

А.М. Потапчук

Ужгородський державний університет,  
курс стоматології медичного факультету  
(зав. – проф. І.П. Горзов)

## Експериментальна оцінка остеоіндуктивних властивостей біокерамічного покриття на титанових імплантатах

Experimental evaluation of osteoinductive features  
of bioceramic covering on titanium implants

A.M. Potapchuk

### РЕЗЮМЕ

В експерименте на 16 кроликах изучен процесс перестройки кости вокруг титановых штифтов без покрытия и с керамическим покрытием (гидроксиапатит и алюмооксидная керамика): градиентное, двухслойное и из смеси керамических масс, имплантируемых в дистальный отдел бедра. Выявлено, что процесс остеорепаляции и остеointegrации более выражен вокруг штифтов с градиентным керамическим покрытием.

### SUMMARY

The process of osteointegration around titanium implants with and without coating of hydroxyapatite and aluminium ceramics (gradient, two layers coating and mixture of ceramics) implanted into distal femur was studied in the experiments on 16 rabbits. The experiments showed that osteoreparation and osteointegration processes are more pronounced around implants with gradient ceramic coating.

**Ключові слова:** титанові імплантати, градієнтні покриття, гідроксиапатит, алюмооксидна керамика, остеорепація.

**Key words:** titanium implants, gradient coatings, hydroxyapatite, aluminium oxide ceramics, osteoreparation.

Сучасна стоматологічна імплантологія широко використовує нові досягнення у галузі матеріалознавства, технологій нанесення на метал покриття з біоінертних і біоактивних матеріалів, а також результати вивчення взаємодії імплантатів з тканинами [2, 3, 5], які його оточують.

У даний час найбільшу проблему в імплантології становлять ускладнення, а саме розвиток металозу та нестабільність імплантату. Більшість дослідників вважають, що ізолювання металевих конструкцій від тканин реципієнта шляхом покриття металевого штифта біоактивною керамікою вирішить вказані питання [6]. Надалі ведуться роботи по удосконаленню і створенню нових технологій нанесення біоактивних покриттів на основу імплантату, а також використання для покриття композицій на основі гідроксиапатиту.

Нами експериментально вивчалися особливості перебудови кісткової тканини навколо титанових штифтів з різними керамічними покриттями.

### МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Титанові штифти циліндричної форми (висота – 7 мм, діаметр основи – 2 мм) покривали керамічним матеріалом з вмістом алюмооксидної кераміки та гідроксиапатиту у рівних співвідношеннях. Покриття відрізнялися структурою: градієнтне, двошарове (гідроксиапатит поверх алюмооксидної кераміки) та із суміші керамічних мас).

У експериментах на 16 кроликах (маса  $2,3 \pm 0,4$  кг) породи «шиншила» вивчено процес кісткоутворення та остеointegrції при імплантації титанових штифтів у губчасту кістку дистального епіфізу стегна через 7, 14, 30 та 60 діб.

Боковим доступом, не відкриваючи колінного суглоба, у дистальному епіфізі стегнової кістки, з боку зовнішнього виростка, зубним бором діаметром 2 мм наносили дефект, у який вводили штифт на глибину покриття. Рану пошарово зашивали. Робота з тваринами проводилась під тіопенталовим наркозом відповідно до загальноприйнятих вимог.

Проведено чотири серії експериментів введення титанового штифта: контрольна серія – титановий штифт без покриття; дослідна серія 1 – з градієнтним покриттям; дослідна серія 2 – з двошаровим покриттям; дослідна серія 3 – з покриттям із суміші керамічних мас.

Фрагменти стегнових кісток (епіфізи) фіксували у нейтральному формаліні, проводили декальцинацію у 4% азотній кислоті, зневоднювали у спирті та поміщали у целоїдин. Після декальцинації металевий штифт видаляли, максимально зберігаючи керамічне покриття. Виготовлені зрізи, товщиною 10-15 мкм, забарвлювали гематоксиліном, еозином та пікрофуксином за ван Гізоном. Будову клітин вивчали під електронним мікроскопом ЕМВ-100БР за методом Уіклі (1980).

