

УДК 616.71-001.5

Дудко О. Г., Сорочан О. М., Шайко-Шайковський О. Г.

## ВПЛИВ МЕХАНІЧНИХ ФАКТОРІВ ПРИ НАКІСТКОВІЙ ФІКСАЦІЇ ДІЛЯНКИ ПЕРЕЛОМУ НА ПРОЦЕС ЙОГО КОНСОЛІДАЦІЇ

Основним принципом лікування переломів кісток опорно-рухового апарату є репозиція відламків з їх подальшою фіксацією різноманітними конструкціями до консолидації перелому. На цей процес впливає значна кількість факторів, як загальних (вік хворого, наявність супутніх захворювань, порушення метаболізму, прийом лікарських засобів, тощо), так і локальних (якість співставлення фрагментів перелому, кровопостачання цієї ділянки, наявність інфекції цієї ділянки та ін.). Суттєве значення мають механічні фактори, оптимізація яких дозволяє досягти зрощення перелому в оптимальні терміни. Традиційно вважається, що для потреб остеосинтезу кісток слід використовувати найбільш міцні конструкційні матеріали, оскільки внаслідок дії навантаження нерідко відмічаються такі явища, як міграція фіксаторів, їх злам, вторинне зміщення, незрощення перелому. У зв'язку з цим виникла потреба в проведенні аналізу механічних факторів, що впливають на зрощення перелому, вибір матеріалів та створення конструкцій в яких ці параметри будуть оптимізовані.

Було проведено аналіз основних механічних факторів, що впливають на результати остеосинтезу перелому пластиною. Визначено три основні групи факторів – біологічного характеру, фактори залежні від конструкції та матеріалу з якого виготовлено фіксатор, та фактори пов'язані з особливостями хірургічної техніки. Крайнім вибором слід вважати біотехнічні системи з м'якшою фіксацією. Зазначеного ефекту можна досягти застосуванням матеріалів з пониженим модулем Юнга. На думку авторів поєднання металевієї пластини з полімерними гвинтами, комбінації полімерної пластини з металевими гвинтами чи полімерної пластини з полімерними гвинтами допоможе створити оптимальні механічні параметри для зрощення перелому. Застосування біодеградуючих матеріалів для виготовлення компонентів фіксуючої системи дозволяє динамічно зменшувати жорсткість фіксації і забезпечує поступове навантаження цієї ділянки.

**Ключові слова:** остеосинтез, перелом довгих кісток, пластина, механічні властивості, зрощення переломів.

**Актуальність теми.** Основним принципом лікування переломів кісток опорно-рухового апарату є репозиція відламків з їх подальшою фіксацією різноманітними конструкціями до консолидації перелому. На цей процес впливає значна кількість факторів, як загальних (вік хворого, наявність супутніх захворювань, порушення метаболізму, прийом лікарських засобів, тощо), так і локальних (якість співставлення фрагментів перелому, кровопостачання цієї ділянки, наявність інфекції цієї ділянки та ін.). Суттєве значення мають механічні фактори, оптимізація яких дозволяє досягти зрощення перелому в оптимальні терміни. Традиційно вважається, що для потреб остеосинтезу кісток слід використовувати найбільш міцні конструкційні матеріали, оскільки внаслідок дії навантаження нерідко відмічаються такі явища, як міграція фіксаторів, їх злам, вторинне зміщення, незрощення перелому. У зв'язку з цим виникла потреба в проведенні аналізу механічних факторів, що впливають на зрощення перелому, вибір матеріалів та створення конструкцій в яких ці параметри будуть оптимізовані.

**Мета дослідження.** Провести аналіз та визначити основні фактори, які впливають на жорсткість фіксації перелому при накістковому остеосинтезі.

**Результати та обговорення.** В процесі консолідації перелому необхідно створити умови, які будуть сприяти зрощенню і знизять ризик таких ускладнень, як сповільнена консолідація перелому, формування хибного суглобу.

