

УДК 617-089.844-059:616-089.881

*В.О. Литовченко, О.А. Кіпа, Є.В. Гарячий, В.В. Григорук,  
М.С. Гримайло, А.В. Литовченко*

*Харківський національний медичний університет*

*КЗОЗ «Обласна клінічна лікарня —*

*Центр екстреної медичної допомоги та медицини катастроф», м. Харків*

*Чернігівська міська лікарня № 2*

## **БІОМЕХАНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ФІКСУЮЧОГО ПРИСТРОЮ ДІАФІЗАРНОГО ПЕРЕЛОМУ КЛЮЧИЦІ У ПОСТТРАВДАЛИХ З ГОСТРОЮ ТОРАКАЛЬНОЮ ТРАВМОЮ**

Авторами за допомогою математичного моделювання обґрунтовано застосування пластин та апаратів зовнішньої фіксації при діафізарному переломі ключиці у посттравдалих з гострою торакальною травмою. Проведений аналіз свідчить про необхідність використання апарату зовнішньої фіксації та некісткової пластини за умови урахування бальної оцінки тяжкості ушкодження та ступеня травматичності втручання.

*Ключові слова: математичне моделювання, пластина, апарат зовнішньої фіксації, діафізарний перелом ключиці, торакальна травма.*

Щорічно в Україні реєструється близько 2 мільйонів травм. Великий внесок в цю сумну статистику вносять множинні та поєднані травми. Відсоток таких постраждалих сягає 15 % усіх стаціонарних хворих. Множинні і поєднані травми зумовлюють 60 % летальних випадків [1].

Частіше за все в якості провідного компонента при множинній та поєднаній травмах є ушкодження грудної клітки (35–75 %), голови (20–72 %), опорно-рухового апарату (66–90 %) [2].

Зазвичай провідне ушкодження визначає й тактику лікування. Проте не завжди можливо визначити основне ушкодження в перші години після травми [3–5].

При поєднаних травмах торакальне ушкодження веде до летального кінця у 25 % випадків, а загальна смертність при поєднаних травмах грудної клітки може сягати 40 % [5, 6]. Ступінь тяжкості залежить від ушкодження грудної порожнини. Найчастіше травмуються легені (до 90 %), діафрагма (5–15 %) і магістральні судини (10 %) [6–8].

Травма грудної порожнини з утворенням гемо- та пневмотораксу, з порушенням цілісності реберного каркаса напряму по-

в'язана з наростанням гіпоксії. Поєднання дихальних розладів з виключенням функції оксигенації крові, порушенням кровотоку з порушенням біомеханіки дихання призводить до виникнення респіраторного дистрес-синдрому з термінальним набряком легень [5, 6, 9, 10].

Перелом ключиці призводить до збільшення ризику вторинних ушкоджень м'яких тканин, кровотечі, некрозів, ушкоджень нервових стволів плечового сплетіння, посилення больової імпульсації. Виникаюча гіподинамія посилює гіпоксію та ендотоксикоз, внаслідок чого й постає питання вибору тактики ведення таких хворих [11–15].

Не викликає сумніву, що перелом ключиці в даному випадку потрібно стабілізувати в якомога ранні строки. Проте немає чіткого алгоритму вибору способу остеосинтезу взагалі та фіксатора зокрема.

У зв'язку з цим вирішення цього завдання є актуальним, й на етапі надання невідкладної допомоги в хірургічному стаціонарі повинно відповідати умовам найбільшої стабілізації відламків.

Мета — визначити оптимальний фіксатор для остеосинтезу діафізарного перелому

ключиці у постраждалих з гострою торакальною травмою на основі його математичного моделювання.

**Матеріал і методи.** Для проведення дослідження нами розроблена модель ключиці (рис. 1), на якій моделювали діафізарний перелом ключиці. На моделі створювали три варіанти остеосинтезу: інтрамедулярний стержнем, накістковою пластиною й апаратом зовнішньої фіксації.

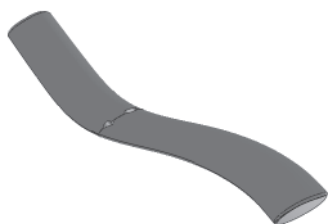


Рис. 1. Модель діафізарного перелому ключиці

Модель остеосинтезу ключиці вивчали під впливом осьового стискаючого навантаження (рис. 2).

Навантаження здійснювали розподіленими силами, докладеними до грудинного та акроміального кінців ключиці. Навантаження складало 10 Н. Механічні характеристики матеріалів, які використовувались в розрахунках, наведені в таблиці.

