

## АНАЛІЗ ФОРМИ ТА ПОВЕРХНІ ДЕНТАЛЬНИХ ІМПЛАНТАТІВ

Вячеслав Л. Богданов<sup>1</sup>, Олександр Я. Григоренко<sup>1</sup>, Валерій В. Креницький<sup>3</sup>, Владислав О. Маланчук<sup>2</sup>, Григорій В. Сороченко<sup>2</sup>, Роман Г. Оснач<sup>4</sup>, Микола М. Тормахов<sup>1</sup>

1 – Інститут механіки ім. С. П. Тимошенка Національної Академії Наук України, м. Київ, Україна

2 – Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ, Україна

3 – Технічний центр Національної Академії Наук України, м. Київ, Україна

4 – Національний університет охорони здоров'я України ім. П. Л. Шупика, м. Київ, Україна

### Резюме

**Мета роботи.** Вивчити особливості форми та рельєфу поверхні основних видів дентальних імплантатів.

**Матеріали та методи.** Досліджено 12 дентальних імплантатів, які використовуються в лікувальній практиці стоматологічних клінік України. Вивчення форми та рельєфу поверхні імплантатів було проведено з використанням скануючого електронного мікроскопу GSM-649 (Японія).

**Результати.** Усі імплантати в апікальній частині мають форму конуса з різьбою та ріжучими канавками. Різьба з великим профілем розташована в апікальній частині імплантату, має середній крок витків  $1,1 \pm 0,05$  мм і висоту профілю  $-0,3 \pm 0,02$  мм. Різьба з дрібним профілем розташована в частині імплантату біля шийки, має крок  $0,4 \pm 0,02$  мм і висоту профілю  $0,1 \pm 0,02$  мм. Крок різби імплантатів з одним профілем становить  $0,8 \pm 0,05$  мм, а висота профілю  $-0,2 \pm 0,01$  мм. Різби з трикутним профілем мають кут профілю  $50,0 \pm 2,9$  град. Найбільшу шорсткість має поверхня вершини різби дрібного профіля з висотою мікронерівностей від  $7,0 \pm 2,2$  до  $36,0 \pm 8,3$  мкм, найменшу шорсткість з висотою мікронерівностей від  $3,0 \pm 1,1$  до  $14,0 \pm 6,1$  мкм мають ділянки поверхні в зоні шийки імплантату.

**Висновки.** 50 % обстежених імплантатів виготовлена з двома профілями різби: великим в апікальній стороні та дрібним ближче до шийки, 50 % – з однаковим профілем різби від апікального кінця до шийки. У більшості імплантатів різба з дрібним профілем виконана у вигляді кільцевих канавок. Велика різба імплантатів мала прямокутний, заокруглений та трикутний профіль з одним чи двома заходами. У деяких імплантатів з наближенням до шийки змінюється форма і зменшується висота профілю різби. Форма профілю дрібних різб у всіх імплантатів була близька до заокругленої. Імплантати мали різну шорсткість поверхні. Найбільша шорсткість була зафіксована на поверхні вершини різби дрібного профілю, а найменша – в ділянці без різби в зоні шийки імплантату.

**Ключові слова:** дентальні імплантати, форма імплантатів, профіль різби, шорсткість поверхні

### ВСТУП

Сучасна стоматологічна наука досягла та здобула достатню кількість переконливих доказів, що вказують на позитивні результати застосування технологій дентальної імплантації, навіть за несприятливих клінічних ситуацій їх використання. Доступні в науковій літературі відомості щодо досліджень, проведених у різних країнах та в різних умовах, свідчать про те, що

використання цих технологій в медичній стоматологічній практиці, навіть в умовах зростання загальної захворюваності, є достатньо поширеним і вже зараз стає зрозумілим, що майбутнє за їх розвитком [1, 2].

Ключовими питаннями, від яких залежить успіх лікування пацієнта із застосуванням цих технологій, є оцінка впливу конструкції, геометричної форми, профілю різби, хімічного складу, структури поверх-

ні дентальних імплантатів на їх остеоінтеграцію [3], а також дослідження напруженого стану кістки щелепи з імплантатом, жорсткості фіксації імплантату та стабільності його перебування в кістці щелепи. Це пояснює актуальність та необхідність досліджень у цьому напрямку.

Вплив всіх зазначених чинників на гістоостеоінтеграцію імплантатів досліджується методами «*in vitro*» та «*in vivo*». До методів «*in vitro*» належать, зокрема, методи механіко-математичного моделювання [4] та метод скінченних елементів [5]. До методів «*in vivo*» віднесено обробку результатів протезування із застосуванням імплантатів методами математичної статистики [6], досліди над тваринами [7] тощо.

Найбільшого поширення в медичній практиці набуло застосування імплантатів у формі тіл обертання, які виготовляються з циркону, титану та їх сплавів. [8] Вивчення впливу форми та фактури поверхні стоматологічних імплантатів на їх остеоінтеграцію привертає значну увагу дослідників. Але їх висновки не завжди співпадають між собою, тому вивчення даного питання потребує подальших досліджень.

## МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Вивчити особливості форми та рельєфу поверхні основних видів дентальних імплантатів.

## МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для проведення дослідження було використано 12 дентальних імплантатів, які використовуються в лікувальній практиці стоматологічних клінік України. Дослідження форми та рельєфу поверхні імплантатів було проведено з використанням скануючого електронного мікроскопу GSM-649 (Японія). Принцип роботи мікроскопу полягає у реєстрації його детекторами вторинного випромінювання відбитих електронів, яке виникає внаслідок первинної обробки електронами поверхні досліджуваного об'єкту (імплантату) [9].

