

*Я.В. ШКОРБОТУН<sup>1,2</sup>, М.А. СКОРИК<sup>3</sup>*

## **ОСОБЛИВОСТІ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ГРИБКОВИХ ТІЛ НАВКОЛОНОСОВИХ СИНУСІВ**

*<sup>1</sup>Національна медична академія післядипломної освіти  
імені П.Л. Шупика МОЗ України;*

*<sup>2</sup>Державна наукова установа “Науково-практичний центр профілактичної  
та клінічної медицини” Державного управління справами;*

*<sup>3</sup>Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України*

### ***Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами***

Наукову роботу проведено в рамках НДР “Удосконалення методів діагностики та лікування пацієнтів з окремими запальними та онкологічними захворюваннями вуха, носа та горла” (№ державної реєстрації 0117U006094) та НДР “Оптимізація надання спеціалізованої та високоспеціалізованої медичної допомоги хірургічного профілю на принципах “хірургії швидкого шляху” при окремих захворюваннях щитоподібної та прищитоподібних залоз, носоглотки, внутрішніх і репродуктивних органів, черевної стінки, судин і суглобів, зокрема з використанням атомно-силової мікроскопії та із застосуванням методу преламінації для обробки імплантатів” (№ державної реєстрації 0119U001046).

Грибкова мікрофлора є однією із поширених причин хронічних синуситів [1], причому частка синуситів грибкової етіології в останні десятиріччя має тенденцію до зростання [2, 3]. Встановлено, що грибкова природа запального процесу в синусах виявляється у близько 10% пацієнтів, яким показано хірургічне втручання з приводу патології носової порожнини та навколоносових синусів. Окрім того, у 11,8-28,5% осіб з верхньощелепними синуситами відмічається грибкова або ж змішана (грибково-бактеріальна) природа процесу [4, 5].

На даний час в доступній літературі є значна кількість наукових робіт, присвячених етіопатогенезу грибкового синуситу і

механізмам формування грибкового тіла, але дослідження з вивчення їх хімічного складу обмежуються окремими елементами.

Так, відомо, що у грибкових тілах відмічається підвищений вміст Zn у поєднанні з іншими елементами [6, 7], особливо у рентгенконтрастних ділянках. Про зв'язок між наявністю цинковмісних матеріалів у просвіті синусу та формуванням грибкових тіл відмічається у багатьох наукових роботах [8, 9], проте остаточно роль цинку в патогенезі формування грибкового тіла не встановлено. Зокрема, дискутується походження ділянок із підвищеною променевою щільністю в складі грибкового тіла, основними є версії одонтогенного походження (ретгенконтрастний ендодонтичний матеріал) [6]; абсорбції цинку із ферментів групи металопротеїназ [10]; формування осифікатів [11]. Розуміння хімічного складу грибкових тіл дозволить краще уявити патогенез запального процесу при грибковому риносинуситі.

Зважаючи на вищевказане представляють науковий інтерес подальші дослідження з метою уточнення походження ділянок із підвищеною променевою щільністю в просвіті синусів, зокрема, при наявності там грибкового тіла, а також зв'язок з наявністю окремих хімічних елементів у їх складі, зокрема, цинку.

**Мета дослідження:** уточнення хімічного складу ділянок грибкових тіл одонтогенного та неодонтогенного походження.

### Матеріали і методи дослідження

З метою уточнення походження ділянок грибкових тіл, що мають найбільшу рентгенологічну щільність, нами проведено дослідження методом електронної мікроскопії 32 зразків матеріалу, видаленого з навколоносових синусів у пацієнтів при грибкових риносинусита, а також 7 видів лікарських засобів, що найбільш часто використовуються для ендодонтичного лікування та фіксації коронок і, відповідно, є найбільш імовірними варіантами сторонніх тіл одонтогенного походження у верхньощелепному синусі.

Всі пацієнти, матеріали яких досліджувались, проходили хірургічне лікування в Державній науковій установі “Науково-практичний центр профілактичної та клінічної медицини” Державного управління справами.

Із 32 зразків грибкових тіл, що були видалені з синусів, 22 зразки видалили у

осіб з імовірною ятрогенною одонтогенною причиною патології (ендодонтичне лікування зубів верхньої щелепи в анамнезі) (1-а група) та 10 – із виключенням ятрогенного одонтогенного фактору (5 – з верхньощелепного синусу (2-а група) та 5 – зі сфеноїдального (3-я група). Критерієм виключення пацієнтів з 2-ї групи були неповний зубний ряд в ділянці дослідження (вражений грибковим процесом синус) та наявність ознак ендодонтичного лікування.

