

Шимон В.М., Алфелдй С.П., Стойка В.В., Шимон М.В.
Ужгородський національний університет, м. Ужгород, Україна

Замісні трансплантати в травматології та ортопедії

Резюме. Робота присвячена дослідженню розвитку використання біоматеріалів для заміщення дефектів довгих кісток. Останніми десятиліттями намітилась активна тенденція, спрямована на створення матеріалів, які замінюють пошкоджені шкірні покриви, м'язову та кісткову тканину, судини та нервові волокна. На даний період такі матеріали дістали назву «біоматеріали». Одним із перспективних напрямків є виготовлення композиційних матеріалів на основі біоскла. Розглянуто особливості використання біоматеріалів різної природи, позитивні властивості та проблеми, пов'язані з їх використанням. Сформульовано вимоги до сучасних біоматеріалів, які використовуються для імплантації. Коротко охарактеризовано еволюцію даного напрямку та основні віхи. Визначено перспективні напрямки щодо подальших досліджень у даній галузі.

Ключові слова: імплантати; біоскло; кераміка; біоматеріал

За останні десятиліття значного поширення набули методи хірургічного втручання при переломах та захворюваннях кісткової системи, спрямовані на заповнення дефектів кісток. У випадках імпресійних переломів, несправжніх суглобів кісток, дегенеративно-кістозних захворюваннях та пухлинах для збереження опорної функції кістки є потреба в заміщенні дефекту кісткової тканини алотрансплантатами.

Добре вивчено умови для репаративної регенерації кісткової тканини при переломах. Це точна репозиція кісткових відламків, стабільна фіксація кісткових фрагментів, бережне відношення до тканин, що забезпечують кровопостачання. Дотримання цих умов сприяє досягненню добрих результатів хірургічного лікування.

З практичної точки зору управління процесом формування кісткової тканини розглядають з двох сторін:

а) активний вплив на швидкість репаративної регенерації пошкодженої кісткової тканини;

б) можливість впливу на розвиток кістки в постнатальному періоді, при порушеннях розвитку в ембріональному періоді.

Протягом останніх десятиліть зростає тенденція щодо створення матеріалів для заміщення пошкоджених шкірних покривів, м'язової та кісткової тканин, судин і нервів. Такі матеріали дістали назву «біоматеріали».

Біоматеріали — це матеріали, призначені для того, щоб служити межею поділу з біологічними системами, для того щоб оцінювати, лікувати, нарощувати або замінювати будь-яку тканину, орган або функцію тіла [6]. Розвиток індустрії протезування суглобів дав значний поштовх до розробки і дослідження біоматеріалів для лікування кістково-м'язової системи. Провідне місце серед трансплантатів для кісткової системи зайняли керамічні матеріали. Вони широко використовуються в імплантатах для остеосинтезу та протезування в травматології, ортопедії та щелепно-лицевій хірургії, пломбувальних матеріалах у стоматології та медико-косметичних засобах [1, 5]. Кількість хворих, які потребують хірургічного втручання з приводу відновлення цілісності кістки, в США становить більше ніж 1 млн чоловік щорічно.

Сучасні вимоги до біоматеріалів стосуються як хімічних, так і механічних властивостей. Відсутність негативних хімічних реакцій з тканинами та міжтканиною рідиною, відсутність корозії, міцність матеріалу, стійкість до утворення тріщин, зносостійкість, відсутність реакції з боку імунної системи, консолідація з кістковою тканиною, а також стимуляція остогенезу є обов'язковими вимогами для сучасного трансплантата кісткової тканини. Тому пошуки та розробки біоматеріалів тривають.