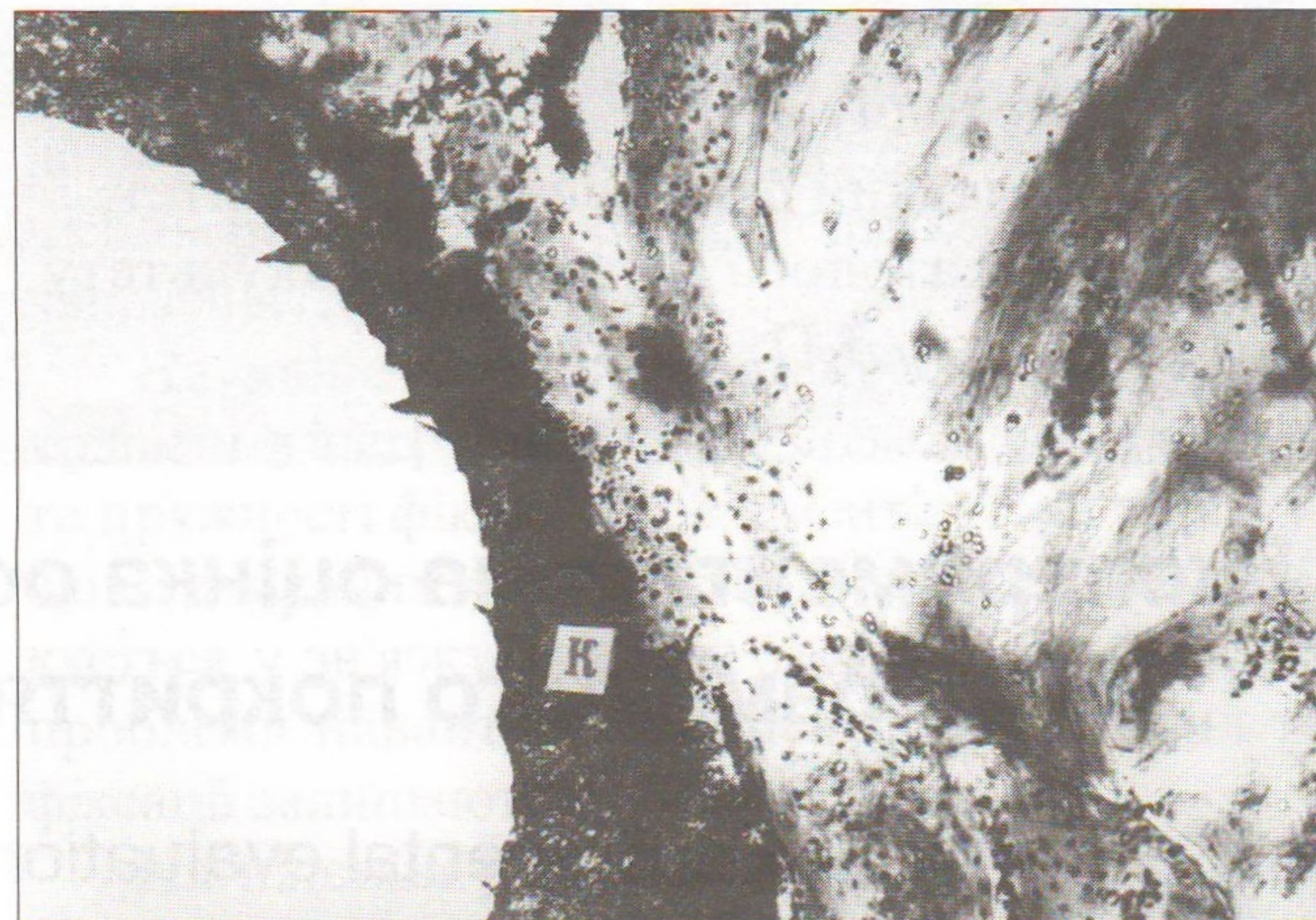
Співвідношення площин новоутворених тканин навколо імплантованих штифтів обчислювали за методом Автанділова [1] з використанням окулярної сітки (400 квадратів) загальною площею 100 мм<sup>2</sup> (10x10 мм), зі стороною малого квадрата 0,5 мм. Під мікроскопом МБС-10 (зб. 28) підраховували число точок (перетин сторін малих квадратів), які потрапляли на новоутворені тканини зони перебудови у кістці, виражаючи його у процентному співвідношенні до загального числа точок у полі зору. Одержані показники оброблялись статистично за методом Ст'юдента на комп'ютері ІВМ РС/АТ з використанням спеціальних програм.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