У грибкових тілах в кожній групі виділялись фрагменти з променевою щільністю на базовому рівні (фон) а також такі, які знаходились в ділянках підвищеної променевої щільності. Значення показників променевої щільності на рівні фону та в ділянках підвищеного “свічення” за даними комп’ютерної томографії в групах порівняння представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Показники променевої щільності грибкового тіла в синусах із імовірно одонтогенним та неодонтогенним походженням запального процесу

Показник	Рівень променевої щільності у різних ділянках грибкових тіл в групах пацієнтів НУ (M±m)			Достовірність відмінностей
	1-а група (n=22)	2-а група (n=5)	3-я група (n=5)	
Фоновий рівень променевої щільності	51,5±1,8	55,0±3,2	50,1±4,0	P1-2>0,05; P1-3>0,05; P2-3>0,05;
Показник променевої щільності в ділянці з максимальним його рівнем	1173,6±257,9	283,2±21,8	262,6±35,8	P1-2≤0,05; P1-3≤0,05; P2-3>0,05;
Достовірність відмінностей	p≤0,05	p≤0,05	p≤0,05	

Примітка: НУ – Hounsfield unit.

Для виділення фрагментів із підвищеною променевою щільністю нами була розроблена методика, яка полягала у виконанні кількаразової рентгенографії матеріалу із розділенням після кожного дослідження найбільш рентгенконтрастних ділянок на менші фракції. Процедура повторювалась до отримання фрагментів діаметром до 2 мм (зручний розмір для виконання електронної мікроскопії).

Дослідження мікроелементного складу матеріалів для ендодонтичного ліку-

вання розширюють раніш проведені нами дослідження, які мали на меті отримати загальне уявлення про особливості хімічного складу стоматологічних матеріалів, що можуть найбільш імовірно входити до складу одонтогенних ятрогенних сторонніх тіл. Такий підхід забезпечує можливість порівняння в якості контролю їх складу із таким у фрагментах верхньощелепового синуса, що потенційно можуть мати одонтогенну природу [12]. Стоматологічні матеріали, хімічний склад яких вивчався, були

наступними: оксид цинкова суміш, резорцин-формалінова суміш, гутаперча, матеріал на основі епоксидної соли та матеріал на основі МТА (мінерального триоксид агрегату), цинк-фосфатний та склоіономерний цемент.

Під час виконання електронної мікроскопії виконувався візуальний аналіз структури зразків та порівняння їх мікроелементного складу. Дослідження проводилось за допомогою растрового електронного мікроскопа (SEM) "Mira 3 LMU" ("Tescan", Чехія) з максимальною роздільною здатністю 1 нм і максимальним збільшенням 1 000 000. Елементний склад локальної ділянки визначався за допомогою енергодисперсійного спектрометра "X-max 80 mm<sup>2</sup>" ("Oxford Instruments", Великобританія).

Статистична обробка отриманих результатів здійснювалась за допомогою пакету аналізу статистичних даних SPSS

(Statistical Package for the Social Sciences). Отримані дані опрацьовувались методами варіаційної статистики з розрахунком статистичної значимості (достовірності) відмінностей між групами контролю і групами дослідження. З цією метою використовувались методи параметричного (t критерій Стюдента), та непараметричного статистичного аналізу (критерій  $\chi^2$ ) [13].

### **Отримані результати та їх обговорення**

Вивчено візуальні особливості та мікроелементний склад шести найбільш поширених матеріалів, які потенційно можуть бути в ролі рентгенконтрастних ятрогенних одонтогенних сторонніх тіл верхньощелепного синуса.

В табл. 2 представлено дані про хімічний склад стоматологічних матеріалів, що досліджувались.

Таблиця 2

Елементний склад досліджених матеріалів, що застосовуються для ендодонтичного лікування

Хімічні елементи	Масова частка хімічних елементів у різних стоматологічних матеріалах%, (M±m)						
	цинку оксид	резорцин-формалінова альдегідна паста	гутаперча	ендодонтичний матеріал на основі ЕС	ендодонтичний матеріал на основі МТА	цинк-фосфатний цемент	склоіономерний цемент
C		12,4±1,95	8,86±0,72	24,69±4,86	22,82±4,13	7,26±0,36	39,10±5,59
O	14,49±0,05	14,42±1,64	18,98±1,47	7,4±3,34	15,67±1,66	42,2±3,17	25,70±1,28
S		9,89±0,43	9,28±1,91			0,01±0,07	
Zn	85,51±0,05	8,14±1,72	20,92±7,78	1,5±0,67	0,71±0,42	39,01±5,57	9,24±1,86
Ba		54,27±3,12	40,37±5,58				
Ti				4,40±1,97	380±3,32		
Si				22,47±6,62	1,16±0,47		5,31±0,79
Ca				20,34±2,02	6,98±5,5		5,41±1,01
Zr				19,15±2,17	48,33±8,68		
P						8,49±2,29	1,06±0,21
Mg						2,12±0,24	
Інші		0,86±0,94				0,92±0,27	14,21±2,0
Всього	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

З даних, наведених в табл. 2, видно, що у всіх видах лікарських засобів, що застосовуються для ендодонтичного лікування та можуть потенційно зустрічатись у складі одонтогенних сторонніх тіл в просвіті верхньощелепового синусу, присутній Zn. Його масова частка відрізнялась в залежності від матеріалу, і складала від  $0,71 \pm 0,42\%$  у складі матеріалу на основі МТА до  $85,51 \pm 0,05\%$  – у складі цинку оксиду.

