

УДК 617.57/.58-089.844:616.717/.718-008.9-079:577.1](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872025320-25>

Динаміка біохімічних маркерів кісткового метаболізму у пацієнтів із сегментарними дефектами кісток під час лікування за методикою Masquelet

С. Магомедов, Ю. В. Поляченко, А. В. Калашніков, Ю. М. Літун, Л. В. Поліщук

ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», Київ

Segmental bone defects represent a complex clinical challenge in reconstructive orthopedics, etiologically associated with high-energy trauma, oncological resections, and osteomyelitic processes. The two-stage Masquelet technique with induced membrane formation demonstrates high efficacy in reconstructing critical-size bone defects, however, the molecular-biochemical mechanisms of reparative osteogenesis during its application remain insufficiently investigated. Objective. To evaluate the dynamics of biochemical markers of bone metabolism in patients with segmental defects of long tubular bones during treatment using the induced membrane (Masquelet) technique in order to determine the metabolic characteristics of osteogenesis and to optimize bone regeneration. Methods. The study included 85 patients aged 18 to 65 years. The experimental group consisted of 44 patients with segmental bone defects, while the control group comprised 41 patients with low-energy fractures. Biochemical markers such as alkaline phosphatase, osteocalcin, β -CrossLaps, calcium, phosphorus, and parathyroid hormone were analyzed. Results. Before treatment, significant abnormalities in bone metabolism markers were observed in the experimental group: elevated alkaline phosphatase (175.45 ± 46.2) U/L, osteocalcin (53.70 ± 12.4) ng/mL, β -CrossLaps (0.949 ± 0.271) ng/mL. Following treatment, 75–92 % of patients demonstrated normalization of biochemical parameters, indicating stimulation of reparative osteogenesis. Conclusions. The Masquelet technique effectively stimulates bone regeneration in segmental defects, as confirmed by the normalization of biochemical markers. Comprehensive biochemical monitoring can serve as a valuable tool for assessing treatment efficacy. Keywords. Segmental defect, induced membrane, osteogenesis, biochemical markers, bone metabolism.

Сегментарні дефекти кісток є доволі складною проблемою реконструктивної ортопедії, етіологічно пов'язаною з високоенергетичними травмами, онкологічними й остеомієлітичними процесами. Двохетапна методика Masquelet з формуванням індукційної мембрани демонструє високу ефективність у відновленні критичних кісткових дефектів, проте молекулярно-біохімічні механізми репаративного остеогенезу в разі її застосування залишаються недостатньо дослідженими. Мета. Вивчити динаміку біохімічних маркерів кісткового метаболізму в пацієнтів із сегментарними дефектами довгих трубчастих кісток у процесі лікування з використанням методики індукованої мембрани (Masquelet) для визначення метаболічних особливостей остеогенезу й оптимізації остеорегенерації. Методи. Обстежено 85 пацієнтів віком від 18 до 65 років. Дослідну групу склали 44 особи з сегментарними дефектами кісток, пролікованих за двохетапною методикою Masquelet. Контрольну групу (41 пацієнт) становили хворі з низькоенергетичними переломами. Дослідження включало визначення маркерів кісткового метаболізму (лужна фосфатаза, остеокальцин, β -CrossLaps), показників мінерального обміну (кальцій, фосфор) та регуляторний фактор (паратгормон). Результати. До лікування в пацієнтів із сегментарними дефектами виявлено підвищення рівнів лужної фосфатази ($175,45 \pm 46,2$) мкат/л, остеокальцину ($53,70 \pm 12,4$) нг/мл та β -CrossLaps ($0,949 \pm 0,271$) нг/мл. Після лікування в 75–92 % випадків спостерігалася нормалізація показників біохімічного ремоделювання кісткової тканини, що свідчить про стимуляцію репаративного остеогенезу. Висновки. Методика індукційної мембрани сприяє стимуляції репаративного остеогенезу, що підтверджується нормалізацією біохімічних маркерів. Комплексне оцінювання біохімічних показників є важливим інструментом моніторингу ефективності лікування.