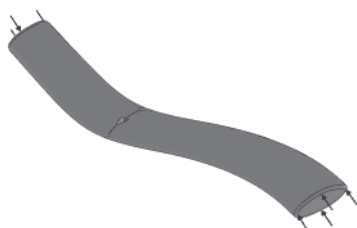


Рис. 2. Модель остеосинтезу ключиці під впливом осьового стискаючого навантаження  
*Механічні характеристики матеріалів, які використовувались в розрахунках*

Тканина	Модуль пружності тканин (E), МПа	Коефіцієнт Пуассона ( $\nu$ )
Кортикальна тканина	$2,0 \cdot 10^4$	0,29
Губчаста кістка	200	0,30
Хрящова тканина	900	0,34
Тканина зв'язок	150	0,45
Титан BT-16	$1,1 \cdot 10^5$	0,20

Моделювання варіантів остеосинтезу ключиці. Модель інтрамедулярного остеосинтезу ключиці стержнем являє собою два

фрагменти ключиці, з'єднані між собою стержнем, що має діаметр 2 мм і довжину 80 мм (рис. 3).

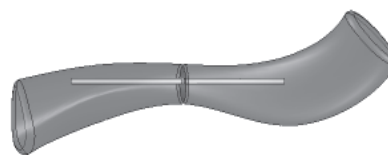


Рис. 3. Модель остеосинтезу ключиці інтрамедулярним стержнем

Модель накісткового остеосинтезу ключиці пластиною складається з двох кісткових фрагментів, з'єднаних за допомогою металевої пластини товщиною 2 мм, шириною 14 мм і довжиною 80 мм. Кріплення пластини до кістки здійснюється чотирима гвинтами (рис. 4).



Рис. 4. Модель остеосинтезу ключиці накістковою пластиною

На моделі остеосинтезу ключиці апаратом зовнішньої фіксації кісткові фрагменти з'єднували між собою за допомогою стержнів діаметром 3 мм та довжиною 45–55 мм, жорстко фіксованих на несучій балці (рис. 5).

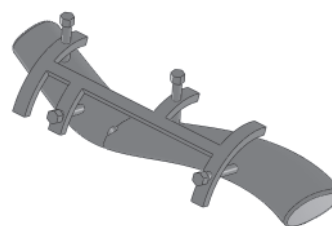


Рис. 5. Модель остеосинтезу ключиці апаратом зовнішньої фіксації

За результатами моделювання нами отримано картину пружно-деформованого стану моделей остеосинтезу різними засобами фіксації, що дозволило порівняти їх механічні властивості.

Результати розрахунків показали, що при дії осьового стискаючого навантаження максимальні напруження виникають в інтрамедулярному стержні (0,58 МПа) на його

дистальних відділах та, відповідно, в дистальних відділах ключиці (0,42 та 0,52 МПа). Максимальні переміщення акроміального кінця ключиці склали 3,5 мм.

Наступним етапом роботи було дослідження пружно-деформованого стану моделі накісткового остеосинтезу ключиці. Результати моделювання показали, що максимальні напруження виникають в пластині, гвинтах і кістковій тканині, в зонах, які безпосередньо контактують з елементами металевої конструкції. Рівень напружень у зазначених ділянках моделі становить від 2,8 до 5,9 МПа. Даний факт свідчить про те, що основне навантаження бере на себе саме пластина.

При використанні апарату зовнішньої фіксації для остеосинтезу ключиці максимальні напруження виникають у крайніх стержнях, декілька нижчі на внутрішніх стержнях та зовнішній опорі. Напруження в кістковій тканині сягають максимуму в зоні контакту зі стержнями. Максимальні напруження в стержнях склали 3,05 МПа, максимальні напруження в кістковій тканині — 2,5 МПа. Це свідчить про те, що основне навантаження бере на себе крайні стержні та елементи металевої конструкції. Зона перелому зберігається мало навантаже-

ною (0,03 МПа). Максимальні переміщення акроміального кінця ключиці — 0,3 мм.

Таким чином, апарат зовнішньої фіксації та пластина є засобами вибору фіксації перелому ключиці у постраждалих з гострою торакальною травмою з урахуванням бальної оцінки тяжкості ушкодження та травматичності оперативного втручання.

### Висновки

1. Остеосинтез відламків ключиці за допомогою інтрамедулярного стержня найменш стабільний, тому що недостатня жорсткість конструкції в окремих ситуаціях може призводити до великих переміщень кісткових фрагментів (більше 3 мм).

2. Пластина забезпечує значно більшу жорсткість фіксації й бере на себе значну частину навантажень, але одне площинне розташування фіксатора може призводити до значних зміщень кісткових фрагментів (до 2 мм).

3. Найбільш стабільна фіксація відламків ключиці відмічена при остеосинтезі стержневим апаратом. Розташування фіксуючих стержнів під різними кутами дозволяє стабілізувати кісткові фрагменти в різних площинах та запобігти великих зміщень уламків (не більше 0,3 мм).