Статистичну обробку результатів проводили методом аналізу з обчисленням середнього значення ( $\bar{X}^{(i)}$ ) та довірчого інтервалу  $\varepsilon^{(i)}$ , критерію Стьюдента (для обчислення граничного відхилення вимірюваної величини (кроку, висоти різьби) від середнього).

Аналіз проводили за допомогою програми «Statistica 6.1» (SN AJAX909E615822FB). Різницю вважали статистично значущою при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Аналіз зовнішнього вигляду досліджуваних імплантатів було проведено після електронного сканування при збільшенні в 10-15 разів. На рис. 1, показано зовнішній вигляд всіх 12 імплантатів.

67 % досліджених імплантатів (рис. 1.2, 1.3, 1.6, 1.7, 1.8, 1.10, 1.11, 1.12) мають форму конуса в апікальній частині, яка переходить в циліндр. Конічну форму мають 25 % імплантатів (рис. 1.5, 1.8, 1.9). Імплантат, зображений на рис. 1.1, має конічну з апікальної сторони та зворотно-конічну форму з боку шийки. Отже, всі імплантати мають в апікальній частині чи в цілому форму конуса. Частина імплантатів може виходити за межі кістки і контактувати зі слизовою оболонкою ясен. Ці частини мають форму циліндра (рис. 1.4-1.7) або конуса (рис. 1.3, 1.11, 1.12).

Геометричні параметри імплантатів, зображених на рис. 1, надано в табл. 1.

Імплантати, що зображені на рис. 1.1, 1.2, 1.9-1.12, мають різьбу з двома профілями – великим та дрібним. Різьба з великим профілем розташована в апікальній частині імплантату і має середній крок  $1,1 \pm 0,05$  мм та висоту  $0,3 \pm 0,02$  мм. Різьба з дрібним профілем розташована в частині імплантату біля шийки і має середній крок  $0,4 \pm 0,02$  мм та висоту  $0,1 \pm 0,02$  мм.

У імплантатів, що показані на рис. 1.1, 1.2, 1.9, 1.10, 1.11, різьби з дрібним профілем виконані у вигляді набору кільцевих канавок. Під час закручування імплантатів в кістку в ній утворюється внутрішня різьба такого самого кроку та ходу, як і в імплантату. Коли імплантати, що зображені на рис. 1.1, 1.2, 1.9, 1.10, 1.11, загвинчують в кістку до рівня кільцевих канавок, вже нарізана внутрішня різьба великого профілю руйнується цими канавками.

Імплантат на рис. 1.12, має в пришийковій частині не кільцеві канавки, а різьбу такого самого ходу, як і велика різьба, а зменшення кроку витків досягається за рахунок збільшення числа заходів різьби від одного до двох. Імплантат, що показаний на рис. 1.12, не руйнує вже нарізані в кортикальній кістці витки внутрішньої різьби і підвищує здатність сприйняття функціонального навантаження. Отже, такий тип імплантатів може бути рекомендований для моментального навантаження протезом відразу після встановлення імплантату в кістку щелепи.

Імплантати, що зображені на рис. 1.3-1.8, мають єдиний профіль різьби від апікального кінця до шийки з середніми кроком різьби  $0,8 \pm 0,05$  мм і висотою профілю різьби  $0,2 \pm 0,01$  мм.

Імплантати виготовляють з різними формами профілю великої різьби: на рис. 1.3 – з прямокутним, на рис. 1.4 та 1.5 – з заокругленим, а всі інші – з трикутним профілем та кутом профілю, рівним  $50,0 \pm 2,9$  град.

Профіль різьби не у всіх імплантатів є постійним по довжині. З наближенням до шийки профіль різьби імплантату, що зображений на рис. 1.3, змінюється від трикутного до прямокутного, а у імплантатів з рис. 1.1, 1.7, 1.10, 1.12 відбувається зменшення його висоти.

