

УДК 378.147.88

ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ БІОМЕХАНІКИ В НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ «ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА»

Шидловський М.С., Заховайко О.П., Мусієнко О.С.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

Анотація. На кафедрі Динаміки і міцності машин та опору матеріалів Київського політехнічного інституту ім. Ігоря Сікорського проводяться дослідження надійності систем остеосинтезу (ОС) за участі студентів та аспірантів КПІ. В межах дисциплін «Нові матеріали» та «Полімерні матеріали» викладаються основи біомеханічних досліджень, розглядаються основні способи фіксації переломів та властивості матеріалів, що застосовують для імплантатів та протезування. Частина бакалаврських та магістерських робіт, що захищаються на кафедрі ДММ та ОМ, присвячена експериментальним дослідженням систем ОС, випробуванням нових матеріалів та визначенню механічних характеристик (модулі пружності, границі міцності, повзучість, твердість та інші показники) кісткової тканини. Виконуються аспірантські роботи. Все це є основою для підготовки аспірантів та спеціалістів, що можуть виконувати наукові дослідження в галузі біомеханіки та біомеханічної інженерії.

Ключові слова: біомеханіка, навчальний процес фіксація переломів.

Вирішення комплексу екологічних та медичних проблем неможливе без подальшого глибокого вивчення процесів взаємодії людини з навколишнім середовищем, удосконалення способів захисту людини від несприятливих факторів, створення нових методів діагностики та лікування захворювань і травм [1-3].

Ці проблеми нерозривно пов'язані з комплексною наукою – біомеханікою, що розвивається на стику сучасної механіки (класична механіка, термодинаміка, механіка суцільних середовищ), математичних наук (математичне моделювання, чисельні методи розрахунків, інформатика), біологічних наук та медицини.

Протягом останніх років на кафедрі Динаміки і міцності машин та опору матеріалів Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського проводяться дослідження надійності систем остеосинтезу за участі студентів та аспірантів КПІ.

Дослідження проводяться за участі хірургів-травматологів науково-освітніх закладів:

- НМУ ім. О. О. Богомольця,
- Українська військово-медична академія,
- Інститут травматології та ортопедії АМН України,
- Національна медична академія післядипломної освіти ім. П. Л. Шупіка.

Програмами навчальних дисциплін «Нові матеріали» та «Полімерні матеріали» передбачено вивчення властивостей матеріалів медичного призначення, зокрема полімерних

та композиційних матеріалів, що застосовують для виготовлення імплантатів, штучних клапанів, судин та інших органів, а також матеріалів, що використовуються для протезування.

У межах зазначених навчальних дисциплін вивчається тема «Застосування полімерів в медицині та вплив біологічних середовищ на ці матеріали». Зокрема, розглядаються такі питання:

- сучасні засоби остеосинтезу та протезування;
- остеосинтез та імплантація з використанням полімерів;
- методи досліджень функціональної надійності засобів остеосинтезу;
- використання полімерів для протезування;
- методи визначення характеристик функціональної надійності засобів медичного призначення;
- випробування нових засобів остеосинтезу із застосуванням композиційних матеріалів.

Експериментальна база кафедри ДММ та ОМ і, зокрема, лабораторії механіки полімерних і композиційних матеріалів дозволяє організувати цикл лабораторних робіт з біомеханіки:

- вивчення механічних властивостей кісткових тканин;
- вивчення механічних властивостей матеріалів, що застосовуються для імплантації, остеосинтезу та протезування;
- вимірювання механічних характеристик допоміжних медичних матеріалів (ниток, джгутів, катетерів, мембран, плівок, фільтрів та інших об'єктів).

В навчальних дисциплінах «Нові матеріали» та «Полімерні матеріали» студенти виконують ряд лабораторних робіт, які допомагають поглибити знання з теоретичного курсу.

Лабораторна робота «Вивчення деформування систем остеосинтезу при згині».