Також підтверджено наявність у складі стоматологічних матеріалів маркерних хімічних елементів, які забезпечують рентгенкон-

трастність, а отже – зручність контролю їх розміщення в товщі зубу (Ba, Zr, W, Co, Ti).

Крім традиційних ендодонтичних матеріалів, нами було проведено дослідження хімічного складу деяких стоматологічних цементів, які найбільш часто застосовуються. На рис. 1 та 2 представлено мікроструктуру цинк-фосфатного та склоіономерного цементів, які не є ендодонтичними матеріалами, проте використовуються для фіксації пломб, коронок, а отже також можуть бути виявлені в складі сторонніх тіл у просвіті верхньощелепового синусу.

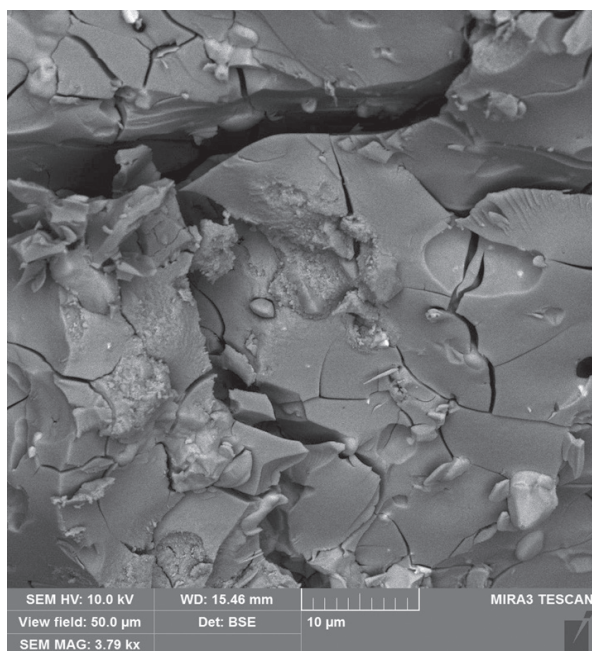


Рис. 1. Фрагмент стоматологічного матеріалу (цинк-фосфатний цемент) з наявністю рідких включень у вигляді кристалів у товщі зразку. Електронна мікроскопія, збільш. зразків  $\times 3790$ , масштабна мітка – 10 мкм.

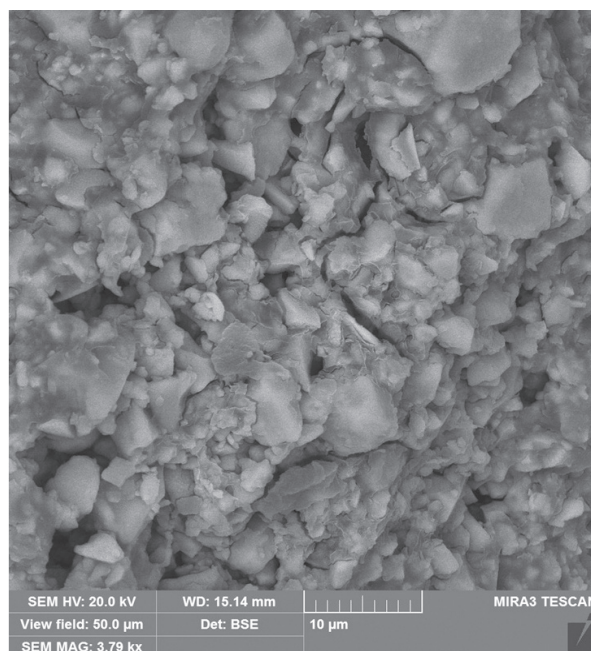


Рис. 2. Фрагмент стоматологічного матеріалу (скло-іономерний цемент) – рівномірна суміш кристалів різного виду на базі пластичної основи. Електронна мікроскопія, збільш. зразків  $\times 3790$ , масштабна мітка – 10 мкм.

Особливостями більшості досліджених стоматологічних матеріалів, за даними електронної мікроскопії, були однорідність структури та наявність кристалічних включень на фоні пластичної основи. Лише цинку оксид був представлений рівномірною сумішшю кристалів.

При аналізі структури фрагментів грибоквих тіл із ділянок з фоновим рівнем променевої щільності (підгрупа “база”) у

пацієнтів всіх трьох груп відмічалась її гомогенність, відсутність значимих кристалічних включень у всіх трьох групах пацієнтів, що збігається з даними, отриманими нами у попередніх дослідженнях для зразків з верхньощелепового синусу [12]. Виявлені особливості, очевидно, визначаються властивостями міцелію гриба і не залежать від впливу одонтогенного фактору на його розвиток та локалізації синусу, адже і у верхньощелеп-

ному і сфеноїдальному синусі пацієнтів 1-ї та 3-ї груп мікроструктура грибового тіла у ділянках з базовим рівнем променевої щільності не відрізняється.