Біоактивні матеріали на основі кальцій-фосфатної кераміки та біоскла на основі кремнію характеризуються утворенням дуже тісного хімічного зв'язку з кісткою (зв'язковий остеогенез). Завдяки своїй хімічній структурі ці матеріали покращують утворення кісткової тканини, імпортуючи з поверхні матеріалу (імплантату) певні іони та індукуючи утворення безперервного зв'язку між тканиною та поверхнею імплантату. В сучасній травматології та ортопедії для заміщення дефектів кісткової тканини все частіше застосовують керамічні матеріали, до яких відносимо гідроксіапатити та їх аналоги. Вони входять до числа небагатьох біоактивних матеріалів, які мають здатність до остеоінтеграції — утворення безпосереднього контакту і функціонального зв'язку із кістковою тканиною. Розміри зерен гідроксіапатиту можуть варіювати від одного до декількох сотень нанометрів. Останніми роками в літературі з'явився новий термін «нанокераміка біосумісна», що означає наноструктурований керамічний матеріал, що застосовується при заміні кісток.

Одним із перспективних напрямків є виготовлення композиційних матеріалів на основі біоскла з використанням різних зв'язуючих матеріалів, біологічно активних речовин, які могли б забезпечувати остеоіндукцію остеопластичного матеріалу для утворення матриці, на якій буде формуватися кісткова тканина [2]. За даними літератури, все частіше застосовують систему «гідроксіапатит — трикальційфосфат» (ГА/ТКФ). Концепція біофазних композиційних матеріалів у системі ГА/ТКФ розроблена з огляду на пропозиції можливого регулювання кінетики біодеградації, змінюючи співвідношення ГА і ТКФ нерегульованих фаз в одному матеріалі в сторону збільшення ТКФ. Розчинення ТКФ у рідинах організму сприяє процесу мінералізації, а біологічна поведінка залежить від співвідношення ГА/ТКФ [3].

У травматології та ортопедії імплантати з металу посідають одне з провідних місць. Частіше за все вони використовуються для заміни певної ділянки кістки при протезуванні або для відновлення опорної функції зламані кістки. Імплантати для внутрішньої фіксації повинні відповідати завданням функціонального лікування — забезпечення надійної фіксації перелому протягом 12–16 місяців. Це досить тривалий період часу, і тому вибирають матеріали, стійкі до втомного руйнування. Такі матеріали повинні мати добру пластичність щодо можливості індивідуального моделювання на кістковій поверхні, і водночас пластична деформація імплантату повинна бути мінімальною після фіксації до кістки з метою збереження репозиції при фізичному навантаженні.

Матеріал, який використовується для імплантації, повинен бути біосумісним, не змінювати своїх фізичних та хімічних властивостей. Всі

матеріали, що використовуються в медицині, за впливом на живі тканини діляться на три основні групи:

- 1) токсичні матеріали (ванадій, нікель, хром, кобальт);
- 2) нетоксичні матеріали (гелій, золото, амоній);
- 3) інертні матеріали (титан, цирконій).

Вивчаючи електрохімічні реакції, М. Pourbaix (1984) дійшов висновку, що як імплантати можна використовувати або благородні метали (з чистою металічною поверхнею), або метали, вкриті шаром оксидів (Ti, Ta, Nb, Cr).

За активністю впливу на репаративний остеогенез всі метали можна віднести до біоактивних (нержавіюча сталь і кобальтохромові сплави) або до біоінертних (оксиди титану і амонію). Відомо, що біоактивних матеріалів, які б пришвидшували репаративний остеогенез, немає.

Всі матеріали тією чи іншою мірою піддаються корозії через вплив рідин людського організму. Корозія збільшується приблизно в 100 разів, якщо захисні властивості порушуються, наприклад при терті [4]. В таких випадках імплантати не можуть забезпечувати стабільну фіксацію протягом часу, потрібного для консолідації перелому кістки, і настає руйнування імплантату, зміщення відламків, уповільнюється процес консолідації, формується несправжній суглоб, що призводить до незадовільних результатів лікування, а іноді до інвалідності хворого.