Ключові слова. Сегментарний дефект, індукційна мембрана, остеогенез, біохімічні маркери, кістковий метаболізм

Вступ

Заміщення сегментарних дефектів кісток на часі надзвичайно актуальне питання ортопедії та травматології. Загальновідомі методики — васкуляризованого аутотрансплантата малого-мілкової кістки чи метод дистракційного остеосинтезу за Ілізаровим є поширеними. Хоча вони й доволі ефективні, але мають і певні недоліки. Зокрема — технічно складні, потребують високої кваліфікації спеціалістів і сучасного матеріально-технічного забезпечення, а також велику кількість ускладнень у післяопераційному періоді [1, 2].

Щоб мінімізувати кількість ускладнень і небажаних результатів у 1986 році А. Masquelet запропонував двохетапну методику, яка полягає в імплантації на першому етапі поліметилметакрилату (РММА) (кісткового цементу) насиченого антибіотиком, який відповідає за формування псевдосиновіальної оболонки. Другий — після формування індукованої мембрани в термін від 6 до 8 тижнів — видалення спейсера, а порожнина заповнюється спонгіозним аутотрансплантатом. Властивості мембрани полягають у її механобіологічних особливостях: перша — запобігає інвазії фіброзної тканини в ділянку реконструкції реципієнта, а також дозволяє відновити анатомію ушкодженого сегмента; біологічна стимулює регенераторні властивості тканин із наступним формуванням індукційної мембрани, яка реваскуляризує кістковий трансплантат і запобігає його резорбції [3, 4].

Ця методика дозволяє реконструювати значні діафізарні дефекти, навіть якщо ділянка реципієнта була опромінена або інфікована, за умови попередньо сформованої оболонки для захисту та реваскуляризації кісткового трансплантата [5].

Стимуляція остеогенного потенціалу ауто-трансплантата за допомогою факторів росту й остеоіндуктивних клітин є завдання сьогоденного вивчення [6, 7]. Дослідження, які проводяться на зараз, знаходяться на початковому етапі й потребують відповідей на значну кількість питань.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що подальше вивчення метаболічних властивостей індукційних мембран має потенціал для виявлення нових механізмів біології та регенерації кісткової тканини, що дасть можливість покращити якість допомоги багатьом пацієнтам. Техніка використання індукованої мембрани є унікальною та змінює парадигму на імплантацію стороннього тіла в організм людини. Незважаючи на засто-

сування методики в практиці більше 30 років, науково-практичні дослідження її властивостей лише розпочинаються.

Мета: оцінити динаміку біохімічних маркерів кісткового метаболізму в пацієнтів із сегментарними дефектами кісток у процесі лікування з використанням методики індукованої мембрани (Masquelet) з метою визначення метаболічних особливостей остеогенезу й оптимізації остеорегенерації.

Матеріал і методи

Дослідження проведено на базі лабораторії біохімії ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України». Роботу проводили відповідно до умов Гельсінської декларації за схвалення комісії з питань біоетики (протокол № 3 від 26.04.2025 р.). Усі пацієнти, задіяні в цьому дослідженні, підписали добровільну інформовану згоду на участь.

Обстежено 85 осіб віком від 18 до 65 років (середній вік $42,3 \pm 8,7$ років).

До дослідної групи увійшло 44 постраждалих із сегментарними дефектами кісток, здебільшого нижніх кінцівок в яких було застосовано двохетапну методику за Masquelet. Контрольна група — 41 особа, госпіталізовані з приводу внутрішньосуглобових ушкоджень і низькоенергетичних закритих переломів нижніх кінцівок. Групи були тотожні за віком і статтю.

В основу клінічного спостереження було покладено кількісне визначення маркерів ремоделювання кісткової тканини методом паралельного біохроматичного і монохроматичного вимірювання адсорбції (Автоматичний електрохемілюмінесцентний аналізатор Cobas E 411 та біохімічний аналізатор Cobas E 311 із використанням тест систем Roche Diagnostics).