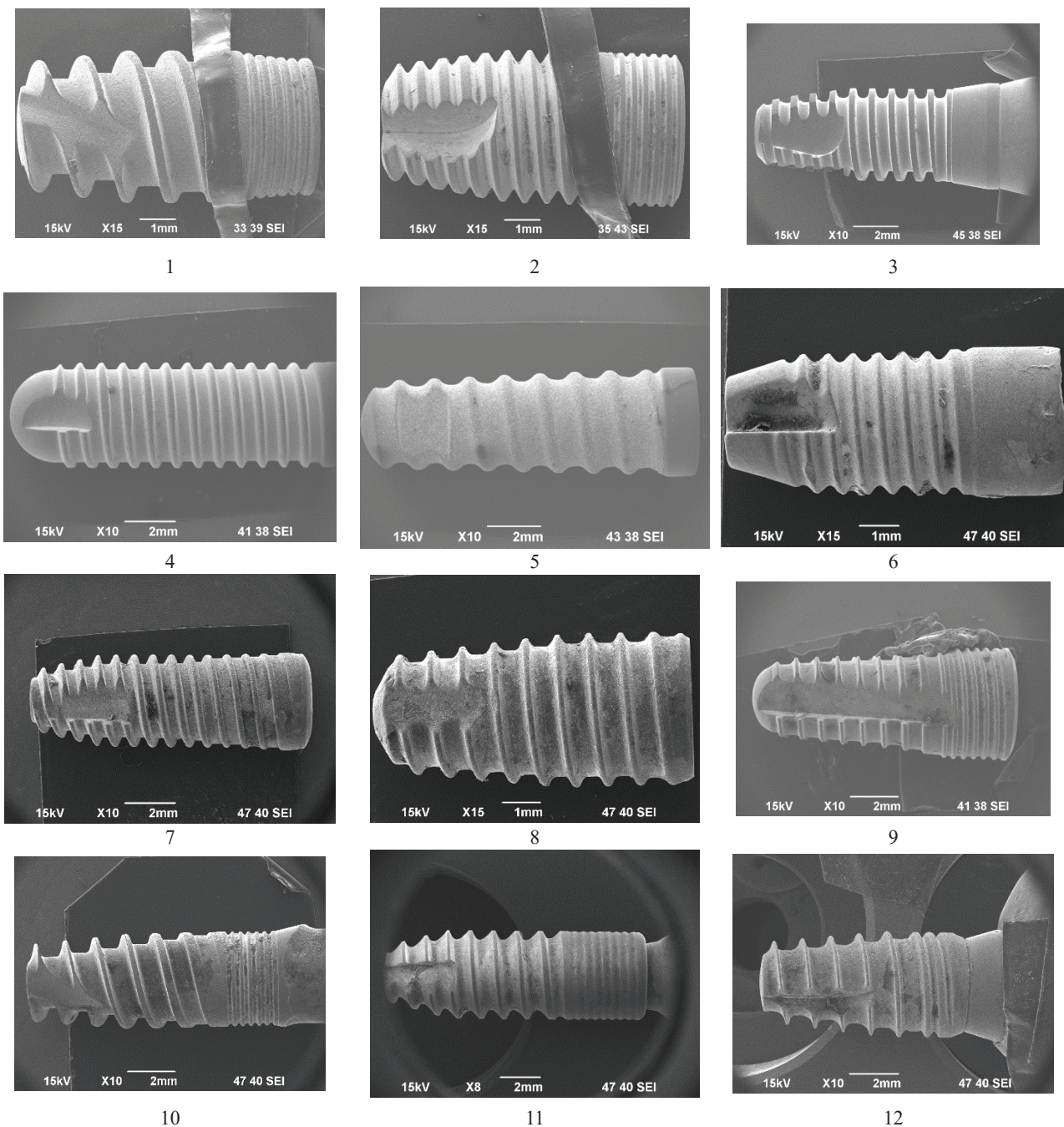


Рисунок 1. Зовнішній вигляд досліджуваних імплантів

Для дрібних різьб всіх імплантів (див. рис. 1.1, 1.2, 1.9-1.12) властива заокруглена форма профілю.

У імплантів, що зображені на рис. 1.1, 1.2, 1.7 та 1.10, велика різьба має два заходи, а у всіх інших – один.

Вивчення рельєфу досліджуваних імплантів було проведено шляхом аналізу електронних сканогам при збільшенні в 2000-10000 разів. Результати аналізу представлені в рис. 2-4 та табл. 2.

Прикладами фактури поверхні імплантів можуть слугувати зображення поверхонь: западини різь-

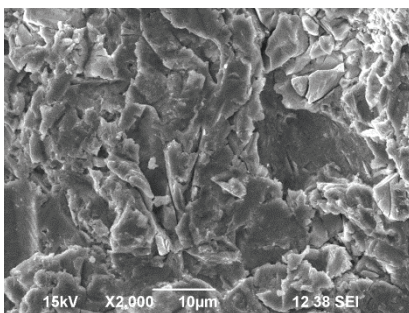
би імплантату № 5 (рис. 2) та плоскої ділянки в канавці імплантату № 11 (рис. 3) при збільшенні в 2000, 5000 та 10000 разів.

В табл. 2 наведено дані щодо максимальної та мінімальної величини мікронерівностей поверхні на плоскій поверхні ріжучої канавки, а також на вершинах та в западинах різьби великого та дрібного профіля. Здебільшого мікронерівності на поверхні імплантату розташовані неоднорідно. Найбільш шорсткою є поверхня вершин різьби дрібного профіля. Мікронерівності цієї поверхні знаходяться в межах від  $7 \pm 2,2$  до  $36 \pm 8,3$  мкм.