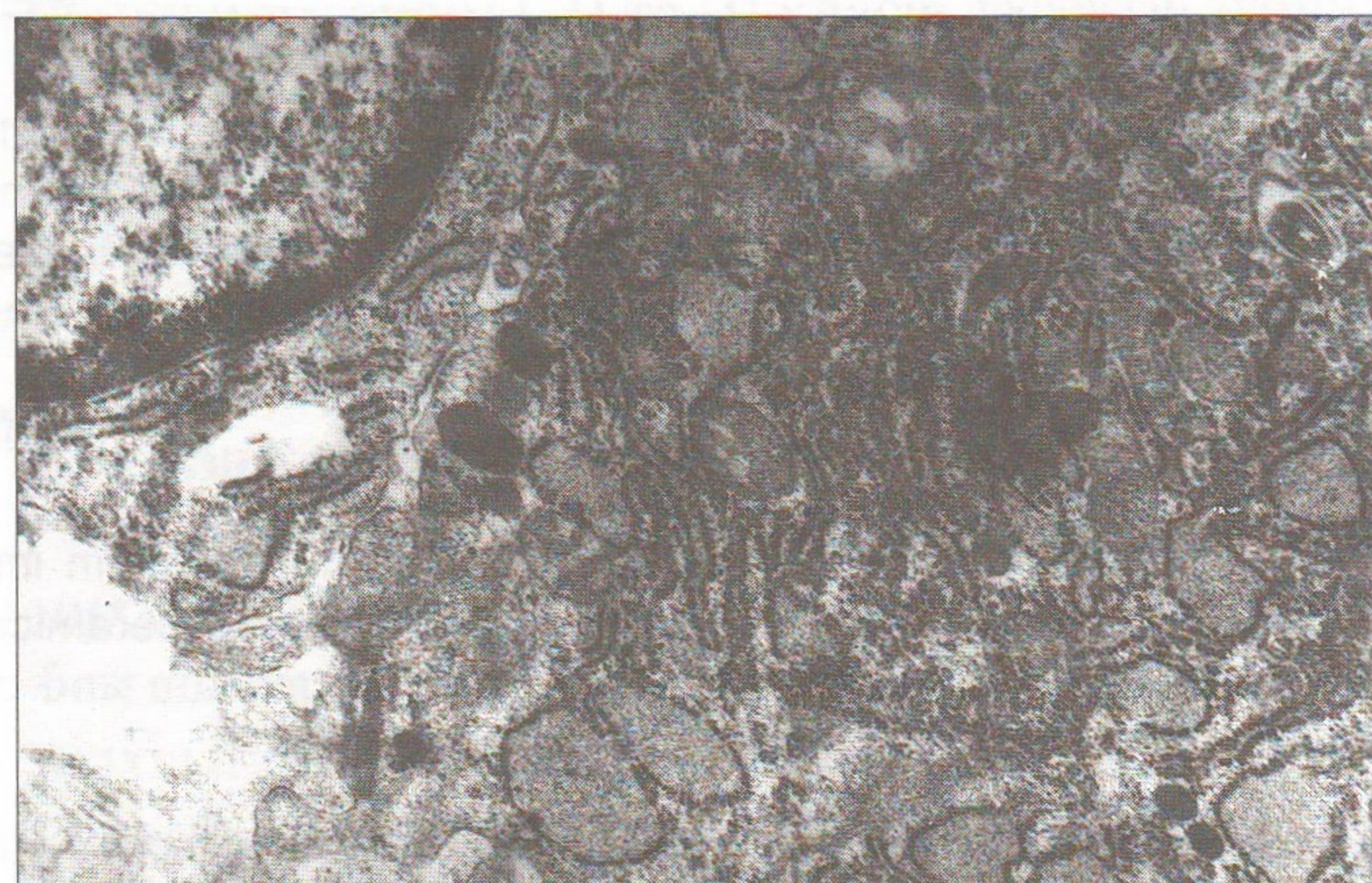
У процесі дослідження навантажували оперовану кінцівку повною мірою, але, незважаючи на це, при макроскопічному огляді встановлено, що імплантовані штифти знаходились у кістці та з зовнішнього боку покрились тонким шаром сполучної тканини.

Мікроскопічне дослідження показало, що через 7 діб навколо всіх імплантованих штифтів утворювалась грануляційна тканина з макрографами, клітинами фібро- та остеобластичного ряду з неоднорідною щільністю клітин у ділянці штифтів (найнижча щільність спостерігалась безпосередньо біля титанового штифта).