Лабораторні дослідження включали визначення наступних показників: маркери формування кісткової тканини (лужна фосфатаза (ЛФ), остеокальцин), показники резорбції (β -CrossLaps) та мінерального обміну (загальний кальцій, фосфор), регуляторні фактори (паратгормон), додаткові ферменти (креатинфосфокіназа (КФК), лактатдегідрогеназа (ЛДГ)). Збір крові проводився вранці натщесерце до початку лікування та після його завершення. Вивчали сироватку крові хворих, яку відділяли на центрифугі ELMI Centrifuge CM-6MT.

Для статистичного аналізу значень використано дискриптивну методику з розрахунком середньої величини (M), середньої стандартної помилки (m). Вірогідність різниці оцінювали

залежно від виду розрізу даних параметричними (за t-критерієм Стюдента для непов'язаних вибірок) і непараметричними (χ^2 Пірсона, U-критерій Манна-Уїтні) методами. Взаємозв'язок між параметрами, які вивчалися, виявляли за допомогою розрахунку коефіцієнта кореляції Спірмена. Усі дані наведено у вигляді середнього та похибки середнього значення. Значущою вважали різницю за $p < 0,05$. Розрахунки здійснені в програмі «Statistica 12».

Результати

Аналіз початкових показників у дослідній групі виявив значні відхилення від референтних значень. Підвищений рівень лужної фосфатази (> 129 мккат/л) спостерігався у 23 % пацієнтів із середнім значенням ($175,45 \pm 46,2$) мккат/л у групі з підвищеним рівнем. Відхилення остеокальцину від норми виявлено в 55 % хворих, із них $> 22,0$ нг/мл у 45 % (до $53,70 \pm 12,4$ нг/мл). Підвищений рівень β -CrossLaps зафіксовано у 42 % випадків (середнє значення $0,949 \pm 0,271$ нг/мл), причому найвищі показники спостерігались у пацієнтів із тривалістю захворювання понад 2 роки. Порушення кальцій-фосфорного обміну виявлено в 35 % випадків, включаючи гіперфосфатемію в 18 та гіпокальціємію в 12 % (рис. 1).

Після проведеного лікування зафіксовано позитивну динаміку: нормалізація рівня лужної фосфатази у 85 % пацієнтів (середнє значення знизилось до $102,3 \pm 28,6$) мккат/л, відновлення рівня остеокальцину до референтних значень у 75 %. Рівень β -CrossLaps знизився в середньому на 35 % (до $0,621 \pm 0,248$ нг/мл) із повною нормалізацією показника у 82 % осіб. Показники мінерального обміну нормалізувались у більшості пацієнтів: рівень кальцію — у 92 %, фосфору — у 88 % випадків.

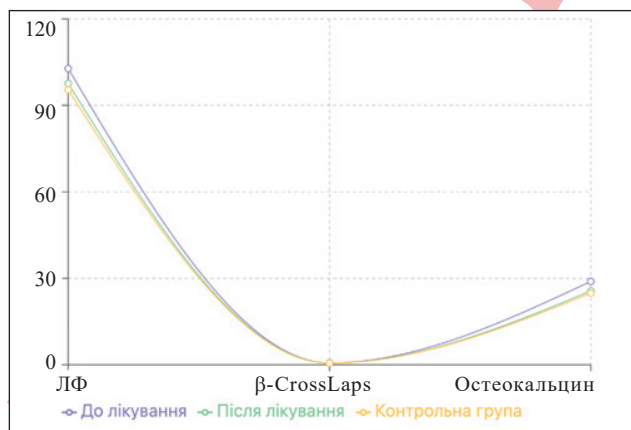


Рис. 1. Динаміка основних маркерів кісткового метаболізму

Показники контрольної групи характеризувались стабільністю та знаходились у межах референтних значень: лужна фосфатаза — $(103,4 \pm 25,6)$ мккат/л, кальцій — $(2,52 \pm 0,28)$ ммоль/л, фосфор — $(1,28 \pm 0,38)$ ммоль/л, β -CrossLaps — $(0,621 \pm 0,248)$ нг/мл, остеокальцин — $(29,8 \pm 11,7)$ нг/мл, паратгормон — $(28,9 \pm 11,8)$ пг/мл (рис. 2).