На фрагменти перелому впливають гравітаційні сили та сила м'язів, даної анатомічної ділянки. Раніше вважалося, що для фіксації перелому потрібно застосовувати фіксуючі конструкції з максимально можливими параметрами механічної міцності, щоб досягти стабільної фіксації перелому, тобто запобігти будь-яким рухам ділянки регенерату [1]. На даний момент визначено, що деякі види переломів, зокрема складні скалкові переломи типу В і С, за класифікацією АО (ASIF), потребують застосування накісткових фіксаторів по типу мостовидної фіксації, при яких зберігається певна мікрорухомість ділянки переломів, що позитивно впливає на процес консолідації [2]. Дослідження жорсткості фіксації ділянки перелому, зокрема при експериментальних дослідженнях з застосуванням інтрамедулярних фіксаторів дозволило визначити, що процес консолідації відбувається краще при застосуванні конструкцій виготовлених з титаново-цирконієвих сплавів з модулем жорсткості 50-80 ГПа, ніж при застосуванні аналогічних конструкцій виготовлених з нержавіючої сталі [3].

Провівши аналіз ми виділили такі основні групи факторів, що впливають на жорсткість фіксації ділянки перелому:

Фактори біологічного компоненту системи стабільності:

- тип перелому, наявність контакту між основними фрагментами;
- якість репозиції;
- стан навколишніх м'язових тканин, що оточують перелом, ступінь їх пошкодження, набряк;
- локалізація перелому, довжина дистального сегменту, дистальної частини кінцівки, починаючи від місця перелому;
- довжина ділянки перелому.

Друга група факторів, що впливають на стабільність перелому це механічні фактори фіксуючої конструкції та особливості операційної техніки:

- вид пластини (компресуюча пластина, кутова стабільність гвинтів), яка використовується для фіксації перелому;
- товщина і ширина пластини, поперечний переріз пластини в різних ділянках (зокрема ділянки, що буде розташована в проекції перелому);
- розміри та діаметр фіксуючих елементів;
- довжина пластини, робоча довжина пластини (відстань від найбільш дистального гвинта в проксимальному фрагменті до найбільш проксимального гвинта в дистальному фрагменті).
- кількість гвинтів введених в кожний основний фрагмент;
- щільність введених гвинтів (відношення кількості введених гвинтів до загальної кількості отворів в пластині);
- місця введення гвинтів.

Значний вплив також мають механічні параметри конструкційного матеріалу з якого виготовлено:

- пластину;
- фіксуючі елементи.

Для формування менш жорсткої фіксації в біотехнічній системі кістка-пластина під час проведення оперативного втручання можливо застосовувати особливості операційної

Режим доступу: <http://sap.pstu.edu>

техніки, зокрема меншу щільність введення гвинтів та введення їх в оптимальних позиціях [7]. Але варіаційні можливості цього методу обмежені довжиною пластини та характером перелому [4].

Створюючи нові конструкції накісткових пластин також можна змінювати жорсткість фіксації ділянки перелому. Зокрема запропонована пластина, яка володіє значним запасом міцності, завдяки своїм конструктивним особливостям сприяє мікрорухомості ділянки перелому [5].

Зменшення жорсткості фіксації можливо також при застосуванні конструкційних матеріалів з меншим модулем Юнга. Якщо металеві сплави 12X18H9T, 316L, що застосовуються на даний момент мають модуль Юнга 200 ГПа, то для титану близько 100 ГПа, для  $\beta$ -титанових сплавів 55-65 ГПа [6]. Для різних біоінертних полімерних матеріалів він ще менший. Модуль пружності Юнга для полігліколіду знаходиться в межах 7,1–10,0 ГПа, для полілактиду – 2,3-3,5 ГПа, для поліетилену високої щільності він складає 0,4-1,25 ГПа, що наближається до показників кісткової тканини.