Через 14 діб біля штифтів з керамічними покриттями виявляли ділянки остеогенної тканини та новоутворені кісткові трабекули із щільно розташованими на поверхні остеобластами. Відзначали значні за обсягом фрагменти безпосереднього контакту кісткових трабекул і



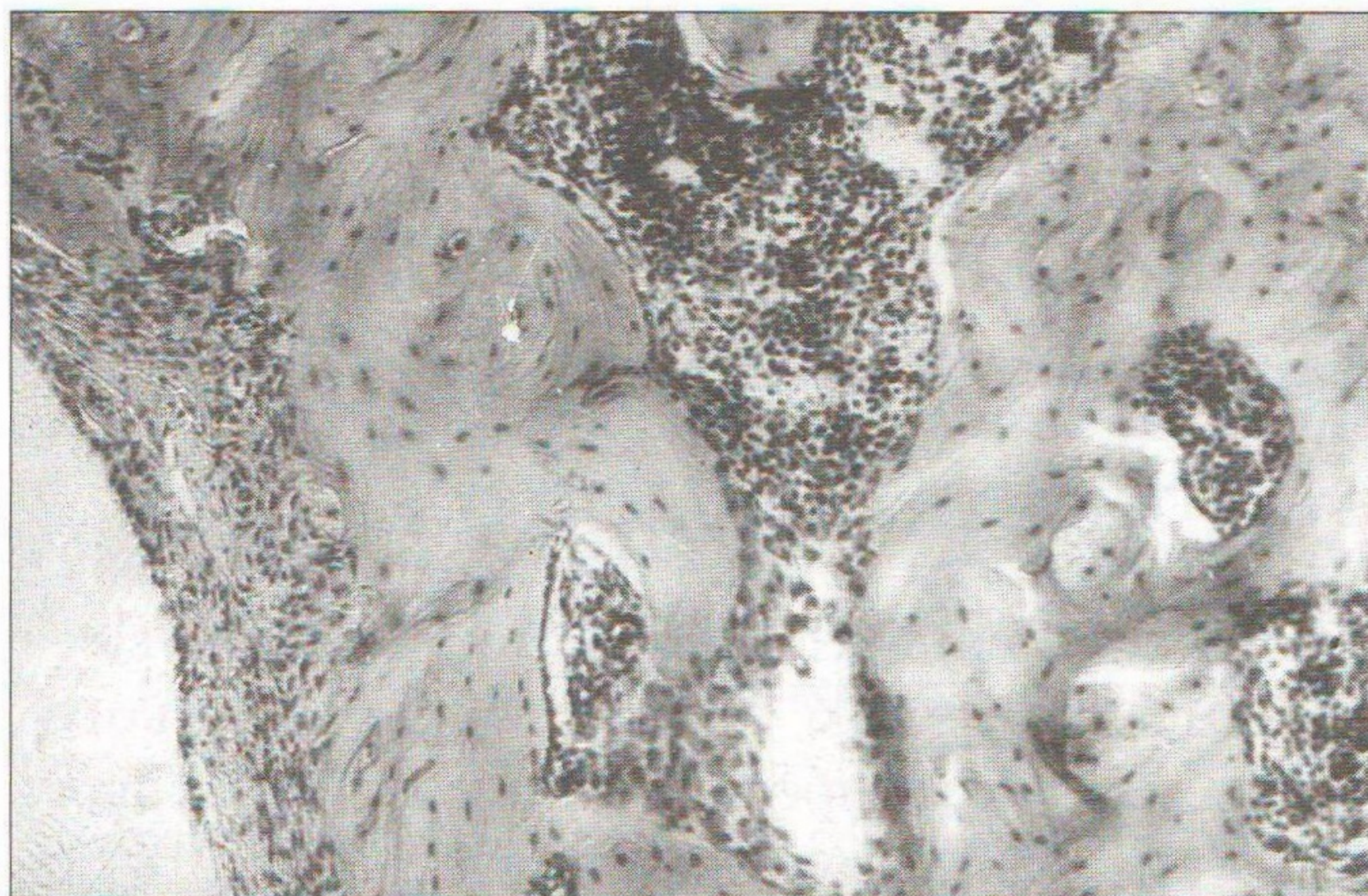
Мал.1. Ділянка новоутворених кісткових трабекул на поверхні керамічного матеріалу (К). 14 діб після імплантації. Штифт з градієнтним покриттям. Гематоксилін і еозин. Зб. 80.