Обговорення

Аналіз отриманих результатів демонструє комплексні зміни біохімічних маркерів у пацієнтів із сегментарними дефектами кісткової тканини. Особливу увагу привертають зміни маркерів формування та резорбції кісткової тканини, які показали характерні зміни. Рівень лужної фосфатази був підвищений ($102,5 \pm 31,2$) мккат/л із достовірними гендерними відмінностями ($105,3 \pm 29,8$) мккат/л у чоловіків проти $97,7 \pm 24,6$ мккат/л у жінок, $p < 0,05$). Також спостерігалось підвищення рівня остеокальцину ($27,8 \pm 10,7$) нг/мл, що вказує на активацію остеобластів.

У дослідженні Н. S. Rathwa і співавт. виявлено подібну закономірність, вони її пов'язують з компенсаторною активацією процесів формування кісткової тканини [8, 9]. Маркер резорбції β -CrossLaps продемонстрував підвищений рівень ($0,64 \pm 0,23$) нг/мл із вираженою індивідуальною варіабельністю ($CV = 35,7\%$).

У публікаціях F. Perut і співавт. та S. Wei і співавт. також зазначено про високу варіабельність цього показника та його значення для вивчення інтенсивності резорбції кісткової тканини [10, 11]. Дані мінерального обміну виявились найстабільнішими. Рівень кальцію ($2,55 \pm 0,23$) ммоль/л характеризувався найменшою варіабельністю ($CV = 8,9\%$), що свідчить про збереження механізмів гомеостазу.

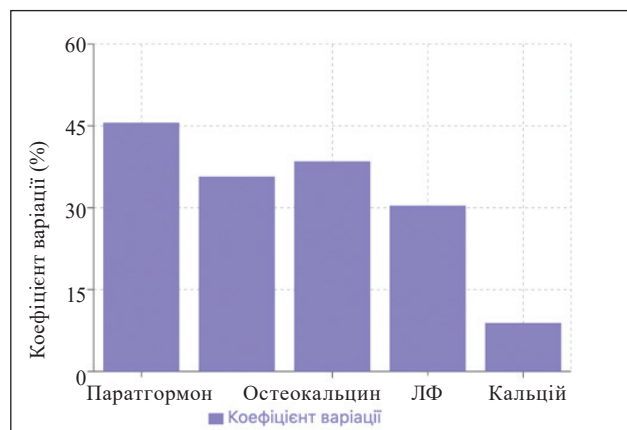


Рис. 2. Коефіцієнти варіації біохімічних показників

У спостереженні М. Kumar і співавт. підкреслюють важливість підтримки стабільного рівня кальцію для процесів репаративного остеогенезу [12]. Особливої уваги заслуговує підвищений рівень паратгормону ($28,2 \pm 13,7$) пг/мл із високою варіабельністю ($CV = 456\%$) та правосторонньою асиметрією розподілу.

О. W. Omogbai і співавт. пов'язують це з активацією компенсаторних механізмів регуляції кальцій-фосфорного обміну [13]. Ферментативна активність також зазнала характерних змін. Рівень КФК був підвищений ($15,3 \pm 4,3$) Од/л із достовірно більшими показниками в жіночій групі ($p < 0,05$). Активність ЛДГ ($197,4 \pm 47,6$) Од/л демонструвала нормальний розподіл даних.

І. A. Nicholson і співавт. довели подібні зміни та їхнє значення для оцінки метаболічної активності кісткової тканини. Виявлені кореляційні зв'язки між маркерами (ЛФ/остеокальцин $r = 0,72$, β -CrossLaps/ЛФ $r = 0,68$) підтверджують взаємозв'язок процесів формування та резорбції [14].