В сучасній травматології та ортопедії нерідко доводиться стикатися із запальним процесом, який розвивається в дефекті кісткової тканини, що виник внаслідок уламкових або імпресійних переломів, несправжніх суглобів, інфекційних і патологічних змін у кістці, дегенеративно-кістозних перебудов, при резекції первинних кісткових або метастатичних пухлин або у випадку деяких інших захворювань кісток. Здебільшого дефекти потребують заміщення для збереження міцності та опорної функції кістки. Відомо, що для заміщення кісткових дефектів, поряд з автотрансплантатами, також можуть бути використані різні біорезорбуючі матеріали. Здатність до регенерації кісткової тканини прямо залежить від наявності кровообігу в зоні дефекту кістки. Кровообіг погіршується, коли в стінці дефекту йде склерозування або формування фіброзної тканини. Такі хронічні дефекти кісткової тканини виникають у низці клінічних випадків і потребують заміщення. Використання металічних імплантатів у травматологічних і ортопедичних хірургічних втручаннях призводить до збільшення числа повторних оперативних втручань внаслідок розвитку різних ускладнень. При цьому видалення імплантатів супроводжується виникненням дефекту кістки з порушенням її кровообігу.

Крім тяжких хронічних дефектів кісткової тканини, утворених внаслідок хірургічних втручань,

є низка патологічних процесів, які призводять до некрозу ділянки кістки — остеонекрозу та супроводжуються формуванням дефектів із розвитком грубих деформацій. Патогенез утворення кісткових дефектів обумовлений мікроциркуляторними порушеннями кровообігу ділянки кістки, через що йде пошкодження остеоцитів з поступовим ураженням кісткової тканини, суглобового хряща та надкисниці.

На сучасному етапі, при всьому різноманітті кістково-пластичних матеріалів, які включають алогенну кістку, нестерилізований кістковий матеріал і низку аналогів на основі різних видів біокераміки, немає ідеальних матеріалів, які б задовольняли всім вимогам. Це породжує нову проблему, що потребує вирішення шонайскоріше. З одного боку, матеріал повинен бути достатньо міцним, а з іншого — для забезпечення довготривалого ефекту він повинен добре інтегруватися з навколишньою кісткою.

Нині найкращі остеопластичні властивості має власна кістка, особливо у вигляді трансплантата на судинній ніжці. Вона має найвищу схильність до остеointegraції і не викликає ніяких побічних реакцій. Великим недоліком кісткових ауто трансплантатів у традиційному вигляді є їх обмежений об'єм і ослаблення донорської зони, а також неможливість їх використання в умовах інфекції. Багатообіцяючим варіантом об'ємної кісткової пластики є техніка Masquelet, проте ця технологія потребує довготривалої реабілітації таких пацієнтів. Тому в даний час, у разі потреби заміщення дефектів великого об'єму, перевага віддається або різним варіантам кісткової аутопластики, які мають на меті відновити кісткову основу, або протезуванню кісткового дефекту металевими або керамічними імплантатами з метою створення опори. Кісткові алотрансплантати мають високу механічну стійкість та остеоіндуктивні якості, що виявляються не тільки в заморожених і ліофілізованих алотрансплантатах губчастої кістки. Використання алотрансплантатів у 90–92 % випадків сприяє відновленню дефектів, проте є низка труднощів, таких як складність заготовки і збереження алокістки, проблема сумісності, асептичні та інфекційні запальні процеси, відторгнення, переломи і розсмоктування великих трансплантатів, а також необхідність довготривалої іммобілізації сегмента. Тому на даному етапі наукових досліджень все частіше пошуки матеріалів для заміщення дефектів кісткової тканини йдуть в напрямку біоскла, що більшою мірою може позбавити недоліків, які притаманні аломатеріалам.

До типових представників біоактивних матеріалів належить біоскло (найчастіше використовується склад із 24,5% Na₂O, 24,5% CaO, 45,0% SiO₂, 6% P₂O₅), в якому при його зміні може змінюватись і біоактивність та біорезорбція, а також матеріали на основі гідроксіапатиту — Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂, твердої і пористої кераміки.

На нашу думку, такі пошуки в надскладному та експериментальному напрямку будуть мати вагомий вклад у лікування дефектів кісток.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів при підготовці даної статті.