Мал.2. Фрагмент остеобласта. Цитоплазма з численними розвиненими мембранними органелами. 14 діб після імплантації. Штифт з градієнтним покриттям. ЕМВ-100БР. Зб. 26000.

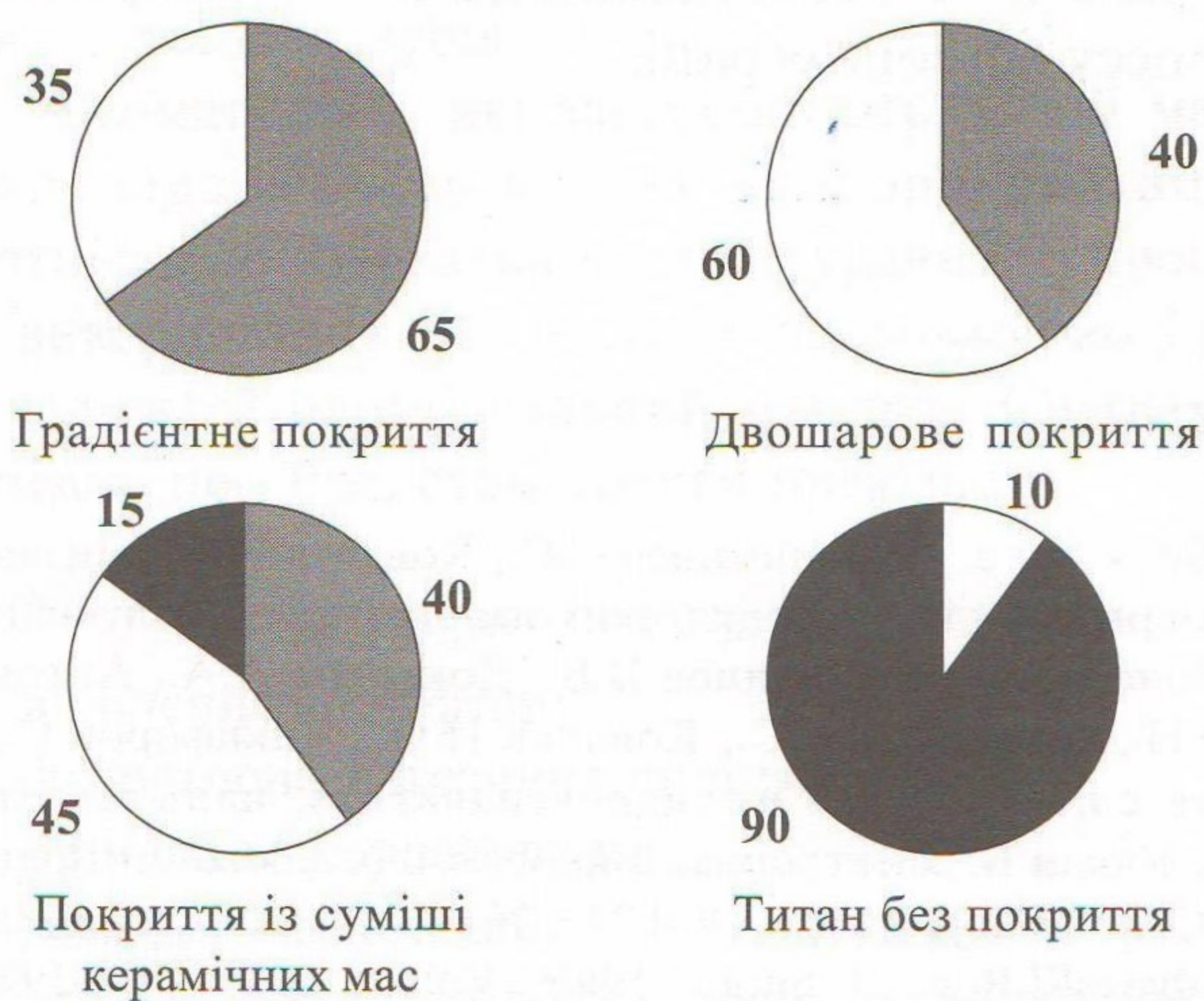
керамічного матеріалу, зокрема навколо штифта з градієнтним керамічним покриттям. Майже на усій поверхні штифта спостерігались ділянки контакту новоутворених трабекул і кераміки (мал. 1). Остеобласти з великими гіперхромними ядрами та цитоплазмою з численними розвиненими мембранними органелами розташовувались безпосередньо на керамічному матеріалі (мал. 2).