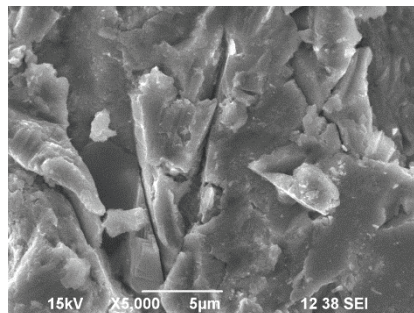
Таблиця 1

## Параметри геометрії зовнішньої поверхні імплантатів

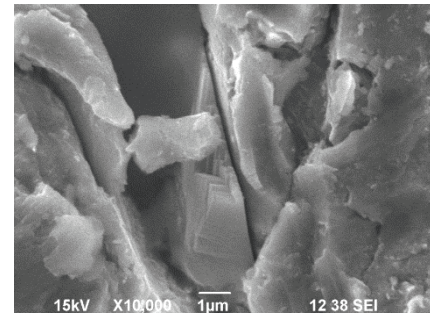
| №  | Форма імплантату      | Основна різьба |                    |                       |                   |                   | Дрібна різьба, мм |                |
|----|-----------------------|----------------|--------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|
|    |                       | Крок, мм       | Висота профілю, мм | Профіль різьби        | Кут профілю, град | Кількість заходів | Крок, мм          | Висота профілю |
| 1  | Конус-зворотний конус | 1,3            | 0,5...0,25         | Трикутний             | 50                | 2                 | 0,3               | 0,08           |
| 2  | Конус-циліндр         | 0,6            | 0,3                | Трикутний             | 60                | 2                 | 0,3               | 0,05           |
| 3  | Конус-циліндр         | 0,8            | 0,3                | Прямокутний           | 90                | 1                 | -                 | -              |
| 4  | Циліндр               | 0,8            | 0,2                | Трикутний             | 60                | 1                 | -                 | -              |
| 5  | Конус                 | 1,3            | 0,15               | Заокруглений          | 100               | 1                 | -                 | -              |
| 6  | Конус та циліндр      | 0,6            | 0,2                | Заокругленою канавкою | 90                | 1                 | -                 | -              |
| 7  | Конус-циліндр         | 0,7            | 0,5...0,1          | Трикутний             | 55                | 2                 | -                 | -              |
| 8  | Конус                 | 0,8            | 0,25               | Трикутний             | 55                | 1                 | -                 | -              |
| 9  | Конус                 | 0,9            | 0,1                | Трикутний             | 35                | 1                 | 0,35              | 0,1            |
| 10 | Конус-циліндр         | 1,2            | 0,5...0,15         | Трикутний             | 30                | 2                 | 0,3               | 0,1            |
| 11 | Конус-циліндр         | 1,2            | 0,4                | Трикутний             | 70                | 1                 | 0,4               | 0,02           |
| 12 | Конус-циліндр         | 1,2            | 0,4...0,2          | Трикутний             | 35                | 1                 | 0,6               | 0,3            |
|    | $\bar{X}^{(i)}$       | 0,90           | 0,30               |                       | 60,8              |                   | 0,40              | 0,10           |
|    | $\varepsilon^{(i)}$   | 0,06           | 0,02               |                       | 4,9               |                   | 0,02              | 0,02           |



а

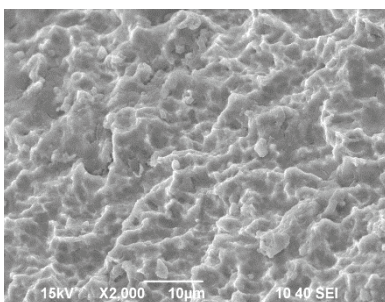


б

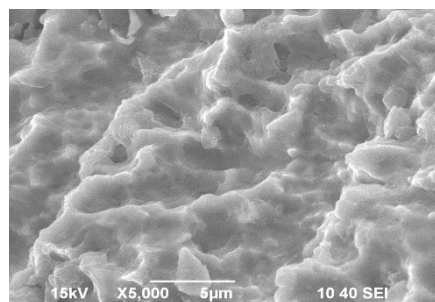


в

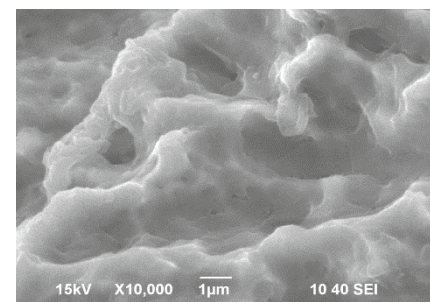
Рисунок 2. Зображення поверхні западини різьби імплантату № 5 при збільшенні в 2000 разів (рис. 2 а), в 5000 разів (рис. 2 б), в 10000 разів (рис. 2 в)



а



б



в

Рисунок 3. Зображення плоскої поверхні в канавці імплантату № 11 при збільшенні в 2000 разів (рис. 2 а), в 5000 разів (рис. 2 б), в 10000 разів (рис. 2 в)

## Шорсткість поверхні імплантів

| №                   | Шорсткість поверхні, мкм |       |                                 |       |                                  |       |                                 |       |                                  |       |                    |       |
|---------------------|--------------------------|-------|---------------------------------|-------|----------------------------------|-------|---------------------------------|-------|----------------------------------|-------|--------------------|-------|
|                     | Плоска ділянка канавки   |       | вершина різьби великого профіля |       | Западина різьби великого профіля |       | Вершина різьби дрібного профіля |       | Западина різьби дрібного профіля |       | Ділянка без різьби |       |
|                     | мін.                     | макс. | мін.                            | макс. | мін.                             | макс. | мін.                            | макс. | мін.                             | макс. | мін.               | макс. |
| 1                   | 21                       | 40    | 21                              | 47    | 17                               | 48    | 12                              | 37    | 32                               | 53    | -                  | -     |
| 2                   | 7                        | 16    | 14                              | 32    | 4                                | 16    | 9                               | 27    | 4                                | 13    | -                  | -     |
| 3                   | 0                        | 0     | 4                               | 17    | 3                                | 11    | -                               | -     | -                                | -     | 7                  | 17    |
| 4                   | 5                        | 9     | 5                               | 8     | 2                                | 6     | -                               | -     | -                                | -     | 1                  | 5     |
| 5                   | 3                        | 8     | 3                               | 8     | 3                                | 8     | -                               | -     | -                                | -     | 2                  | 11    |
| 6                   | 8                        | 42    | 6                               | 15    | 3                                | 8     | -                               | -     | -                                | -     | 3                  | 9     |
| 7                   | 1                        | 6     | 3                               | 6     | 6                                | 15    | -                               | -     | -                                | -     | 3                  | 9     |
| 8                   | 2                        | 7     | 3                               | 10    | 6                                | 29    | -                               | -     | -                                | -     |                    |       |
| 9                   | 1                        | 5     | 7                               | 64    | 3                                | 12    | -                               | -     | -                                | -     | 3                  | 4     |
| 10                  | 4                        | 11    | 4                               | 18    | 4                                | 18    | 4                               | 58    | 4                                | 18    | 1                  | 6     |
| 11                  | 2                        | 7     | 4                               | 25    | 1                                | 7     | 2                               | 19    | 4                                | 7     | 3                  | 30    |
| 12                  | 6                        | 20    | 5                               | 23    | 7                                | 29    | 7                               | 40    | 3                                | 7     | 5                  | 33    |
| $\bar{X}^{(i)}$     | 5                        | 14    | 7                               | 23    | 5                                | 17    | 7                               | 36    | 9                                | 20    | 3                  | 14    |
| $\varepsilon^{(i)}$ | 3,2                      | 7,6   | 3,1                             | 9,9   | 2,4                              | 7     | 2,2                             | 8,3   | 7,2                              | 10,9  | 1,1                | 6,1   |

