

**СЕКЦІЯ 6**  
**ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ**  
**БІОМЕДИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

УДК : 616.71-001.5-089.2-036

**ДІАГНОСТИЧНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЛІКУВАННЯ ТА СТАНУ**  
**ПЕРЕЛОМІВ**

<sup>1)</sup>Кривоносов В. Є., <sup>2)</sup>Шайко-Шайковський О. Г., <sup>3)</sup>Якимюк Д. І.

<sup>1)</sup>Національний університет «Біоресурсів і природокористування», Київ, Україна

<sup>2)</sup>Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна

<sup>3)</sup>Чернівецька міська лікарня швидкої допомоги, Чернівці, Україна

E-mail: [O.Shaiko-Shaikovskiy@chnu.edu.ua](mailto:O.Shaiko-Shaikovskiy@chnu.edu.ua), [TraumaLshmd@gmail.com](mailto:TraumaLshmd@gmail.com),  
[yhtverf007@ukr.net](mailto:yhtverf007@ukr.net)

Одним із досить складних відділів опорно-рухової системи людини в аналітичному та біомеханічному плані є нижня кінцівка. За даними [1] у структурі усіх переломів на долю стегнової кістки припадає 15% до 45%, переломи кісток гомілки складають до 38%.

Як правило, причинами переломів та пошкоджень трубчастих кісток є дорожньо-транспортні пригоди, виробничі та спортивні, побутові травми, а в умовах військових дій – різного роду поранення на полях військових дій.

Терміни встановлення м'яких та кісткових тканин залежать від складності поранення, від віку постраждалого, статі, умов реабілітації, метаболізму та складають від 3 до 8 місяців [2]. Одним з найбільш ефективних засобів прискорення процесів зростання пошкоджених кісток є використання інтрамедулярного та накісткового остеосинтезу.

Випадкові та ударні навантаження, які можуть бути небажаними, але часто супроводжують реабілітаційний процес можуть бути чинниками, які сповільнюють процес зростання відламків, є основними причинами асептичного розхитування фіксуючих елементів, що використовуються при остеосинтезі. Послаблення фіксуючої конструкції (ФК) при остеосинтезі спостерігається у 9,8% випадків, деформація накісткової пластини – у 4,8%, перелом фіксатора або фіксуючого гвинта - у 3,5%. Сповільнення консолідації відламків відмічається у 2% постраждалих, у 0,7% - розвилися запальні процеси та нагноєння м'яких тканин [2].

Тому оцінка впливу величин випадкових навантажень, розробка діагностичних критеріїв для інформаційної системи діагностики та реабілітації хворих є актуальною та важливою задачею, особливо – в умовах військового стану.

В роботі здійснено розрахунок жорсткості фіксуючих конструкцій, встановлено максимально допустимі навантаження, при яких фіксуючі конструкції для остеосинтезу зберігають свою працездатність. Проведено

розрахунок міцності та жорсткості фіксуючих конструкцій (накісткових та інтрамедулярних). Матеріалом фіксуючих конструкцій є біоінертна сталь 12Х18Н9Т та сталь 12Х18Н10Т. Прийнято коефіцієнт запасу міцності  $K=2,5$ .

Допустимі значення напружень -  $[\sigma]$ , при деформації розтягу-стиску для матеріалу фіксатора прийнято у відповідності із довідниковими даними [3], для сталі 12Х18Н9Т  $[\sigma]= 2160-3520$  кг/см<sup>2</sup> ( $[\sigma]=216-352$  МПа), для сталі 12Х18Н10Т  $[\sigma]= 2360 -3320$  кг/см<sup>2</sup> ( $[\sigma]=236-332$  МПа).

Допустиме значення зусилля розтягнення або стиску -  $[N]$  [3]:

$$[N] = F [\sigma], \quad (1)$$

де  $F$  – площа поперечного перерізу пластини,  $[\sigma]$  – величина основного допустимого напруження розтягу (стиску).

В роботі розглянуто розрахункові схеми дії сил на з'єднання пластина – гвинт-кістка: а)  $P_1$  – поздовжнє навантаження, яке складає половину ваги пацієнта; б)  $P_2$  – поздовжнє навантаження, яке дорівнює вазі пацієнта; в) розрахункова схема випадкового навантаження  $P_3$ .