На відміну від описаних вище ділянок, у фрагментах гриба з підвищеною променевою щільністю відмічалась чітка відмінність будови з наявністю значної кількості кристалічних включень у осіб зі встановленим одонтогенним фактором (1-а група) і практично відсутністю кристалів у структурі матеріалу у осіб 2-ї та 3-ї груп. Причому отримані мікрофото зразків у осіб останніх двох груп (неодонтогенні грибові тіла верх-

ньощелепного та сфеноїдального синусів) були досить схожі на такі в ділянках з фоновною променевою щільністю (контроль) у всіх трьох групах.

У двох пацієнтів 1-ї групи відмічалась наявність вмісту кальцію при відсутності “маркерних” хімічних елементів, характерних для одонтогенних грибових тіл. Очевидно у даних двох пацієнтів питання одонтогенного походження грибового тіла викликає сумнів, так як незважаючи на ознаки проведеного раніше ендодонтичного лікування, даних за потрапляння стоматологічного матеріалу в просвіт синусу не знайдено.

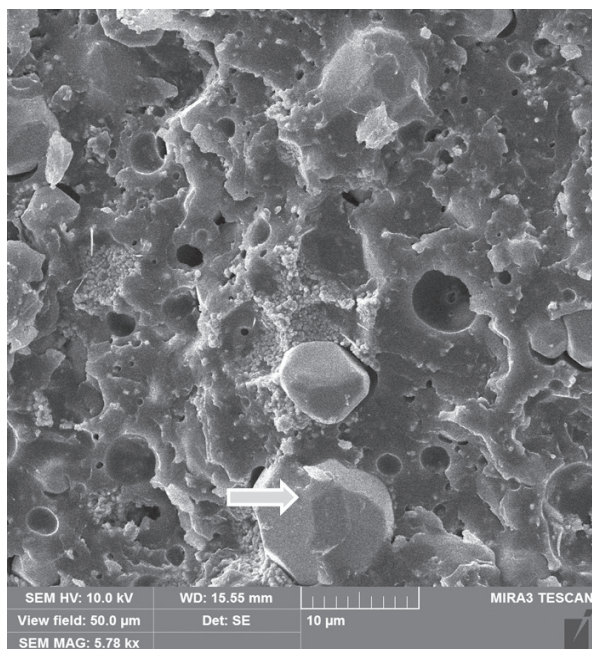


Рис. 3. Фрагмент грибового тіла з наявністю включень у вигляді нерівномірно розподілених кристалів у товщі зразка, подібних до таких, що виявлялись у досліджуваних матеріалах для ендодонтичного лікування (вказано стрілкою). Електронна мікроскопія, збільш. зразків x5760, масштабна мітка – 10 мкм..

На рис. 3 представлено фрагмент грибового тіла верхньощелепного синусу з імовірно одонтогенним походженням. На рис. 4 представлено фрагмент грибового тіла верхньощелепного синусу неодонтогенного походження.

За елементним складом у зразках грибових тіл пацієнтів всіх груп переважаюча масова частка була представлена вуглецем,

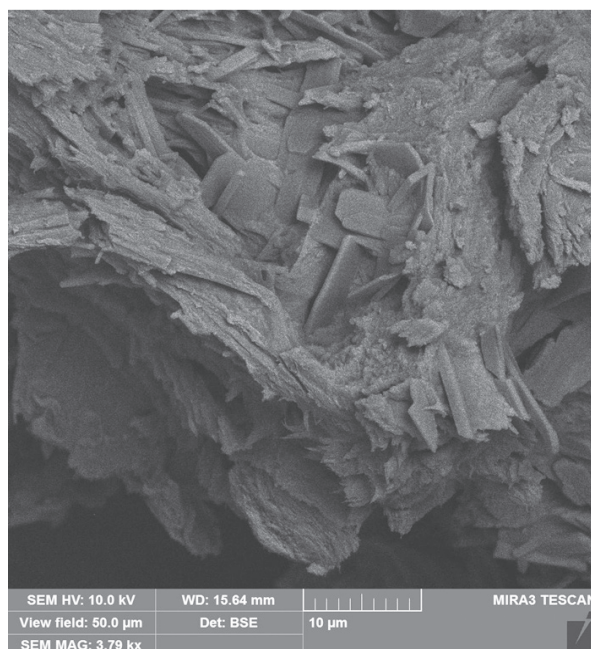


Рис. 4. Фрагмент грибового тіла сфеноїдального синусу у вигляді однорідної маси без ознак кристалічних включень. Електронна мікроскопія, збільш. зразків x3790, масштабна мітка – 10 мкм.

киснем та азотом (C, O, N), що характерно для матеріалів органічного походження [14].

При аналізі зразків грибових тіл з ділянок з підвищеною променевою щільністю встановлено, що у 10 зразках (45,45%) 1-ї групи виявляється значимий вміст цинку (усереднена масова частка –  $23,71 \pm 4,45\%$ , діапазон значень – від 6,67% до 43,59%). Крім того, у вказаній групі також виявля-

лись інші хімічні елементи, які входять до складу пломбувальних матеріалів у якості рентгенологічної мітки. Зокрема, барій (Ba) виявлявся у 68,1% зразків (з усередненою масовою часткою –  $34,76 \pm 1,76\%$ ). Вміст кальцію виявлено у 40,9% зразків на рівні  $3,8 \pm 1,33\%$ .