Найменшу шорсткість мають ділянки поверхні в зоні шийки імплантату. Ця частина імплантату не має різьби, контактує зі слизовою оболонкою ясен і не повинна накопичувати шкідливі речовини, що надходять з ротової порожнини. Згладжування поверхні в цій ділянці імплантів досягається завдяки обробці лазером.

На рис. 4 подано зображення поверхні в області шийки імплантату № 3 при збільшенні в 10000 разів. Вертикальні лінії на рис. 4 є наслідками обробки поверхні імплантату. Середнє значення та довірчий інтервал мікронерівностей в ділянці шийки для імплантів з рис. 1.4-1.7 та 1.9-1.12 складає величину від  $3\pm 1,1$  до  $14\pm 6,1$  мкм.

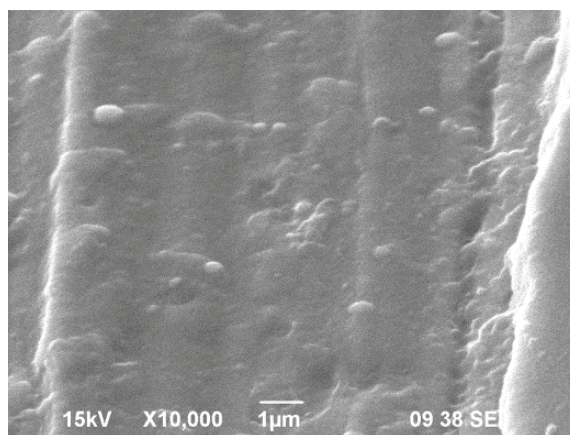


Рисунок 4. Зображення поверхні в області шийки імплантату № 3 при збільшенні в 10000 разів

## ОБГОВОРЕННЯ

Імпланти мають різальну та калібрувальну (направляючу) частини. Різальна частина розташована в його апікальній стороні та містить одну чи декілька канавок для утворення різальних пер і кромки. В канавках збирається кісткова стружка, що утворюється в процесі різання. Калібрувальна частина знаходиться ближче до шийки імплантату і бере участь в прикін-

цевому формуванню та ущільненню кістки в околі імплантату. Результати обстеження 12 імплантів, що застосовуються у вітчизняних стоматологічних клініках, показали, що 67 % з них мають конічно-циліндричну форму, 25 % – конічну форму і один імплантат (8 %) – конічну з апікальної сторони та зворотно-конічну форму з боку шийки. Усі імпланти в апікальній стороні мають форму конуса, яка дозволяє нарізати різьбу в кістці, ущільнювати її і забезпечує високу почат-

кову стабільність імплантатів. Частини імплантатів, що виходять за межі кістки і контактують зі слизовою оболонкою ясен, мають форму циліндра або конуса.

Структура кістки щелепи є неоднорідною, її зовнішня (кортикальна) частина є значно щільнішою та міцнішою ніж внутрішня (губчаста). Максимальні механічні напруження в гвинтовому з'єднанні припадають на перші витки різби, які розташовані ближче до шийки імплантатів. Для зменшення рівня механічних напружень кістки в околі найбільш навантажених перших витків різби 50 % імплантатів були виготовлені з двома профілями різби: великим та дрібним. Різьба з великим профілем різби розташована в апікальній частині імплантату, має середній крок витків  $1,1 \pm 0,05$  мм і висоту профілю  $-0,3 \pm 0,02$  мм. Різьба з дрібним профілем розташована в частині імплантату біля шийки, має крок  $0,4 \pm 0,02$  мм і висоту профілю  $0,1 \pm 0,02$  мм. У більшості імплантатів замість різби з дрібним профілем виконано кільцеві канавки. Під час закручування імплантатів в кістку внутрішня різба, що нарізана витками великого профілю цими кільцевими канавками, руйнується. Це руйнування зменшує допустиму з точки зору міцності величину функціонального навантаження, яке може сприйняти кістка щелепи в околі кільцевих канавок. Для того, щоб не руйнувати вже нарізану біля шийки імплантату різбу, нарізають не кільцеві канавки, а дрібну різбу такого самого ходу, як і у великій різби. Такі імплантати не руйнують вже нарізані в кістці витки внутрішньої різби, що дозволяє сприймати функціональні напруження кортикальною кісткою в околі перших витків відразу після встановлення імплантатів. На імплантати з дрібною різбою такого самого ходу, як і у великій різби, доцільно частіше застосовувати встановлення протезних конструкцій відразу після імплантації.