Водночас штифти з двошаровим покриттям на більших за обсягом ділянках були оточені остеогенною тканиною з незначними осередками новоутворених кісткових трабекул. Навколо штифта з покриттям із суміші керамічних мас зрілі кісткові трабекули виявлено лише на незначних ділянках. Безпосередньо біля штифта спостерігалась грубоволокниста кісткова тканина та невеликі ділянки сполучної тканини. Значні за обсягом фрагменти неформленої щільної волокнистої сполучної тканини знаходились

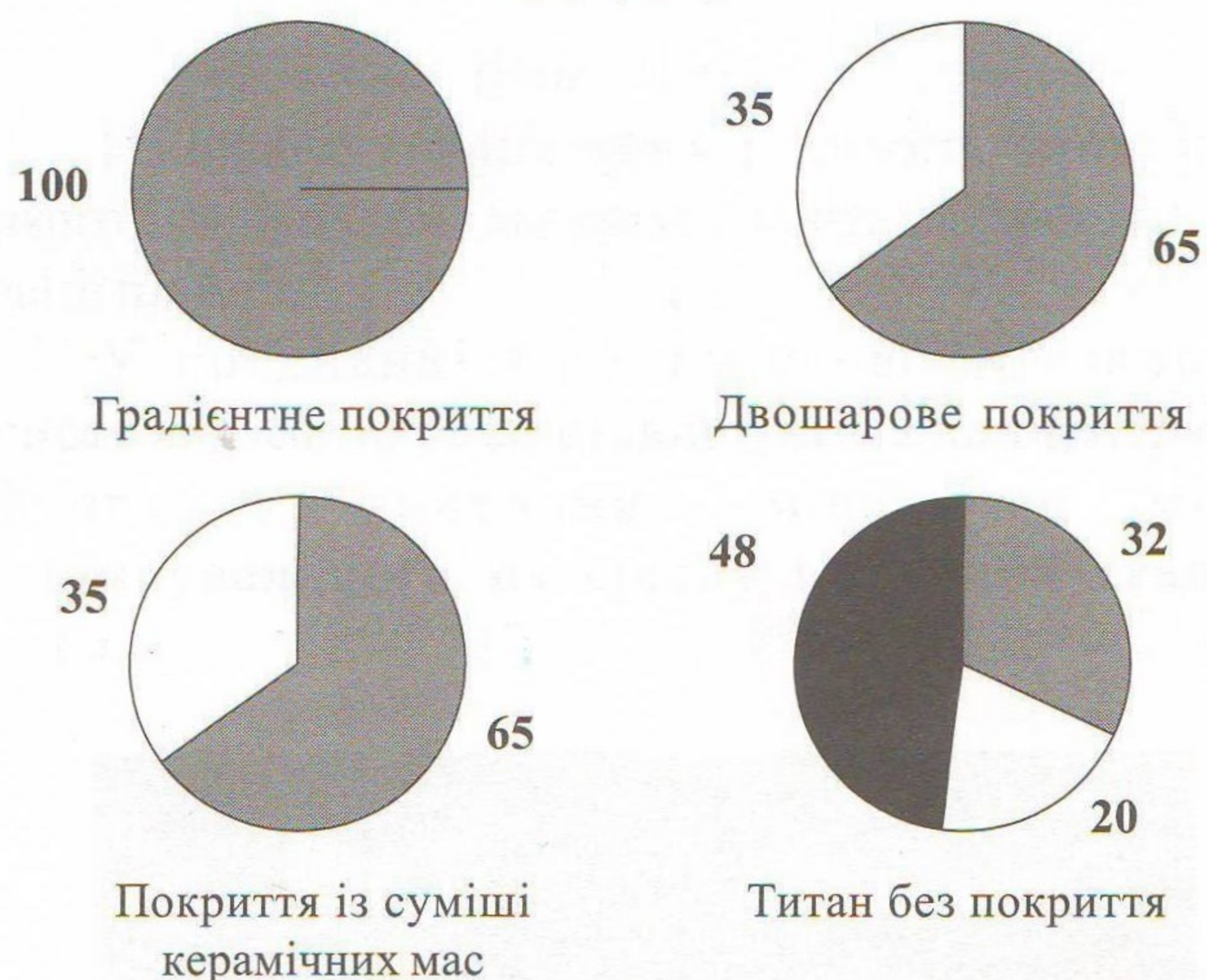


Мал.3. Ділянка неоформленої щільної сполучної тканини біля титанового штифта без покриття. 14 діб після імплантації. Гематоксилін і еозин. Зб. 80.