Список літератури

1. Кореньков О.В. Порівняльний вплив гранул і блока β-трикальційфосфату на динаміку загоєння експериментального дефекту довгої кістки скелета. *Медична наука в практику охорони здоров'я матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених (м. Полтава, 9 грудня 2016 р.).* Полтава. 2016. С. 96.
2. Кудяшев А.Л., Губочкин Н.Г. Оценка кровоснабжения несвободного костного ауто трансплантата при лечении больного с ложным суставом ладьевидной кости запястья (клиническое наблюдение). *Травматология и ортопедия России.* 2008. № 1. С. 59-61.
3. Перух В.В., Аветисян А.Р., Зайдман А.М. и др. Сравнительный анализ остеointegrации алюмооксидных биокерамических гранул в эксперименте. *Хирургия позвоночника.* 2014. № 2. С. 87-101.
4. Glorion Ch. Complications des allongements des membres. *Cahiers d'enseignement de la SOFCOT. Elsevier, 2000. P. 165-182.*
5. Korenkov O.V. Comparative influence of bifase and biocomposite calciumphosphate osteoplastic material on the regenerative process dynamics of the experimental defect of compact bone tissue. *Natural Science Readings. Abstract book (Bratislava, May 18–21, 2017).* Bratislava. 2017. P. 38-39.
6. Suchanek W., Yoshimura M. Processing and properties of hydroxyapatite-based biomaterials for use as hard tissue replacement implants. *J. Mater. Res.* 1998. Vol. 13, Iss. 1. P. 94-117.
7. Sluga M., Pfeiffer M., Kotz R., Nehrer S. Lower limb deformities in children: two-stage correction using Taylor spatial frame. *J. Pediatr. Orthop.* 2003. Vol. 12. № 2. P. 123-128.
8. Reddi A.H. Role of morphogenetic proteins in skeletal tissue engineering and regeneration. *Nat. Biotechnol.* 1998. Vol. 16. № 3. P. 247-252.
9. Steinemann S.G. Corrosion of surgical implants — in vivo and in vitro tests. *Evaluation of Biomaterials.* Chichester: John Wiley & Sons, 1980. P. 1-34.
10. Suchanek W., Yoshimura M. Processing and properties of hydroxyapatite-based biomaterials for use as hard tissue replacement implants. *J. Mater. Res.* 1998. Vol. 13, Iss. 1. P. 94-117.

Отримано/Received 20.02.2019

Рецензовано/Revised 25.03.2019

Прийнято до друку/Accepted 20.11.2019 ■

Шимон В.М., Алфелдй С.П., Стойка В.В., Шимон М.В.
Ужгородський національний університет, г. Ужгород, Україна

Заместительные трансплантаты в травматологии и ортопедии

Резюме. Работа посвящена исследованию развития использования биоматериалов для замещения дефектов длинных костей. В последние десятилетия наметилась активная тенденция в разработке материалов, заменяющих поврежденные кожные покровы, мышечную, костную ткань, сосуды и нервные волокна. Такие материалы получили название «биоматериалы». Одним из перспективных направлений является изготовление композиционных материалов на основе биостекла. Рассмотрены особенности использова-

ния биоматериалов различной природы, их положительные свойства и проблемы, связанные с их использованием. Сформулированы требования к современным биоматериалам, использующимся для имплантации. Кратко охарактеризованы эволюция данного направления и основные вехи. Определены перспективные направления для дальнейших исследований в этой области.

Ключевые слова: имплантаты; биостекло; керамика; биоматериал

V.M. Shimon, S.P. Alfeldiy, V.V. Stoika, M.V. Shimon
Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine

Substitute grafts in traumatology and orthopedics

Abstract. The work studies the development of the use of biomaterials to replace defects in long bones. In recent decades, there has been an active trend in the development of materials that replace damaged skin, muscle and bone tissue, vessels and nerve fibers. Such materials are called biomaterials. One of the promising areas is the production of composite materials based on bioglass. Features of using biomaterials of various nature, advantages and problems associ-

ated with their use are considered. The requirements for modern biomaterials that are used for implantation are formulated. They must maintain biocompatibility, do not change their physical and chemical properties. The evolution of this area and the main milestones were described briefly. Promising areas for further researches in this field are identified.

Keywords: implants; bioglass; ceramics; biomaterial