Встановлено, що 50 % імплантатів мають різбу з однаковим профілем від апікального кінця до шийки. Крок цієї різби становить  $0,8 \pm 0,05$  мм, а висота профілю  $-0,2 \pm 0,01$  мм. Крок і висота профілю цих імплантатів займають проміжні значення між параметрами імплантатів з двома профілями різб.

Профіль великої різби імплантатів має прямокутну, заокруглену та трикутну форму з середнім значенням кута профілю  $50,0 \pm 2,9$  град. Різноманітність профілів цих різб може свідчити про незначний вплив цього фактора на стійкість імплантатів. У деяких імплантатів з наближенням до шийки змінюється форма і зменшується висота профілю різби.

Форма профілю дрібних різб у всіх імплантатів близька до заокругленої.

Велика різба у імплантатів може мати два чи один заходи. Виконання імплантатів з двома заходами дозволяє збільшити в два рази хід імплантату та швидше нарізати різбу в кістці.

Імплантати мають різну шорсткість поверхні. Найбільшу шорсткість має поверхня вершини різби дрібного профіля. Мікронерівності цієї поверхні знаходяться в межах від  $7 \pm 2,2$  до  $36 \pm 8,3$  мкм.

Найменшу шорсткість мають ділянки без різби в зоні шийки, які контактують зі слизовою оболонкою ясен. Середнє значення та довірчий інтервал мікронерівностей на цій ділянці складають величину від  $3 \pm 1,1$  до  $14 \pm 6,1$  мкм.

Успішність остеоінтеграції імплантатів значною мірою залежить від фактури поверхні імплантату. Найважливішою ознакою фактури поверхні імплантату є площа її активної поверхні: чим більша ця площа, тим тісніший її зв'язок із навколишньою кісткою. Для збільшення площі активної поверхні імплантату її роблять пористою. Пористість утворюється шляхом нанесення на поверхню імплантату різних речовин та її спеціальною обробкою. На поверхню наносять нанопари іонів кальцію ( $Ca^{+}$ ) чи піддають плазмовому напиленню сумішшю титану з біоактивною керамікою, гідроксіапатитом чи трикальційфосфатом [10].

Найбільш поширеними є методики RBM (Resorbable Blast Media) та SLA (Sand-blasted, Large grit, Acid-etched) обробки зовнішньої поверхні імплантатів. Згідно з цими методиками поверхню піддають струменевій обробці частинками оксиду алюмінію, бета-трикальційфосфату чи великими зернами піску з подальшим протравленням органічною кислотою низької концентрації або сумішшю концентрованих кислот при підвищених температурах [11, 12].

## ВИСНОВКИ

1. Досліджені 12 імплантатів, що застосовуються у вітчизняних стоматологічних клініках, у 67 % мають конічно-циліндричну форму, у 25 % – конічну форму, у 8 % – конічну з апікальної сторони та зворотно-конічну форму з боку шийки.

2. 50 % імплантатів виготовлені з двома профілями різби: великим та дрібним. Різьба з великим профілем розташована в апікальній частині імплантату, має середній крок витків  $1,1 \pm 0,05$  мм і висоту профілю  $-0,3 \pm 0,02$  мм. Різьба з дрібним профілем розташована в частині імплантату біля шийки, має крок  $0,4 \pm 0,02$  мм і висоту профілю  $0,1 \pm 0,02$  мм.

3. 50 % імплантатів мають різбу з однаковим профілем від апікального кінця до шийки. Середній крок різби становить  $0,8 \pm 0,05$  мм, а висота профілю  $-0,2 \pm 0,01$  мм.

4. Профіль великої різби імплантатів має прямокутну, заокруглену та трикутну форму з середнім значенням кута профілю  $50,0 \pm 2,9$  град. У деяких імплантатів з наближенням до шийки змінюється форма і зменшується висота профілю різби. Форма профі-

лю дрібних різьб у всіх імплантатів близька до заокругленої. Велика різьба у імплантатів може мати два чи один заходи.

5. Імплантати мають різну шорсткість поверхні. Найбільшу шорсткість має поверхня вершини різьби дрібного профіля. Мікронерівності цієї поверхні знаходяться в межах  $7\pm 2,2-36\pm 8,3$  мкм. Найменшу шорсткість мають ділянки без різьби в зоні шийки, які контактують зі слизовою оболонкою ясен. Середнє значення та довірчий інтервал мікронерівностей на цій ділянці складають величину від  $3\pm 1,1$  до  $14\pm 6,1$  мкм.

*Перспективи подальших досліджень* полягають в обґрунтуванні вибору конкретного типу денального імплантату в залежності від стану кісткової тканини.

## ФІНАНСУВАННЯ ТА КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Дані дослідження виконано в рамках договору про науково-технічне співробітництво між Національним медичним університетом ім. О. О. Богомольця та Технічним центром НАН України. Потенційних або явних конфліктів інтересів, що пов'язані з цим рукописом, на момент публікації не існує та не передбачається.