### Список літератури

1. Гайко Г. В. Аналіз стану травматолого-ортопедичної допомоги населенню України в 2003–2004 роках / Г. В. Гайко, А. В. Калашніков, В. П. Полішко. — К. : Вид. дім Д. Бураго, 2005. — 134 с.
2. Burch J. M. New concepts in trauma / J. M. Burch // Amer. J. Surg. — 1997. — V. 173, № 1. — P. 44–46.
3. Военно-полевая хирургия / [под ред. П. Г. Брюсова, Э. А. Нечаева]. — М. : ГЭОТАР-медиа, 1996. — 414 с.
4. Дубицкий А. Е. Медицина катастроф / А. Е. Дубицкий, И. А. Семенов, Л. П. Чепкий. — К. : Здоров'я, 1993. — 464 с.
5. Цыбуляк Г. Н. Лечение тяжелых и сочетанных повреждений / Г. Н. Цыбуляк. — СПб. : Гиппократ, 1995. — 428 с.
6. Flotating fracture of the ribs as the index of the hard trauma / D. L. Ciraulo, D. Elliott, K. A. Mitchell [et al.] // J. Am. Coll. Surg. — 1994. — V. 178, № 5. — P. 466–470.
7. Дзодзуашвили К. К. Особенности лечения пострадавших с сочетанными повреждениями груди и плечевого пояса : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. мед. наук : спец. 14.00.27 «Хирургия» / К. К. Дзодзуашвили. — СПб., 2009. — 173 с.
8. Флорикян А. К. Хирургия повреждений груди (патофизиология, клиника, диагностика, лечение). Избранные лекции / А. К. Флорикян. — Харьков : Основа, 1998. — 504 с.
9. Armstrong B. W. Pressure-controlled, inverse ratio ventilation that avoid air trapping in the adult respiratory distress syndrome / B. W. Armstrong, N. R. Macintyre // Crit. Care Med. — 1995. — V. 23, № 2. — P. 279–285.
10. Changes in the inflammatory response of the lung during acute respiratory distress syndrome: prognostic indicators / R. P. Vaughan, K. L. Gunter, M. C. Rashkin [et al.] // Amer. J. Resp. Crit. Care Med. — 1994. — V. 154, № 1. — P. 75–81.
11. Анкин Н. Л. Оперативное лечение переломов длинных трубчатых костей у больных с политравмой / Н. Л. Анкин // Клин. хирургия. — 1998. — № 7. — С. 41–44.
12. Бондаренко В. А. Проблема современной политравмы / В. А. Бондаренко // Междунар. мед. журнал. — 1998. — № 3. — С. 69–73.

13. Ковальчук П. Е. Закритий остеосинтез в лікуванні хворих з політравмою / П. Е. Ковальчук, М. В. Гасько // Проблеми військової охорони здоров'я : збірник наукових праць Української ВМА / [за ред. проф. В. Я. Білого]. — К., 2002. — С. 616–621.

14. Неотложная хирургия груди / [под ред. Л. Н. Бисенкова]. — СПб. : LOGOS, 1995. — 312 с.

15. Charash W. E. Delayed fixation on fumur's fracturing is risk factor of development of the lung failure in the case of breast's trauma / W. E. Charash, T. C. Fabian, M. A. Croce // J. Trauma. — 1994. — V. 37, № 4. — P. 667–672.

**В.А. Литовченко, О.А. Кипа, Е.В. Горячий, В.В. Григорук, Н.С. Гримайло, А.В. Литовченко**  
**БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ФИКСАТОРА ДИАФИЗАРНОГО ПЕРЕЛОМА**  
**КЛЮЧИЦЫ У ПОСТРАДАВШИХ С ОСТРОЙ ТОРАКАЛЬНОЙ ТРАВМОЙ**

Авторами при помощи математического моделирования обосновано применение пластин и аппаратов внешней фиксации при диафизарном переломе ключицы у пострадавших с острой торакальной травмой. Проведенный анализ свидетельствует о необходимости использования аппарата внешней фиксации и наkostной пластины при условии учета балльной оценки тяжести повреждения и степени травматичности вмешательства.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, пластина, аппарат внешней фиксации, диафизарный перелом ключицы, острая торакальная травма.

**V.A. Litovchenko, O.A. Kipa, E.V. Gariachiy, V.V. Grigoruk, N.S. Grimajlo, A.V. Litovchenko**  
**BIOMECHANICAL SUBSTANTIATION OF A CHOICE OF A FIXATION METHOD OF A CLAVICLE**  
**DIAPHYSIS FRACTURE AT PATIENTS WITH ACUTE THORACIC TRAUMA**

Authors by means of mathematical modeling prove application of plates and external fixation devices of a clavicle diaphysis fracture at patients with acute thoracic trauma. The analysis shows the necessity of using the apparatus of external fixation and plate owter table provided considering scoring severity of injury and degree of traumatizm of the surgery.

**Key words:** the mathematical modeling, fixator, clavicle diaphysis fracture, acute thoracic trauma.