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості використання комплексного оцінювання біохімічних маркерів для моніторингу ефективності лікування. Водночас необхідно враховувати високу індивідуальну варіабельність деяких показників та їхні гендерні особливості. Під час аналізу патогенетичних механізмів репаративного остеогенезу важливо відзначити роль різних факторів росту та цитокінів. Підвищений рівень остеокальцину ($27,8 \pm 10,7$) нг/мл разом із високою активністю ЛФ ($102,5 \pm 31,2$) мккат/л може відображати активацію BMP2-залежного шляху остеогенезу.

S. Martin-Iglesias і співавт. продемонстрували, що такі зміни корелюють з експресією BMP2 та активацією остеобластів [15, 16]. Взаємозв'язок між маркерами резорбції та формування кісткової тканини заслуговує особливої уваги. Підвищений рівень β -CrossLaps ($0,64 \pm 0,23$) нг/мл за одночасного підвищення остеокальцину свідчить про порушення балансу процесів ремоделювання. N. Patel зі співавт. показали, що таке поєднання змін характерне для уповільненої консолидації [17].

Роль запальних факторів також значуща. Виявлена висока варіабельність паратгормону ($CV = 45,6\%$) та правостороння асиметрія його розподілу можуть відображати активацію прозапальних механізмів. H. ElHawary і співавт. відзначали подібні зміни в разі порушення консолидації переломів [18]. Стабільність показників мінераль-

ного обміну (кальцій $CV = 8,9\%$) за значної варіабельності інших маркерів може свідчити про збереження системних механізмів регуляції за умов локальних порушень остеогенезу.

V. Fischer і співавт. підкреслюють важливість підтримки мінерального гомеостазу для успішної консолидації. Гендерні відмінності в рівнях ЛФ ($105,3 \pm 29,8$) мккат/л у чоловіків проти ($97,7 \pm 24,6$) у жінок та КФК можуть бути пов'язані не лише з гормональними особливостями, але й з різною інтенсивністю механічного навантаження [19]. Виявлені зміни також дозволяють припустити участь VEGF-залежних механізмів у порушенні репаративного остеогенезу. K. Hu і співавт. зазначили, що активація ангиогенезу є критичним фактором для успішної консолидації [20]. Отже, комплексний аналіз біохімічних маркерів відкриває нові можливості для розуміння патогенезу репаративного остеогенезу й оптимізації лікувальної тактики.

Висновки

Проведене дослідження показало, що до лікування в пацієнтів спостерігались значні порушення кісткового метаболізму, які проявлялись відхиленнями біохімічних маркерів від референтних значень.

У хворих із сегментарними дефектами кісткової тканини виявлено підвищення рівнів маркерів як формування (ЛФ — $102,5 \pm 31,2$) мккат/л, остеокальцин — $27,8 \pm 10,7$ нг/мл), так і резорбції (β -CrossLaps — $0,64 \pm 0,23$ нг/мл), що свідчить про порушення балансу процесів ремоделювання.

Більшість досліджуваних показників знаходилась у межах референтних значень, проте характеризувались значною індивідуальною варіабельністю. Виявлено статистично значущі гендерні відмінності для показників ЛФ ($105,3 \pm 29,8$) мккат/л у чоловіків і ($97,7 \pm 24,6$) у жінок, $p < 0,05$) та КФК, що необхідно враховувати під час інтерпретації результатів.

Найбільшу варіабельність продемонстрували рівні паратгормону ($CV = 45,6\%$) та β -CrossLaps ($CV = 35,7\%$), найменшу — концентрація загального кальцію ($CV = 8,9\%$). Розподіл даних для більшості показників характеризувався правосторонньою асиметрією, за винятком кальцію та ЛДГ, які мали розподіл, близький до нормального.

Встановлено кореляційні зв'язки між маркерами формування та резорбції кісткової тканини ($r = 0,68-0,72$; $p < 0,01$), що підтверджує комплексний характер порушень метаболізму та необхідність

моніторингу широкого спектра біохімічних маркерів для визначення ефективності лікування.