## ДОТРИМАННЯ ЕТИЧНИХ НОРМ

Дослідження схвалено комісією з питань біомедичної етики НМУ ім. О. О. Богомольця (протокол № 156 від 31.01.22) та проведено згідно принципів біоетики, викладених у Гельсінській декларації «Етичні принципи медичних досліджень за участю людей» та «Загальній декларації про біоетику та права людини (ЮНЕСКО)».

## ЛІТЕРАТУРА

1. Брехлічук П. П., Майструк П. О. Ендодонто-ендоосальна імплантація у сучасній стоматології: можливості, проблеми та перспективи застосування методу (огляд літератури). Клінічна стоматологія. 2020. No 4. С. 10-17. <https://doi.org/10.11603/2311-9624.2019.4.10877>
2. Howe M. S., Keys W., Richards D. Long-term (10-year) dental implant survival: A systematic review and sensitivity meta-analysis. Journal of Dentistry. 2019. Vol. 84. P. 9-21. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2019.03.008>
3. Neural network system for analyzing statistical factors of patients for predicting the survival of dental implants / P. A. Lyakhov, A. A. Dolgalev, U. A. Lyakhova et al. Frontiers in Neuroinformatics. 2022. Vol. 16. <https://doi.org/10.3389/fninf.2022.1067040>
4. Influence of the shape and geometric parameters of clasps on the Strength and holding force of removable orthopedic dentures / V. L. Bogdanov, A. Y. Grigorenko., H. V. Sorochenko, N. N. Tormakhov. Journal of Mathematical Sciences. 2023. Vol. 270, No 1. P. 205-213. <https://doi.org/10.1007/s10958-023-06341-0>
5. Ueda N., Takayama Y., Yokoyama A. Minimization of dental implant diameter and length according to bone quality determined by finite element analysis and optimized calculation. Journal of prosthodontic research. 2017. Vol. 61. P. 324-332. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2016.12.004>. Epub 2017 Jan 18
6. Взаємозв'язок між параметрами зубощелепного апарату й органів дихання при ортодонтичному лікуванні / В. Л. Богданов, Т. А. Вишемирська, О. Я. Григоренко та ін. Український стоматологічний альманах. 2021. № 2. С. 87-94.
7. Pre-Clinical Models in Implant Dentistry: Past, Present, Future / N. Blanc-Sylvestre, P. Bouchard, C. Chaussain, C. Bardet. Biomedicines. 2021. Vol. 9, No 11. <https://doi.org/10.3390/biomedicines9111538>
8. Stress State of a Threaded Joint in a Dental Implant–Bone System / A. Y. Grigorenko V. V. Los', V. A. Malanchuk, M. M. Tormakhov. Int. Appl. Mech. 2020. Vol. 56, No 1. P. 33-39. <https://doi.org/10.1007/s10778-020-00994-z>
9. Scanning Electron Microscopy: Principle and Applications in Nanomaterials Characterization: Handbook of Materials Characterization / K. Akhtar, S. A. Khan, S. B. Khan, A. M. Asiri. Handbook of Materials Characterization. Springer, 2018. P. 113-145. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-92955-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-92955-2_4)
10. Міщенко О. М., Солодовник О. В., Олешко О. М. Остеоінтеграція денціальних імплантатів з різними типами поверхні. Буковинський медичний вісник. 2020. Т. 24, № 1. С. 79-89. <https://doi.org/10.24061/2413-0737.XXIV.1.93.2020.11>
11. A retrospective study of the long-term survival of RESTORE® dental implants with resorbable blast media surface / K. S. Ryoo., P. J. Kim, S. Kim et al. J. Periodontal Implant Sci. 2023. Vol. 53, No 6. P. 444-452. <https://doi.org/10.5051/jpis.2203340167>
12. Comparative evaluation of osseointegration between sandblasted large grit, acid etched (SLA) and calcium phosphate coated implants. A randomized controlled clinical trial / C. Jain, M. Kaushik, A. Wadhawan. J. Osseointegr. 2022. Vol. 14, No 2. P. 112-121. <https://doi.org/10.23805/JO.2022.14.16>