В залежності від типу перелому, кількості та розмірів кісткових відламків ділянка перелому потребує створення різних біомеханічних умов для оптимального перебігу репаративного процесу. Для цього можна застосовувати матеріали з різними механічними властивостями. Існує значна кількість полімерних матеріалів, висока біоінертність яких перевірена часом, зокрема поліаміди, поліетилен, поліметилметакрилат, поліуретани, поліетилентерафталат, поліпропілен. Зокрема, ми визначаємо наступні можливі варіанти комбінування:

1. Полімерна (менш жорстка) пластина, яка фіксується металевими (більш жорсткими) гвинтами.
2. Металева (більш жорстка) пластина, яка фіксується полімерними (менш жорсткими) гвинтами.
3. Полімерна пластина, яка фіксується полімерними гвинтами. В даному варіанті досягається ще менш жорстка фіксація.

За своїми механічними властивостями біорезорбуючий полімерний матеріал полігліколід найкраще співвідноситься з показниками властивими спонгіозній кістковій тканині. Модуль пружності інших полімерних матеріалів, таких, як поліетилену, полідіаксонону та поліаміду-12, нижче ніж кісткової тканини, що в свою чергу призводить до менш жорсткої фіксації відламків перелому.

## ВИСНОВКИ

Поєднуючи фіксацію механічно більш жорсткою металевою пластиною з гвинтами виготовленими з різних полімерних матеріалів можна регулювати механічні умови в біотехнічній системі, що створюється в процесі накісткового остеосинтезу, приймаючи до уваги тип та характер перелому та впливати на процес його консолидації. Крім того, застосування фіксуючих елементів з біодеградуючих матеріалів для кріплення пластини, дозволяє створювати біомеханічні умови, що динамічно змінюються в процесі зрощення і забезпечують поступове навантаження цієї ділянки.

*Список використаних джерел:*

1. *Ruedi, T. P. AO Principles of Fracture Management / T. P. Ruedi, R. E. Buckley, C. G. Moran // Ann R Coll Surg Engl. – 2009. – Jul; 91 (5). – P. 448–449.*

Режим доступу: <http://sap.pstu.edu>

2. Функции и виды пластин и винтов в современном остеосинтезе / *К. К. Романенко, А. И. Белостоцкий, Д. В. Прозоровский, Г. Г. Голка* // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2010. – № 1. – С. 68–75.
3. Івасишин, О. М. Синтез сплавів на основі цирконію і титану з використанням їх гідридів / *О. М. Івасишин, Д. Г. Саввакін* // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2015. – № 4. – С. 27–35.
4. Методика визначення оптимальних варіантів фіксації накісткових пластин при остеосинтезі поперечних діафізарних переломів / *І. С. Олексюк, С. В. Білик, О. Г. Дудко, О. Г. Шайко-Шайковський* // Клінічна та експериментальна патологія. – 2017. – Т. 16, № 2 (60), ч. 2. – С. 50–51.
5. Пат. 128128 Україна, МПК А61В 17/58. Накісткова малоконтактна пластина з підвищеною жорсткістю та зниженою масою з боковими приливками для остеосинтезу за допомогою дротяних серкляжів / Білов М. Є., О. Г. Шайко-Шайковський, Крамар В. М., Махрова Є. Г., Дудко О. Г. – № u201800531; заявл. 18.01.2018; опубл. 10.09.2018, Бюл. № 17.
6. Beta Titanium Alloys: The Lowest Elastic Modulus for Biomedical Applications : A Review / *Mohsin Talib Mohammed, Zahid A. Khan, Arshad N. Siddiquee* // International Journal of Chemical, Molecular, Nuclear, // Materials and Metallurgical Engineering. – 2014. – Vol. 8, N 8. – P. 822–827.
7. Сорочан, О. М. Засіб для накісткового остеосинтезу опорно-рухового апарату людини: дис. .... канд. техн. наук : 05.11.17 / Сорочан Олена Миколаївна. – Вінниця, 2018. – 185 с.

Дудко А. Г., Сорочан О. М., Шайко-Шайковський А. Г.