Мета роботи: ознайомитися з методом визначення деформації біомеханічних систем під дією зовнішніх навантажень; одержати залежність між навантаженнями та деформаціями при навантаженні кісток кінцівок з модельованими переломами та засобами фіксації переломів; порівняти рівні жорсткості систем фіксації різних типів.

Прилади та обладнання: випробувальна машина; прилад, що забезпечує прикладання згинального моменту до зразка; штангенциркуль з цифровою індикацією; індикатор годинникового типу.

Досліджувані матеріали: натурні біохімічно фіксовані препарати стегнових та великогомілкових кісток або синтетичні препарати.

Методика проведення випробувань. Для випробувань систем «фіксатор – кістка» використовують універсальна випробувальна машина (рис. 1). Зразки розташовують на робочому столі випробувальної машини. Навантаження прикладають через індентор, що закріплений на динамометрі випробувальної машини. Загальні переміщення зразків вимірюють за допомогою системи випробувальної машини. Переміщення окремих точок кісток та імплантатів вимірюють за допомогою індикатора годинникового типу.

За кожного значення навантаження препаратів визначають:



Рис. 1 - Схема навантаження зразків при виконанні лабораторної роботи «Вивчення деформування систем остеосинтезу при згині»

- загальне (вертикальне) переміщення точки прикладення навантаження;
- бокове (горизонтальне) переміщення головки суглоба або ендопротеза;
- загальні (вертикальні) переміщення близько розташованих частин відламків;
- зміщення відламків вздовж осі кістки.

Лабораторна робота «Вимірювання переміщень в біомеханічних системах методом цифрової фотозйомки».

Мета роботи: ознайомитися з методом визначення переміщень в біомеханічних системах методом цифрової фотозйомки; одержати залежність між навантаженнями та переміщеннями точок біомеханічних систем різних типів.

Суть методу: на предметний стіл випробувальної машини встановлюють дослідний зразок, що досліджується; на одному рівні з ним розміщують еталонну плитку та проводять фотографування. За допомогою графічного редактора на зображенні вимірюють висоту плитки в пікселях (*pix*) та визначають масштабний коефіцієнт у міліметрах на *pix*. Надалі фотографують зразок при різних величинах навантаження, на зображеннях вимірюють зміщення реперних точок у *pix* та за допомогою масштабного коефіцієнта перераховують значення зміщень зразка у міліметри.

Прилади та обладнання: випробувальна машини; прилад, що забезпечує прикладання навантаження до зразка; штангенциркуль з цифровою індикацією; цифрова фотокамера.

Контроль навантаження: за допомогою динамометра, що входить до комплекту випробувальної машини.

Проведення випробування. Встановлюють і фіксують на предметному столі пристрій для фотозйомки (рис. 2) паралельно до досліджуваного зразка, намагаючись, за можливості, розмістити його так, щоб всі реперні точки знаходилися у фокусі об'єктива і були центровані. Препарат фотографують, і надалі це зображення використовують як контрольний недеформований зразок. Досліджуваний зразок фотографують в деформованому стані під дією навантажень. Вимірювання в *pix* проводять за допомогою графічного редактора. Вимірювальні вектори наводять на середину реперних елементів і отримують переміщення в *pix*. За результатами вимірювання за допомогою відомого масштабного коефіцієнта (*мм/pix*) розраховують величини взаємних переміщень окремих точок препарату.

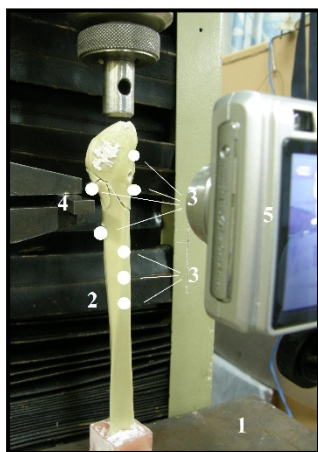


Рис. 2. Загальний вид системи для вимірювання зміщень уламків за допомогою цифрового фотографування

Частина бакалаврських та магістерських робіт, що захищаються на кафедрі ДММ та ОМ, присвячена експериментальним дослідженням міцності та жорсткості систем засобів, що використовуються в сучасній травматології для хірургічного лікування (фіксації) переломів кісток. У процесі виконання робіт студенти випробують нові матеріали, що застосовують для виготовлення цих засобів, визначають їх механічні характеристики (модулі пружності, границі міцності, повзучість, твердість та інші показники).