14 діб



60 діб



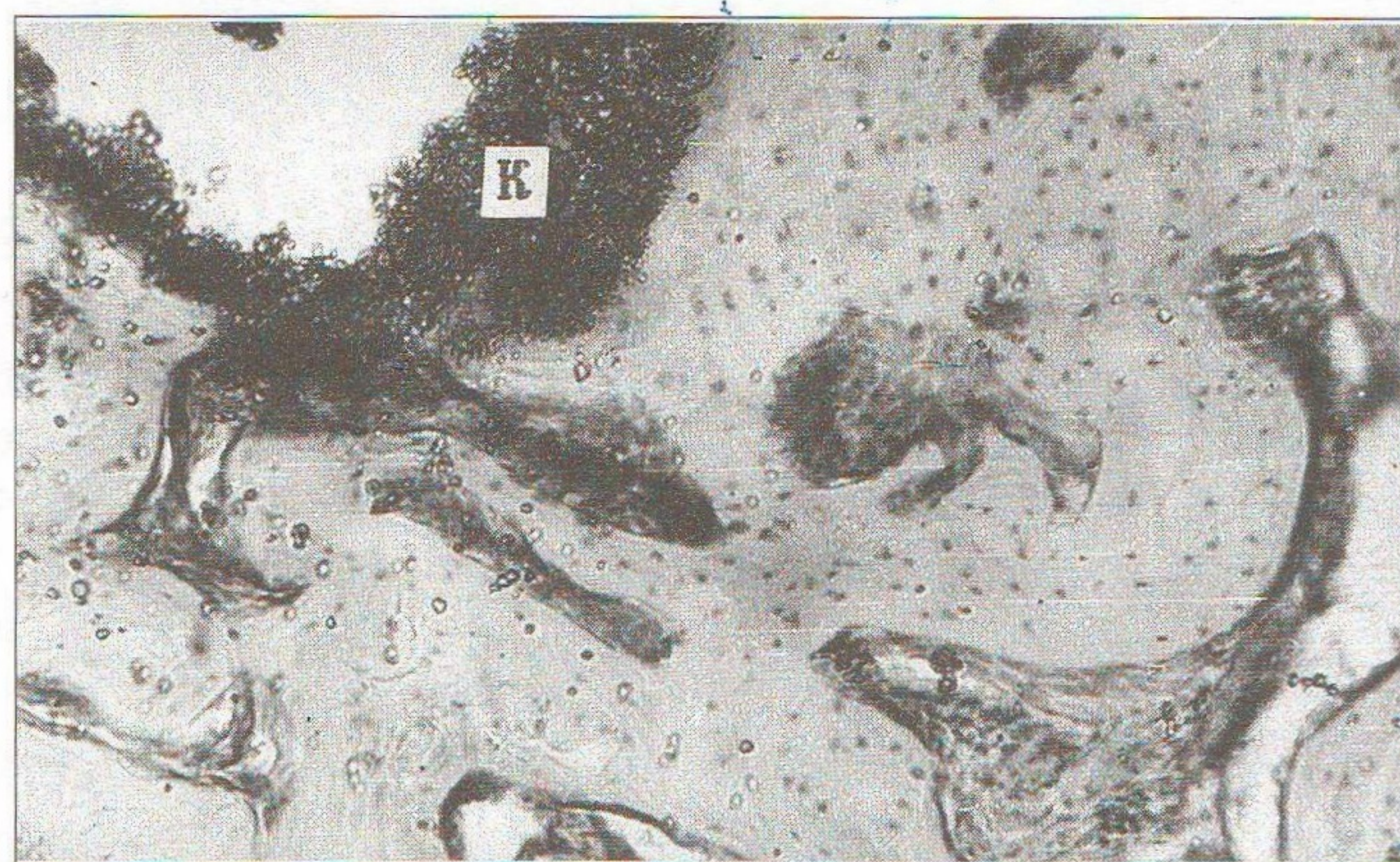
Примітка: ■ – кісткові трабекули; □ – остеоїд;  
 ■ – волокниста сполучна тканина.