## REFERENCES

1. Brehlichuk, P. P., & Mastruk, P. O. (2020). Endodonto-endoosalna implantatsiia u suchasni stomatolohii: mozhlyvosti, problemy ta perspektyvy zastosuvannia metodu (ohliad literatury) [Endodontic-endoosseous implantation in modern dentistry: possibilities, problems and prospects of using the method (literature review)]. *Clinical Dentistry*, 4, 10-17. (in Ukrainian). <https://doi.org/10.11603/2311-9624.2019.4.10877>
2. Howe, M. S., Keys, W., & Richards, D. (2019). Long-term (10-year) dental implant survival: A systematic review and sensitivity meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 84, 9-21. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2019.03.008>.
3. Lyakhov, P. A., Dolgalev, A. A., Lyakhova, U. A., Muraev, A. A., Zolotayev, K. E., & Semerikov, D. Y. (2022). Neural network system for analyzing statistical factors of patients for predicting the survival of dental implants. *Frontiers in Neuroinformatics*, 16. <https://doi.org/10.3389/fninf.2022.1067040/full>
4. Bogdanov, V. L., Grigorenko, A. Y., Sorochenko, H. V., & Tormakhov, N. N. (2023). Influence of the shape and geometric parameters of clasps on the Strength and holding force of removable orthopedic dentures. *Journal of Mathematical Sciences*, 270(1), 205-213. <https://doi.org/10.1007/s10958-023-06341-0>
5. Ueda, N., Takayama, Y., & Yokoyama, A. (2017). Minimization of dental implant diameter and length according to bone quality determined by finite element analysis and optimized calculation. *Journal of prosthodontic research*, 61, 324-332. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2016.12.004>. Epub 2017 Jan 18
6. Bogdanov, V. L., Vyshemirska, T. A., Grigorenko, O. Y., Flis, P. S., & Tormakhov, M. M. (2021). Vzaiemozviazok mizh parametramy zuboshchelepnogo aparatu y orhaniv dykhannia pry ortodontychnomu likuvanni [Relationship between the parameters of the maxillofacial apparatus and respiratory organs during orthodontic treatment]. *Ukrainian Dental Almanac*, 2, 87-94. (in Ukrainian).
7. Blanc-Sylvestre, N., Bouchard, P., Chaussain, C., & Bardet, C. (2021). Pre-Clinical Models in Implant Dentistry: Past, Present, Future. *Biomedicines*, 9, 1538. <https://doi.org/10.3390/biomedicines9111538>.
8. Grigorenko, A. Y., Los', V. V., Malanchuk, V. A., & Tormakhov, M. M. (2020). Stress State of a Threaded Joint in a Dental Implant–Bone System. *Int. Appl. Mech.*, 56(1), 33-39. <https://doi.org/10.1007/s10778-020-00994-z>.
9. Akhtar, K., Khan, S. A., Khan, S. B., & Asiri, A. M. (2018). Scanning Electron Microscopy: Principle and Applications in Nanomaterials Characterization. *Handbook of Materials Characterization*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-92955-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-92955-2_4)
10. Mishchenko, O. M., Solodovnyk, O. V., & Oleshko, O. M. (2020). Osteointehratsiia dentalnykh implantativ z riznymi typamy poverkhni [Osteointegration of dental implants with different surface types]. *Bukovinian Medical Herald*, 24(1), 79-89. <https://doi.org/10.24061/2413-0737.XXIV.1.93.2020.11>
11. Ryoo, K. S., Kim, P. J., Kim, S., Cho, Y. D., Ku, Y. (2023). A retrospective study of the long-term survival of RESTORE® dental implants with resorbable blast media surface. *J. Periodontal Implant Sci*, 53(6), 444-452. <https://doi.org/10.5051/jpis.2203340167>
12. Jain, C., Kaushik, M., Wadhawan, A., Agarwal, M., & Arun, A. (2022). Comparative evaluation of osseointegration between sandblasted large grit, acid etched (SLA) and calcium phosphate coated implants. A randomized controlled clinical trial. *J. Osseointegr.*, 14(2), 112-121. <https://doi.org/10.23805/JO.2022.14.16>



## Summary

### ANALYSIS OF THE FORM AND SURFACE OF DENTAL IMPLANTS

Viacheslav L. Bohdanov<sup>1</sup>, Oleksandr Ya. Grigorenko<sup>1</sup>, Valeriy V. Kremenicky<sup>3</sup>, Vladislav O. Malanchuk<sup>2</sup>, Hryhorii V. Sorochenko<sup>2</sup>, Roman G. Osnach<sup>4</sup>, Mikola M. Tormakhov<sup>1</sup>

1 – S. P. Tymoshenko Institute of Mechanics of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

2 – Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

3 – Technical Center of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

4 – Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**The aim** of the work – to study the peculiarities of the shape and surface relief of the main types of dental implants.

**Materials and methods.** 12 dental implants used in the medical practice of Ukrainian dental clinics were studied. The study of the shape and surface relief of the implants was carried out using a scanning electron microscope GSM-649 (Japan).

**Results.** All implants in the apical part have the shape of a cone with threads and cutting grooves. The thread with a large profile is located in the apical part of the implant, has an average pitch of turns of  $1.1 \pm 0.05$  mm and a profile height of  $0.3 \pm 0.02$  mm. The thread with a small profile is located in the part of the implant near the neck, has a pitch of  $0.4 \pm 0.02$  mm and a profile height of  $0.1 \pm 0.02$  mm. The thread pitch of implants with a single profile is  $0.8 \pm 0.05$  mm, and the height of the profile is  $0.2 \pm 0.01$  mm. Threads with a triangular profile have a profile angle of  $50.0 \pm 2.9$  degrees. The highest roughness is the surface of the top of the fine profile thread with the height of micro-uniformities from  $7.0 \pm 2.2$  to  $36.0 \pm 8.3$   $\mu\text{m}$ , the smallest roughness with the height of micro-uniformities from  $3.0 \pm 1.1$  to  $14.0 \pm 6.1$   $\mu\text{m}$  have surface areas in the area of the implant neck.

**Conclusions.** 50 % of the examined implants were made with two thread profiles: a large one in the apical side and a small one closer to the neck, 50 % – with the same thread profile from the apical end to the neck. In most implants, the thread with a small profile is made in the form of annular grooves. The large thread of the implants had a rectangular, rounded and triangular profile with one or two steps. In some implants, as they approach the neck, the shape changes and the height of the thread profile decreases. The shape of the profile of small threads in all implants was close to rounded. The implants had different surface roughness. The highest roughness was recorded on the surface of the top of the small profile thread, and the lowest – in the area without a thread in the area of the implant neck.

**Keywords:** dental implants, implants shape, thread profile, surface roughness