В зразках 1-ї групи в ділянках з фоновим рівнем променевої щільності цинк був виявлений лише у одному випадку з масовою часткою на рівні 1,01%, а кальцій – у 8 (36,4%) зразках ( $1,32 \pm 0,21\%$ ). Барій та інші маркерні матеріали не виявлені.

Хімічний склад ділянок грибкових тіл із підвищеною променевою щільністю у осіб із виключеним одонтогенним фактором (2-а та 3-я групи) був схожим і характеризувався наявністю підвищеного вмісту кальцію, в порівнянні з ділянками фонові рентгенологічної щільності. Так, рівень масової частки кальцію із ділянок з підвищеним рівнем променевої щільності, виявлений у осіб 2-ї групи, складав  $24,38 \pm 6,22$ ; 3-ї групи –  $22,04 \pm 5,72$  (фоновий рівень: контроль 2 –  $1,26 \pm 0,33\%$ ; контроль 3 –  $0,90 \pm 0,34\%$ ). Цинк та хімічні елементи – маркери стоматологічних матеріалів у 2-й та 3-й групах не виявлялись.

Отримані дані про виявлення цинку в складі грибкових тіл підтверджують попередньо опубліковані результати інших авторів [6, 7], зокрема, P. Nicolai та співавторів (2015), які пов'язують вміст цинку в грибкових тілах саме із раніше проведеним ендодонтичним лікуванням з потраплянням стоматологічних матеріалів в просвіт синусу. Це може розцінюватись як маркер потрапляння одного із стоматологічних матеріалів в просвіт синусу при стоматологічних маніпуляціях, адже вказаний елемент входить до складу переважаючої більшості лікарських засобів для стоматологічного лікування. Проте, як бачимо із наших даних, цей хімічний елемент зустрічається далеко не у всіх пацієнтів навіть із підтвердженим одонтогенним фактором. Отже абсолютизувати його значення буде перебільшенням і цей факт слід розцінювати, як додатковий критерій підтвердження одонтогенного походження грибкового тіла.

Крім того, як вже згадувалось вище, є версія про походження Zn в складі гриб-

кових тіл внаслідок абсорбції із складу ферментів матриксних металопротеїназ та трансаміназ [15], яка також є цікавою, адже відомо, що останні є маркером запальних процесів і при тривалому їх перебігу не виключено накопичення значної їх кількості. До складу різних металопротеїназ цинк входить як структурний елемент, а кальцій – як регулятор активності ферменту [16, 17].

Одонтогенні процеси, як відомо, завжди супроводжуються на первинному етапі запалення внаслідок процесу в ділянці верхівки зуба, що підтверджено, зокрема, для кіст верхньощелепних синусів [18]. І одним з ферментів – регуляторів перебігу даного запалення є металопротеїнази, в як вже відмічалось, у роботі яких важливе значення відіграють такі хімічні елементи, як Zn та Ca.

В даних, отриманих в результаті проведеного нами дослідження, у складі ділянок з підвищеною променевою щільністю грибкових тіл одонтогенного генезу відмічається цинк – в 45,45% досліджень та кальцій – у 40,1%. Тоді як у групах із неодонтогенною природою грибкового тіла верхньощелепного та сфеноїдального синусу у більшості зразків виявлявся значимий вміст кальцію, при цьому цинк не виявлений у жодному зразку з 2-ї та 3-ї груп. Одночасне виявлення цинку та кальцію в складі грибкового тіла з імовірною одонтогенною природою відмічалось лише у 4 (18,2%) досліджених зразках. А отже очевидно, що походження вищевказаних елементів є різним і не може бути лише наслідком абсорбції зі складу металопротеїназ або ж інших ферментів ротової порожнини при їх розпаді, де вони зустрічаються одночасно.

Узагальнюючи вищевказане, можна зробити висновок про те, що променева щільність грибкових тіл зумовлена не якимось одним видом щільного матеріалу, а різними хімічними сполуками, до складу яких, зокрема, можуть входити цинк, кальцій, барій та інші хімічні елементи.

Серед грибкових тіл з імовірним одонтогенним фактором такий хімічний елемент, як цинк, виявлявся менш ніж у половині зразків. А отже стверджувати значимість його наявності у складі грибкових тіл і у патогенезі їх розвитку є певною мірою

перебільшенням. Швидше за все відповідає дійсності версія про здатність грибкових тіл накопичувати (абсорбувати) певні хімічні елементи (зокрема, цинк, кальцій, барій та інші маркери стоматологічних матеріалів, а також солі важких металів) [19, 20]. Вміст кальцію в грибкових тілах, особливо неодонтогенного генезу, можна спробувати пояснити процесами остеїту кісткових стінок синусу, які відмічаються у близько 80 % пацієнтів із грибковими тілами. В процесі остеїту постійно відбувається ремоделювання кістки, а отже – вивільнення та повторне зв'язування кальцію зі структурних елементів кістки, як досить значиме джерело вказаного хімічного елемента в місці запального процесу. Тоді як для регуляції роботи ферментів і матричних металопротеїназ, зокрема, кількість речовини хімічних елементів-регуляторів, що потрібні, є відносно невеликою в порівнянні із тою, що вивільняється при остеолізісі.

