generative artificial intelligence

Автори рукопису свідомо засвідчують, що у процесі проведення дослідження та підготовки цього рукопису не використовували жодних інструментів або сервісів генеративного штучного інтелекту для виконання будь-яких завдань, перелічених у Таксономії делегування завдань генеративному штучному інтелекту «GAIDeT» (Generative Artificial Intelligence Delegation Taxonomy, 2025 р.). Усі етапи роботи – від концептуалізації до фінального редагування – виконані без залучення генеративного штучного інтелекту, виключно авторами.

The authors hereby confirm that no generative artificial intelligence tools or services were used at any stage of the research or manuscript preparation to perform any tasks listed in the Generative Artificial Intelligence Delegation Taxonomy (GAIDeT, 2025). All stages of the work – from conceptualization to final editing – were carried out exclusively by the authors without the involvement of generative artificial intelligence.

Первинні дані та матеріали / Data availability statement

У роботі використано результати власного ретроспективного аналізу спіральних КТ-досліджень пацієнтів. Первинні дані зберігаються в архіві дослідницької групи та можуть бути надані за обґрунтованим запитом до автора-кореспондента з урахуванням етичних і правових норм.

The study used data from the authors' own retrospective analysis of spiral CT examinations. Primary datasets are stored in the research group archive and are available from the corresponding author upon reasonable request, subject to ethical and legal restrictions.

Інформація про фінансування / Funding information

У процесі написання цієї статті не використовувалися будь-які сторонні джерела фінансування.

No external sources of funding were used in the preparation of this article.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

Бур'ян Олександр Васильович – кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри онкології Комунального некомерційного підприємства «Обласний центр онкології»; вул. Лісопарківська, буд. 4, м. Харків, Україна, 61070;
e-mail: burianoleksandr@gmail.com
моб.: +38 (099) 017-01-47
Внесок автора: *формулювання мети роботи, проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих даних та їх статистична обробка.*

Burian Oleksandr Vasylovych – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Oncology of the Municipal Non-Commercial Enterprise «Regional Oncology Center»; 4 Lisoparkivska Str., Kharkiv, Ukraine, 61070;
e-mail: burianoleksandr@gmail.com
mob.: +38 (099) 017-01-47
Author contribution: *formulation of the study aim, conducting experimental research, analysis of the obtained data, and statistical processing.*

Кудрявцева Тетяна Олексіївна – кандидат педагогічних наук, завідувачка кафедри фундаментальних загальнонаукових дисциплін Приватного вищого навчального закладу «Харківський міжнародний медичний університет»; вул. Молочна, буд. 38, м. Харків, Україна, 61001;
e-mail: kudriavtseva.to@gmail.com
моб.: +38 (066) 732-51-88
Внесок автора: *підбір літературних джерел за темою роботи, участь у проведенні досліджень, написання тексту статті, формулювання висновків.*

Гарбар Катерина Борисівна – кандидат медичних наук, доцент кафедри професіно-орієнтованих дисциплін Приватного вищого навчального закладу «Харківський міжнародний медичний університет»; вул. Молочна, буд. 38, м. Харків, Україна, 61001;
e-mail: harbarekateryna@gmail.com
моб.: +38 (067) 736-14-55.
Внесок автора: *концепція та дизайн дослідження, збір даних, аналіз та інтерпретація даних.*

Остапчук Катерина Володимирівна – кандидат медичних наук, старший викладач кафедри загальної і клінічної фармакології та фармакогнозії Одеського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України; пров. Валіховський, буд. 2, м. Одеса, Україна, 65000;
e-mail: ostapchukkv30@gmail.com
моб.: +38 (096) 583-60-79
Внесок автора: *написання статті, редагування статті, остаточне затвердження статті.*

Алєксєєва Вікторія Вікторівна – доктор філософії в галузі охорони здоров'я за спеціальністю «Медицина», асистент кафедри оториноларингології Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України; просп. Науки, буд. 4, м. Харків, Україна, 61000;
e-mail: viktoriia.alieksieieva1111@gmail.com
моб.: +38 (98) 258-90-78
Внесок автора: *формулювання мети роботи, аналіз отриманих даних та їхня статистична обробка.*

Целух Віктор Анатолійович – асистент кафедри гістології, цитології, ембріології та патологічної морфології з курсом судової медицини Одеського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України; пров. Валіховський, буд. 2, м. Одеса, Україна, 65000;
e-mail: viktor.celux@onmedu.edu.ua
моб.: +38 (73) 473-49-25
Внесок автора: *формулювання мети роботи, написання статті, аналіз отриманих даних та їхня статистична обробка.*

Kudriavtseva Tetiana Oleksiivna – Candidate of Pedagogical Sciences, Head of the Department of Fundamental General Scientific Disciplines of the Private Institution of Higher Education «Kharkiv International Medical University»; 38 Molochna Str., Kharkiv, Ukraine, 61001;
e-mail: kudriavtseva.to@gmail.com
mob. +38 (066) 732-51-88
Author contribution: *selection of literature sources on the topic, participation in conducting the research, writing the manuscript, formulation of conclusions.*

Harbar Kateryna Borysivna – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Profession-Oriented Disciplines of the Private Institution of Higher Education «Kharkiv International Medical University»; 38 Molochna Str., Kharkiv, Ukraine, 61001;
e-mail: harbarekateryna@gmail.com
mob.: +38 (067) 736-14-55
Author contribution: *study concept and design, data collection, data analysis, and interpretation.*

Ostapchuk Kateryna Volodymyrivna – Candidate of Medical Sciences, Senior Lecturer of the Department of General and Clinical Pharmacology and Pharmacognosy of the Odesa National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine; 2 Valikhovsky Lane, Odesa, Ukraine, 65000;
e-mail: ostapchukkv30@gmail.com
mob.: +38 (096) 583-60-79
Author contribution: *manuscript writing, manuscript editing, final approval of the article.*

Alieksieieva Viktoriia Viktorivna – Doctor of Philosophy in Health Care in Specialty «Medicine», Assistant Professor of the Department of Otorhinolaryngology of the Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine; 4 Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61000;
e-mail: viktoriia.alieksieieva1111@gmail.com
mob.: +38 (098) 258-90-78
Author contribution: *formulation of the study aim, analysis of the obtained data and their statistical processing.*

Tselukh Viktor Anatoliiovych – Assistant Professor of the Department of Histology, Cytology, Embryology and Pathological Morphology with a Course of Forensic Medicine of the Odesa National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine; 2 Valikhovsky Lane, Odesa, Ukraine, 65000;
e-mail: viktor.celux@onmedu.edu.ua
mob.: +38 (073) 473-49-25
Author contribution: *formulation of the study aim, manuscript writing, analysis of the obtained data and their statistical processing.*

Рукопис надійшов *Manuscript was received* 26.09.2025	Отримано після рецензування *Received after review* 22.11.2025	Прийнято до друку *Accepted for printing* 22.12.2025	Опубліковано *Published* 30.12.2025