Проведене спостереження продемонструвало високу ефективність, що підтверджується нормалізацією більшості біохімічних показників

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Перспективи подальших досліджень. Обмеженням цього дослідження є відносно незначний період спостереження, що на цьому етапі не вплинуло на його результати. Комплексне оцінювання біохімічних маркерів є ефективним методом моніторингу лікування порушень кісткового метаболізму та має перспективу для подальшого розширення роботи.

Інформація про фінансування. Автори заявляють про відсутність фінансової підтримки під час отримання результатів і написанні цієї статті.

Внесок авторів. Магомедов С. — аналіз результатів дослідження, участь у написанні статті; Поляченко Ю. В. — визначення напрямів дослідження; Калашніков А. В. — аналіз клінічного матеріалу, оформлення висновків; Лігун Ю. М. — аналіз клінічного матеріалу, участь у написанні статті; Поліщук Л. В. — обробка та проведення біохімічних досліджень.

Список літератури

- Gubin, A. V., Borzunov, D. Y., & Malkova, T. A. (2013). The Ilizarov paradigm: Thirty years with the Ilizarov method, current concerns and future research. *International orthopaedics*, 37(8), 1533–1539. <https://doi.org/10.1007/s00264-013-1935-0>
- Mauffrey, C., Barlow, B. T., & Smith, W. (2015). Management of segmental bone defects. *Journal of the American academy of orthopaedic surgeons*, 23(3), 143–153. DOI: 10.5435/JAAOS-D-14-00018R1
- Masquelet, A. C., & Begue, T. (2010). The concept of induced membrane for reconstruction of long bone defects. *Orthopedic clinics of North America*, 41(1), 27–37. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2009.07.011>
- Taylor, B. C., Hancock, J., Zitzke, R., & Castaneda, J. (2015). Treatment of bone loss with the induced membrane technique. *Journal of orthopaedic trauma*, 29(12), 554–557. <https://doi.org/10.1097/bot.0000000000000338>
- Niikura T., Jimbo N., Komatsu M., Oe K., Fukui T., Matsumoto T., Hayashi S., Matsushita T., Sakai Y., Itoh T., Kuroda R. (2021). Histological analysis of induced membranes in patients whose bone defects were treated with the Masquelet technique to identify factors affecting the vascularity of induced membranes. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02404-7>
- Liu, S., Hu, C., & Ren, Z. (2017). Bone tissue engineering: Scaffolds with Osteoinductivity for bone regeneration. *BioMed research international*, 2017, 1–1. <https://doi.org/10.1155/2017/1038476>
- Kaspiris, A., Hadjimichael, A. C., Vasiliadis, E. S., Papachristou, D. J., Giannoudis, P. V., & Panagiotopoulos, E. C. (2022). Therapeutic efficacy and safety of Osteoinductive factors and cellular therapies for long bone fractures and non-unions: A meta-analysis and systematic review. *Journal of clinical medicine*, 11(13), 3901. <https://doi.org/10.3390/jcm11133901>
- Haubruck, P., Heller, R., Apitz, P., Kammerer, A., Alamouti, A., Daniel, V., Schmidmaier, G., & Moghaddam, A. (2018). Evaluation of matrix metalloproteinases as early biomarkers for bone regeneration during the applied Masquelet therapy for non-unions. *Injury*, 49(10), 1732–1738. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2018.07.015>
- Rathwa, H. S., Verma, T., & Chavali, V. H. (2021). Assessment of union in fractures: Role of serum alkaline Phosphatase and ultrasonography. *Journal of clinical orthopaedics and trauma*, 14, 94–100. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2020.08.004>
- Perut, F., Roncuzzi, L., Gómez-Barrena, E., & Baldini, N. (2024). Association between bone turnover markers and fracture healing in long bone non-union: A systematic review. *Journal of clinical medicine*, 13(8), 2333. <https://doi.org/10.3390/jcm13082333>