### **Висновки**

Всі обстежені нами стоматологічні матеріали, які зумовлюють підвищену рентгенологічну щільність тканини грибкового тіла, містять у своєму складі Zn, а також хімічні елементи, не характерні для тканин біологічного походження (Ba, Zr, W, Co, Ti), які можна використовувати як маркер ятрогенного походження рентгенконтрастних ділянок грибкових тіл.

Підвищений вміст Zn та Ca виявлявся у 45,45% та 40,9% зразків грибкових тіл одонтогенного походження, відповідно, а Ca – практично у всіх зразках грибкових тіл неодонтогенного походження незалежно від локалізації синусу (верхньощелепний чи сфеноїдальний), що найбільш вірогідно пояснюється абсорбцією вказаних хімічних елементів із оточуючих грибкове тіло тканин, як основний механізм їх накопичення у концентраціях, що спричиняють формування ділянок підвищеної променевої щільності.

### **Література**

1. Sharif MS, Ali S, Nisar H. Frequency of Granulomatous Invasive Fungal Sinusitis in Patients with Clinical Suspicion of Chronic Fungal Rhinosinusitis. *Cureus*. 2019;11(5):e4757. Published 2019 May 25. doi:10.7759/cureus.4757.
2. Fanucci E, Nezzo M, Neroni L, Montesani L Jr, Ottria L, Gargari M. Diagnosis and treatment of paranasal sinus fungus ball of odontogenic origin: case report. *Oral Implantol (Rome)*. 2014 Apr 4;6(3):63-6.
3. Yoon YH, Xu J, Park SK, Heo JH, Kim YM, Rha K-S. A retrospective analysis of 538 sinonasal fungus ball cases treated at a single tertiary medical center in Korea (1996-2015). *International Forum of Allergy & Rhinology*. 2017 Nov;7(11):1070-1075. DOI: 10.1002/alr.22007.
4. Salamah MA, Alsarraj M, Alsolami N, Hanbazazah K, Alharbi AM, Khalifah W Sr. Clinical, Radiological, and Histopathological Patterns of Allergic Fungal Sinusitis: A Single-Center Retrospective Study. *Cureus*, 2020;12(7), e9233. doi.org/10.7759/cureus.9233.
5. Grosjean P, Weber R. Fungus balls of the paranasal sinuses: a review. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2007 May;264(5):461-70. doi: 10.1007/s00405-007-0281-5.
6. Nicolai P, Mensi M, Marsili F, Piccioni M, Salgarello S, Gilberti E, et al. Maxillary fungus ball: zinc-oxide endodontic materials as a risk factor. *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 2015 Apr;35(2):93-6.
7. Jiang Z, Zhang K, Huang W, Yuan Q. A Preliminary Study on Sinus Fungus Ball with Micro CT and X-Ray Fluorescence Technique. *PLoS ONE*. 2016;11(3):e0148515. doi:10.1371/journal.pone.0148515.
8. Montone KT. Pathology of Fungal Rhinosinusitis: A Review. *Head and neck pathology*. 2016;10(1), 40-6. doi: 10.1007/s12105-016-0690-0.
9. Chakrabarti A, Denning DW, Ferguson BJ, Ponikau J, Buzina W, Kita H, et al. Fungal rhinosinusitis: a categorization and definitional schema addressing current controversies. *Laryngoscope*. 2009 Sep;119(9):1809-18. doi: 10.1002/lary.20520.
10. Mitin Yu, Krynychko L, Liventsov V, Aksionova N, Krynychko F, Motailo O. [Micotoma vs Aspergillus – who digs a pit for others may fall himself there in.] *Suchasna stomatolohiya*. 2015;(1):59-61. [Article in Russian]. Available from: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ss\\_2015\\_1\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ss_2015_1_14).
11. Yamauchi T, Tani A, Yokoyama Sh, Ogawa H. Assessment of noninvasive chronic fungal rhinosi-