Мал.4. Дані морфометричного аналізу співвідношення площин новоутворених тканин навколо штифтів з різними покриттями (у %)

поблизу титанового штифта майже по всій поверхні (мал. 3). Лише на деякій відстані від штифта новоутворені кісткові трабекули формували великопетлясті структури.

При кількісній морфометричній оцінці співвідношень новоутворених навколо штифтів тканин (мал. 4) встановлено, що найбільша площа кісткових трабекул (65%) спостерігалась біля штифтів з градієнтним покриттям, тоді як навколо штифтів з покриттям із суміші керамічних мас – лише 40%. Біля титанових штифтів 10% площі займала незріла кісткова тканина – остеоїд, решта – сполучна тканина.

Через 30 діб на поверхні штифта з градієнтним покриттям спостерігався безпосередній контакт зрілих кісткових трабекул з керамічним матеріалом, кісткова тканина проростала у товщу покриття. Аналогічний результат одержано в ділянці штифта з двошаровим покриттям,



Мал. 5. Ділянка новоутвореної губчастої дрібнопетлястої кісткової тканини навколо штифта з градієнтним керамічним покриттям (К). 60 діб після імплантації. Гематоксилін і еозин. Зб. 80.



Мал.6. Осередки незрілої волокнистої кісткової тканини навколо штифта з покриттям із суміші керамічних мас (К). 60 діб після імплантації. Гематоксилін і еозин. Зб. 80.

проте площа проростання кісткової тканини у керамічний матеріал була більшою, ніж у першому випадку.

Біля штифта з покриттям із суміші керамічних мас виявлено ділянки незрілих кісткових трабекул та остеоїд.

Тяжі неоформленої щільної сполучної тканини з невеликими осередками кісткових трабекул спостерігалися навколо титанового штифта.

Через 60 діб майже вся поверхня штифта з градієнтним покриттям була щільно оточена новоутвореною губчастою кістковою дрібнопетлястою тканиною (мал. 5), що підтвердили морфометричні дані (мал. 4). На значних фрагментах штифта кісткові трабекули проростали у матеріал покриття і, зокрема, з покриттям із суміші керамічних мас, зберігалися осередки остеоїда та незрілих кісткових трабекул площею 20 та 35% відповідно (мал. 6). Безпосередній

контакт кісткової тканини з керамічним матеріалом у цих випадках менший.

Навколо титанових штифтів поряд з ділянками зрілої кісткової тканини наявні осередки остеоїда. На 48% площі неоформлена щільна волокниста сполучна тканина контактує безпосередньо з металом (мал. 4).

Таким чином, результати експериментальних досліджень свідчать, що навколо штифтів з різним керамічним покриттям та без нього, процеси кісткоутворення та інтеграції матеріалу покриття з кістковою тканиною протікають по-різному: вони більш виражені навколо титанових штифтів з керамічними покриттями порівняно з титановими штифтами без покриття. Проте, навколо штифтів з керамічним градієнтним покриттям спостерігалось прискорене утворення та зрілість кісткової тканини, а також завершення процесу остеоінтеграції.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Автандилов Г.Г. Медицинская морфометрия. - М.: Медицина. - 1990. - 380 с. - 2. Алимпиев С.С., Ковалев И.О., Лиханов В.В., Никифоров С.М., Попов В.К., Соболев Э.Н. Биосовместимые покрытия для металлических имплантатов, полученные лазерным напылением// Стоматология. - 1996. - N 5. - С. 64-67. - 3. Воложин А.И., Лиханов В.В., Докторов А.А., Антонов Е.Н., Дружинина Р.А., Багратишвили В.Н., Попов В.К., Соболев Э.Н., Алимпиев С.С., Ковалев И.О., Никифоров С.М. Особенности построения костной ткани у поверхности имплантата с покрытиями из гидроксиапатита, напыленными эксимерным и СО<sub>2</sub>-лазерами// Стоматология. - 1996. - N 6. - С. 4-7. - 4. Уикли Б. Электронная микроскопия для начинающих/ М.: Медицина. - 1980. - 120 с. - 5. Lemons J.E. Hydroxyapatite coating//Clin. Orthop. - 1988. -Vol.235, N 10. -P. 220-223. - 6. Jaffe W.L., D.F.Scoot. Total Hip artroplasty with Hidroxyapatite-coating prostheses//J.Bone Jt. Surg. - 1996. -Vol. 78 A.-P. 1918-1930.