Розрахункові дані та параметри моделювання підтвердили, що перевищення випадкового навантаження  $P_3$ , на 20% розрахункової величини є основною причиною згину пластини та руйнування фіксуючих гвинтів, а тривало діюче циклічне навантаження, величина якого перевищує 15% розрахункового навантаження, викликає руйнування фіксуючих гвинтів, або – руйнування кісткової тканини.

Для неінвазійного отримання інформації про стан хворого та фіксуючої конструкції авторами розроблена «смарт-НП», рис. 1, [3,4]. В НП встановлено три тензодатчики тарілчастого типу, один решітчастий тензодатчик та напівпровідниковий температурний датчик.

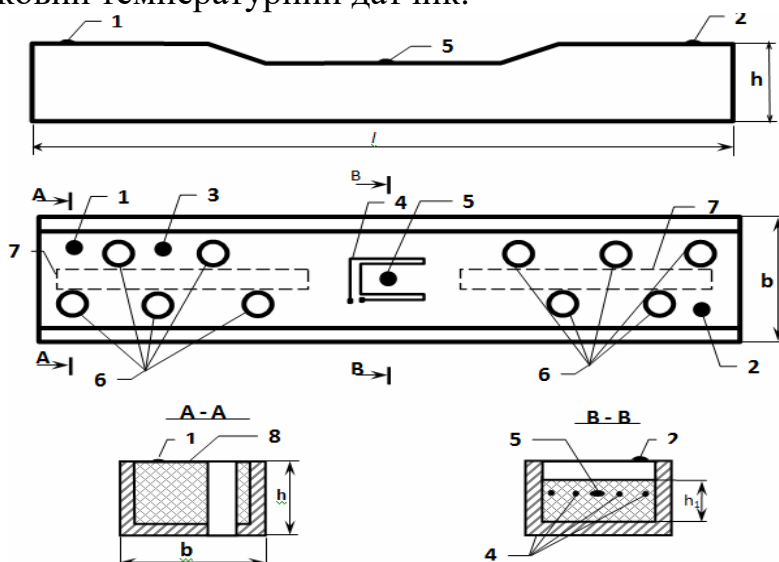


Рис. 1. «Smart – накісткова пластина»: 1 та 2 - тарілчастий тензодатчики, 3 – температурний датчик, 4 – решітчастий тензодатчик, 5- тарілчастий датчик контролю росту кісткового мозоля, 6 – отвори під гвинти кріплення, 7 – місця встановлення мікроконтролера, блоків живлення та блока передавання даних, 8 – біо інертний полімерний наповнювач

На рис. 2 представлена структурна схема інформаційного комплексу дистанційного контролю лікування групи хворих.

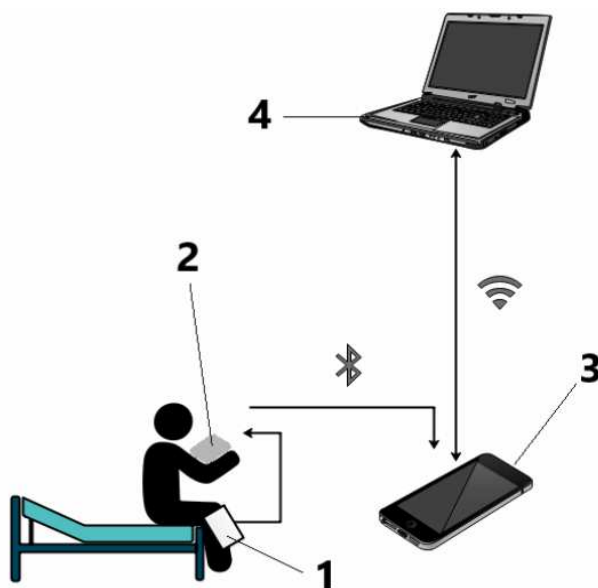


Рис. 2. Структурна схема інформаційного комплексу дистанційного контролю лікування групи хворих: 1 -«Smart –НП», 2 -«блок прийняття рішень», 3 – мобільний телефон хворого, 4 – робочий стіл лікаря

Функціональне призначення «блоку прийняття рішень» (у подальшому «блок»). В ньому встановлені, джерело живлення сталого струму (акумулятор 3В), первинна обмотка повітряного високочастотного трансформатора, температурний датчик вимірювання температури тіла хворого, приймач інформаційних сигналів, які поступають з передавача, встановленого у «Smart –НП», мікропроцесор для обробки та перетворення сигналів з датчиків, які розташовано у «Smart –НП», передатчик - «блютуз»зв'язок із мобільним телефоном хворого. Блок здійснює безпроводне передавання електроенергії для живлення елементів, що розташовано у «Smart –НП», приймання даних вимірів та їх обробку, передавання оброблених даних у мобільний телефон хворого.