- Wei, S., Pan, X., & Wei, J. (2024). Relationship between bone turnover markers and renal disease in elderly patients with type 2 diabetes: A cross-sectional study. *BMC endocrine disorders*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12902-024-01698-y>
- Kumar, M., Shelke, D., & Shah, S. (2017). Prognostic potential of markers of bone turnover in delayed-healing tibial diaphyseal fractures. *European journal of trauma and emergency surgery*, 45(1), 31–38. <https://doi.org/10.1007/s00068-017-0879-2>
- Omogbai, O. W., & Olaniyan, M. F. (2023). Assessment of selected biomarkers of bone healing and inflammation among subjects with fracture on traditional and conventional treatment methods. *Sokoto journal of medical laboratory science*, 8(3), 46–54. <https://doi.org/10.4314/sokjmls.v8i3.6>
- Nicholson, J., Yapp, L., Keating, J., & Simpson, A. (2021). Monitoring of fracture healing. Update on current and future imaging modalities to predict union. *Injury*, 52, S29–S34. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2020.08.016>
- Martin-Iglesias, S., Milian, L., Sancho-Tello, M., Salvador-Clavell, R., Martín de Llano, J. J., Carda, C., & Mata, M. (2022). BMP-2 enhances osteogenic differentiation of human adipose-derived and dental pulp stem cells in 2D and 3D in vitro models. *Stem cells international*, 2022, 1–15. <https://doi.org/10.1155/2022/4910399>
- Kovalchuk, A., Zynych, O., Korpachev, V., Kushnareva, N., Prybyla, O., & Shishkan-Shishova, K. (2021). Osteocalcin: The relationship between bone metabolism and glucose homeostasis in diabetes mellitus. *International journal of endocrinology (Ukraine)*, 17(4), 322–328. <https://doi.org/10.22141/2224-0721.17.4.2021.237347>
- Patel, N., & Ganti, L. (2025). The treatment and monitoring of osteoporosis using bone turnover markers. *Orthopedic reviews*, 17. <https://doi.org/10.52965/001c.127772>
- ElHawary, H., Baradaran, A., Abi-Rafeh, J., Vorstenbosch, J., Xu, L., & Efanov, J. I. (2021). Bone healing and inflammation: Principles of fracture and repair. *Seminars in plastic surgery*, 35(03), 198–203. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1732334>
- Fischer, V., Haffner-Luntzer, M., Amling, M., & Ignatius, A. (2018). Calcium and vitamin D in bone fracture healing and post-traumatic bone turnover. *European Cells and Materials*, 35, 365–385. <https://doi.org/10.22203/ecm.v035a25>
- Hu, K., & Olsen, B. R. (2016). The roles of vascular endothelial growth factor in bone repair and regeneration. *Bone*, 91, 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2016.06.013>

Стаття надійшла до редакції 27.05.2025	Отримано після рецензування 19.06.2025	Прийнято до друку 03.07.2025
---	---	---------------------------------

DYNAMICS OF BIOCHEMICAL MARKERS OF BONE METABOLISM IN PATIENTS WITH SEGMENTAL BONE DEFECTS TREATED WITH THE MASQUELET TECHNIQUE

S. Magomedov, Yu. V. Polyachenko, A. V. Kalashnikov, Yu. M. Litun, L. V. Polishchuk

SI «National Institute of Traumatology and Orthopedics of the NAMS of Ukraine», Kyiv

✉ Sadrudin Magomedov, MD, Prof.: alexander@magomedov.kiev.ua; <https://orcid.org/0000-1234-5678-9101>

✉ Yuriy Polyachenko, MD, Prof. in Orthopedics and Traumatology: poliach.yv@gmail.com; <https://orcid.org/00000003-1814-4240>

✉ Andrii Kalashnikov, MD, Prof. in Orthopedics and Traumatology: orgitoua@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-8092-3451>

✉ Yurii Litun, MD, PhD: litun_yurii@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-7397-5381>

✉ Larysa Polishchuk: 2501lora@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9416-4596>