Для проведення теоретичних розрахунків напружено-деформованого стану систем остеосинтезу, що досліджуються, визначають механічні властивості кісткової тканини шляхом проведення випробувань на стиск та визначають модулі пружності різних областей кісток.

Теми магістерських та дипломних робіт, захищених за напрямом «Міцність та жорсткість засобів лікування пошкоджень кісток»:

- «Дослідження характеристик жорсткості систем фіксації, що використовується для лікування травм кінцівок людини;

- «Дослідження біомеханічних властивостей кісткової тканини і систем остеосинтезу для лікування травм кісток;
- «Дослідження деформаційних характеристик нових систем остеосинтезу з урахуванням циклічного навантаження;
- «Дослідження впливу характеристик режиму навантажень на біомеханічні властивості кісткової тканини»;
- «Вивчення кореляційних зв'язків між біомеханічними характеристиками та структурними особливостями кісткової тканини»;
- «Дослідження деформаційної надійності нових систем остеосинтезу для лікування пошкоджень опорно-рухового апарату людини»;
- «Біомеханічні властивості кісткової тканини з урахуванням її структури та фізіологічних факторів»;
- «Дослідження нових засобів фіксації переломів кісток»;
- «Деформаційні характеристики нових засобів остеосинтезу з урахуванням фізіологічних навантажень»;
- «Дослідження деформацій у системах “апарат фіксації – великогомілкова кістка” під впливом фізіологічних навантажень»;
- «Деформаційні властивості стрижневих систем фіксації переломів при дії фізіологічних навантажень».

Всі вищенаведене є основою для підготовки аспірантів та спеціалістів, що можуть виконувати наукові дослідження в галузі біомеханіки та біомеханічної інженерії при удосконаленні відомих та створенні нових методів діагностики кісткової тканини в області переломів; розвитку методів імплантації; створення нової медичної апаратури та систем фіксації переломів.

Подальше удосконалення вивчення елементів біомеханіки має включати:

1. Загальні питання біомеханіки (біомеханічні особливості опорно-рухового апарату (ОРА) людини; кінематика та динаміка ОРА; механічні властивості кісткових та м'язових тканин; пошкодження ОРА та тканин людини).
2. Апарати для лікування складних пошкоджень ОРА (конструкції; розрахунок на міцність; експериментальне визначення деформацій системи "апарат – кістка"; вплив апаратів на відновлення функцій опорно-рухової системи людини).
3. Матеріали для імплантації та протезування (структурні особливості та механічні характеристики матеріалів; експериментальні методи дослідження нових матеріалів, що використовуються для імплантації та протезування; прогнозування стійкості до впливу біологічних середовищ).
4. Дослідження механічних властивостей біомеханічних систем (визначення механічних характеристик при статичному навантаженні та з урахуванням динамічних процесів; дослідження біологічних матеріалів з урахуванням пошкоджень та зон зрощування переломів; визначення кінетики накопичення пошкоджень).
5. Математичне моделювання в біомеханіці.

Список літератури:

1. Бегун П.И. *Моделирование* в биомеханике. –М.: Высшая школа, 2004.–390 с.
2. Бегун П. И. *Биомеханика*. / П. И. Бегун, Ю. А. Шукейло. – Санкт–Петербург: Политехника, 2000.– 463 с.
3. *Експериментальні дослідження засобів остеосинтезу*. Кол. авторів / За ред. Шидловського М.С., Лакши А.М. – К.: Ленвіт, 2017. – 277 с.