- nusitis by cone beam CT: comparison with multi-detector CT findings. Fukushima J Med Sci. 2017 Aug 9;63(2):100-105. doi: 10.5387/fms.2016-16.
12. Shkorbotun YaV, Skoryk MA. Features of diagnostics of fungal ball of paranasal sinuses of iatrogenic genesis. Otorhinolaryngology. 2020;(5-6):4-11. DOI 10.37219/2528-8253-2020-6-04.
  13. Grjibovski AM, Ivanov SV, Gorbatova MA. [Descriptive statistics using statistica and spss software]. Science&Healthcare. 2016; 1: [Article in Russian]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opisatel'naya-statistika-s-ispolzovaniem-paketov-statisticheskikh-programm-statistika-i-spss>.
  14. Churin BV. [Biologically active chemical elements in mammalian metabolism]. Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy. 2017;(8-2):237-42. doi:10.17513/mjpf.11792. Available from: <http://www.applied-research.ru/ru/article/view?id=11792>. [Article in Russian].
  15. Dindo M, Costanzi E, Pieroni M, Costantini C, Annunziato G, Bruno A, et al. Biochemical Characterization of Aspergillus fumigatus AroH, a Putative Aromatic Amino Acid Aminotransferase. Front. Mol. Biosci. 2018;5:104. doi: 10.3389/fmolb.2018.00104.
  16. Todoriko LD, Shevchenko OS, Ovcharenko IA. [Morphological mechanisms of destruction of the connective tissue of the lungs in tuberculosis]. Infusion&Chemotherapy 2019;2:14-20. DOI: 10.32902/2663-0338-2019-2-14-20. [Article in Ukrainian].
  17. Kuzyk YuI. [Use of matrix metalloproteinase-9 (MMP-9) and its tissue inhibitor (TIMP-1) in the pathomorphological diagnosis of carotid pathology: literature review and own observations]. Patologiya. 2016;1(36):37-44. DOI: 10.14739/2310-1237.2016.1.71935. [Article in Russian].
  18. Naumenko AM, Krynychko LR, Rezmak M. Treatment of patients with the cycle of the supermental arm of the ontogenic genesis. Ukrainian scientific medical youth journal. 2019;1(109):18-24. doi.org/10.32345/USMYJ.1(109).2019.18-24.
  19. Cui H, Liu X, Li K, Cao T-T, Cui C, Wang J-Y. Mechanism of Hg (II), Cd (II) and Pb (II) ions sorption from aqueous solutions by Aspergillus niger spores. Separation Science and Technology. 2020;55(5):1-12. <https://doi.org/10.1080/01496395.2019.1576733>.
  20. Xue WN, Peng YB. Study on Environmental Materials with Aspergillusniger as Adsorbent for Sequestering Pb (II) from Aqueous Solution. AMR 2013;676:119-23. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.676.119>.

Надійшла до редакції 11.01.2021

© Я.В. Шкорботун, М.А. Скорик, 2021

## ОСОБЛИВОСТІ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ГРИБКОВИХ ТІЛ НАВКОЛОНОСОВИХ СИНУСІВ

<sup>1,2</sup>Шкорботун ЯВ, <sup>3</sup>Скорик МА

<sup>1</sup>Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л. Шупика МОЗ України;

<sup>2</sup>Державна наукова установа "Науково-практичний центр профілактичної та клінічної медицини" Державного управління справами, email: [lorkiev@ukr.net](mailto:lorkiev@ukr.net);

<sup>3</sup>Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, email: [mykolaskor@gmail.com](mailto:mykolaskor@gmail.com)

### А н о т а ц і я

**Вступ:** Значення грибкової мікрофлори в розвитку хронічних риносинуситів має тенденцію до зростання.

**Мета дослідження:** Для визначення зв'язку грибкових синуситів із попереднім ендодонтичним лікуванням нами проведено вивчення хімічного складу ділянок грибкових тіл одонтогенного та неодонтогенного походження.

**Методи і матеріали:** Досліджено методом електронної мікроскопії та маспектрометрії 7 видів найбільш поширених стоматологічних ендодонтичних матеріалів та 32 грибкових тіл, видалених із навколоносових синусів у пацієнтів: 22 були з верхньощелепного синусу у осіб з імовірною одонтогенною причиною захворювання (1-а група), та 10 – з виключенням одонтогенного фактору (5 – із верхньощелепного синусу (2-а група) та 5 – зі сфеноїдального (3-я група).

**Отримані результати та їх обговорення:** У грибкових тілах у ділянках з підвищеної променевою щільністю її рівень у 1-й групі склав 1173,6±257,9 НУ, у 2-й та 3-й групах – 283,2±21,8НУ та 262,6±3НУ, відповідно, а фоновий рівень у всіх групах не відрізнявся і складав від 50,1 до 55,0 НУ.



Встановлено, що у всіх досліджених стоматологічних матеріалах відмічався вміст Zn із масовою часткою від  $0,71 \pm 0,42\%$  до  $85,51 \pm 0,05\%$  в залежності від виду матеріалу.

При аналізі структури фрагментів грибкових тіл із ділянок з фоновим рівнем променевої щільності у пацієнтів всіх трьох груп відмічалась її гомогенність та відсутність кристалічних включень.

На відміну від них, у фрагментах грибкових тіл із ділянок підвищеною променевою щільністю відмічалась значна кількість кристалів у осіб із встановленим одонтогенним фактором (1-а група) і їх відсутність у матеріалі з 2-ї та 3-ї груп.

В складі зразків грибкових тіл із ділянок з підвищеною променевою щільністю встановлено, що у 1-й групі у 10 зразках ( $45,45\%$ ) виявлявся значимий вміст цинку (усереднена масова частка –  $23,71 \pm 4,45\%$ ), а кальцій виявлений у  $40,9\%$  зразків на рівні  $3,8 \pm 1,33\%$ .