«Smart –НП» хірургічним шляхом встановлюється на пошкоджену ділянку кістки.

Робота інформаційної системи неінвазійної діагностики та контролю процесу лікування переломів трубчастих кісток накістковим остеосинтезом здійснюється наступним чином.

Підготовчий етап.

1. У мобільний телефон хворого та блок прийняття рішень встановлюється додаток, який підтримує «блютуз» зв'язок.

2. Встановлюється мобільний зв'язок хворого з лікарем.

3. Лікар організовує в системі E-health, персональну медичну картку хворого.

4. Активізація комплексного пристрою контролю, діагностики та лікування хворого відбувається при піднесенні блоку прийняття рішень до «Smart –НП». По безпроводному зв'язку блок живлення, який розташовано у «Smart –НП» додатково реалізує світловий контроль працездатності пристрою.

В якості світлового контролю використано світлодіоди інфрачервоного випромінювання, наприклад, випромінюючий діод АЛ108АМ. Інфрачервоне випромінювання зони перелому дозволяє вести контроль за мінімальною відстанню між обмотками повітряного трансформатора комплексу та одночасно проводити курс термо світлової терапії, тим самим скорочуючи період реабілітації хворого. У період активізації блоків «Smart –НП», вимірюються показники датчиків, інформація передається у блок прийняття рішень, де згідно алгоритму обробляється та передається у пам'ять мобільного телефону. По інтернет зв'язку з мобільним телефоном хворого інформація поступає до лікаря. Лікар бачить та фіксує змінення, які відбулися за період між вимірюваннями, стан фіксуючої конструкції та кісткової тканини, температурні показники з місця перелому та хворого в цілому, ріст хрящового мозоля та динаміку видужання хворого.

#### **Висновки**

1. Сформульовано критеріальні співвідношення інформаційних параметрів, які дозволили розробити метод, пристрій та програмне забезпечення для комплексу виявлення аномалій на ранній стадії в період лікування.

2. Запропонована концепція розвитку медичної інформаційної системи, яка дозволяє проводити дистанційний контроль та лікування переломів трубчастих кісток групи хворих.

3. Отримані результати дозволяють зменшити період одужання хворого, знизити процент інвалідностей та число зустрічей лікаря та хворого в період пандемії, а також в умовах військових дій.

*Ключові слова:* остеосинтез, переломи кісток, фіксуючі системи, система неінвазивної діагностики, мобільний зв'язок.

#### **Література**

- [1] V. Kryvonosov, A. Shayko-Shaykovckiy and E. Kudinova, “Influence of random loads on the strength of the joint “napbed plate – fastening screwbone in nacle oateosynthesis”, *Österreichische multisci. Zeitschrift*, vol. 1, no. 40, pp. 24–31, 2021.
- [2] V. Kryvonosov, N. Bouhlal, O. Shaiko-Shaikovsky, E. Kudinova and N. Kosulin, “Extraosseous u-shaped plate with polyamide p12 in the information system of non-invasional control and diagnosis of bone fracture in extraosseous osteosynthesis”, *Österreichisches Multiscience Journal*, vol. 1, no. 40, pp. 24-31, 2021.
- [3] В. Кривоносов, О. Шайко-Щайковський та В. Кривоносов, “Пристрій для діагностики стану перелому при накістковому остеосинтезі”, Патент України на винахід 123932, 23 черв. 2021.
- [4] В. Кривоносов, О. Шайко-Щайковський та В. Кривоносов, “Неінвазійний контроль і діагностика стану перелому кістки при накістковому остеосинтезу”, Авторське свідоцтво України 104604, 18 трав. 2021.