## **ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ НАКОСТНОЙ ФИКСАЦИИ ЗОНЫ ПЕРЕЛОМА НА ПРОЦЕСС ЕГО КОНСОЛИДАЦИИ**

*Проведено аналіз основних механічних факторів, які впливають на результати остеосинтезу перелома пластиною. Визначено три основні групи факторів – біологічного характеру, фактори, що залежать від конструкції та матеріалу з якого виготовлено фіксатор, та фактори особливостей хірургічної техніки.*

*Перевага при виборі слід давати біотехнічним системам з меншою жорсткістю фіксації. Обзначеного ефекта можна досягти використанням матеріалів з більш низьким модулем Юнга. За думкою авторів, поєднання металічної пластини з полімерними гвинтами, комбінація полімерної пластини з металічними гвинтами, а також полімерної пластини з полімерними гвинтами дозволить створити оптимальні механічні параметри для зрощення перелома. Використання біодеградуючих матеріалів для виготовлення компонентів фіксуючої системи дозволяє динамічно знизити жорсткість фіксації та забезпечує поступову навантаження цієї області.*

**Ключевые слова:** *остеосинтез, перелом длинных костей, пластина, механические свойства, консолидация переломов.*

Dudko O. G., Sorochan O. M., Shayko-Shaykovskiy O. G.

## THE EFFECT OF MECHANICAL FACTORS FOR INTERNAL FRACTURE FIXATION WITH A PLATE ON FRACTURE HEALING

*The main principle of treatment of bone fractures of the musculoskeletal system is the repositioning of the chips with their subsequent fixation by various designs until the consolidation of the fracture. This process is influenced by a significant number of factors, such as general (the age of the patient, the presence of concomitant diseases, metabolic disorders, the use of drugs, etc.) and local (the quality of the fragment fragmentation, blood supply to this site, the presence of infection in this area, etc.). Of considerable importance are mechanical factors, optimization of which allows to achieve fracture joining in optimal terms. Traditionally it is believed that the most durable structural materials should be used for the bone osteosynthesis purposes, because as a result of the load, the phenomena such as the migration of the latches, their fracture, secondary displacement, non-fracture fracture are often noted. In connection with this, there was a need for an analysis of the mechanical factors that influence fracture joints, the choice of materials and the construction of structures in which these parameters will be optimized.*

*An analysis of the main mechanical factors influencing the results of osteosynthesis of the fracture by the plate was performed. There are three main groups of factors - biological character, factors depending on the design and material from which the fixator is made, and the factors associated with the features of surgical technique. The best choice should be considered biotechnical systems with less rigid fixation. This effect can be achieved by using materials from Young's lowered module. According to the authors, the combination of a metal plate with polymer screws, combinations of a polymer plate with metal screws or a polymeric plate with polymer screws will help to create optimal mechanical parameters for fracture joints. The use of biodegradable materials for the manufacture of components of the fixing system allows dynamically to reduce the stiffness of the fixation and provides a gradual loading of this site.*

**Keywords:** *osteosynthesis, long-bone fracture, plate, mechanical properties, fracture healing.*

**Рецензент**

Статья принята 27.02.2019 г.

УДК 615.47

Киряк А. А., Кокорев А. Э., Аврунин О. Г., Кремень В. А., Олейник Г. А.

## ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ОЖОГОВ МЕТОДОМ ЭКСПАНДЕРНОЙ ДЕРМОТЕНЗИИ

*Экспандерная дермотензия – перспективная область пластической хирургии. Данный метод позволяет эффективно восстанавливать кожу человека, пострадавшего от ожогов или других травм. Мы предлагаем прототип программного обеспечения для реализации метода экспандерной дермотензии с учетом расположения линий Лангера на коже пациента. На основании специальных расчетов, программа позволяет быстро и наглядно планировать оптимальное расположение экспандера для выращивания новой кожи с учетом индивидуальной вариабельности. Результаты работы могут непосредственно внедряться в медицинскую практику.*

Режим доступа: <http://sap.pstu.edu>