Хімічний склад ділянок грибкових тіл з підвищеною променевою щільністю у осіб із виключеним одонтогенним фактором (2-а та 3-я групи) був схожим і характеризувався наявністю кальцію із ділянок з підвищеним рівнем променевої щільності  $24,38 \pm 6,22\%$ , та  $22,04 \pm 5,72\%$ , в той час, як фоновий рівень складав: 2-а група –  $1,26 \pm 0,33\%$ ; 3-я група –  $0,90 \pm 0,34\%$ . Цинк та хімічні елементи – маркери стоматологічних матеріалів – у 2-й та 3-й групах не виявлялись.

**Висновки:** Всі обстежені нами стоматологічні матеріали містили у своєму складі Zn та хімічні елементи, не характерні для тканин біологічного походження (Ba, Zr, W, Co) або ж Ti, Al у кількостях, що суттєво перевищують такі у біологічних тканинах, вміст яких може зумовлювати підвищену рентгенологічну щільність тканини грибкового тіла.

Підвищений вміст Zn та Ca виявлявся у  $45,45\%$  та  $40,9\%$  зразків грибкових тіл одонтогенного походження, а у практично всіх зразках грибкових тіл неодонтогенного походження не залежно від локалізації синусу (верхньощелеповий чи сфеноїдальний) виявлявся Ca, що дозволяє передбачити абсорбцію вказаних хімічних елементів із оточуючих грибкове тіло тканин, як основний механізм їх накопичення у концентраціях, що спричиняють формування ділянок підвищеної променевої щільності.

**Ключові слова:** грибкове тіло, синусит, електронна мікроскопія, маспектрометрія, ендодонтичні матеріали, цинк, кальцій.

## PECULIARITIES OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF FUNGAL BODIES OF THE PARANASAL SINUSES

<sup>1,2</sup>Shkorbotun YaV, <sup>3</sup>Skoryk MA

<sup>1</sup>Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education Ministry of Health of Ukraine;

<sup>2</sup>State Institution of Science "Research and Practical Center of Preventive and Clinical Medicine"

State Administration Department, email: lorkiev@ukr.net;

<sup>3</sup>G.V. Kurdyumov Institute for Metal Physics of NASU, email: mykolaskor@gmail.com

### Abstract

**Introduction:** The significance of fungal microflora in the development of chronic rhinosinusitis tends to increase.

**The purpose of the study:** We had studied the chemical composition of fungal bodies of odontogenic and nonodontogenic origin to determine the relationship between fungal sinusitis and previous endodontic treatment.

**Methods and materials:** The 7 samples of the most common dental endodontic materials and 32 fungal ball removed from the paranasal sinuses in patients were examined by electron microscopy and masspectrometry: 22 of them were from the maxillary sinus in persons with a probable odontogenic cause of the disease (group 1), and 10 with the exception of odontogenic factor – 5 from the maxillary sinus - group 2 and 5 - from the sphenoid - group 3).

**The results and discussion:** In areas with high radiation density of fungal balls, its level in group 1 was  $1173.6 \pm 257.9$  HU, groups 2 and 3 -  $283.2 \pm 21.8$  HU and  $262.6 \pm 3$  HU, and the radiation density from the samples with base it's level in all groups did not differ among them and was from 50.1 to 55.0 HU.

It was found that in all samples dental materials there was a content of Zn with a mass fraction from  $0.71 \pm 0.42\%$  to  $85.51 \pm 0.05\%$ . When analyzing the structure of fragments of fungal balls from areas with a base level of radiation density in patients of all three groups, its homogeneity and absence of crystalline inclusions were noted.

In contrast, in fragments of fungal ball from areas of high radiation density there where a significant number of crystals in individuals with established odontogenic factor (group 1) and their absence in the material of groups 2 and 3. In the composition of samples of fungal balls from areas with high radiation density, it was found that in group №1 in 10 samples ( $45.45\%$ ) showed a significant content of Zinc (average mass fraction -  $23.71 \pm 4.45\%$ ), and Calcium was found in  $40.9\%$  of the samples at the level of  $3.8 \pm 1.33\%$ .

The chemical composition of areas of fungal bodies with high radiation density in individuals with excluded odontogenic factor (group 2 and group 3) was similar and was characterized by the presence of high level of Calcium from areas with increased radiation density of  $24.38 \pm 6.22\%$ , and  $22.04 \pm 5.72\%$ , while the background (group 2 -  $1.26 \pm 0.33\%$ , group 3 -  $0.90 \pm 0.34\%$ ). Zinc and other chemical elements - markers of dental materials in groups 2 and 3 were not detected.

**Conclusions:** All dental materials we examined contain Zn and chemical elements are not characteristic of tissues of biological origin (Ba, Zr, W, Co and Ti), the content of which may cause increased radiological density of the tissue of the fungal ball.

Elevated Zn and Ca content was detected in 45.45% and 40.9% of samples of fungal ball of odontogenic origin, and in almost all samples of fungal ball of neodontogenic origin, regardless of the location of the sinus (maxillary or sphenoidal), Ca was detected, which allows to predict the absorption of these chemicals. elements from the tissues surrounding the fungal body, as the main mechanism of their accumulation in concentrations that cause the formation of areas of high radiation density.

**Key words:** fungal body, sinusitis, electronic microscopy, massspectrometry, endodontic materials, zinc, calcium.