

УДК 620.171.3:616.718.56

Жорсткість фіксації переломів щелеп при дії фізіологічних навантажень**Шидловський М.С.¹, Мусієнко О.С.¹, Захавайко О.П.¹, Тріфонов С.О.¹, Павличук Т.О.²****1 - КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна****2 - Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна**

***Анотація.** Розглянуті питання надійності засобів фіксації переломів (ЗФП) щелепи людини під дією функціональних стискаючих сил, згинальних та крутильних моментів в квазістатичних режимах. Наведено опис експериментального засобу та методики випробувань. Проведено аналіз роботи ЗФП на прикладі щелеп з засобами фіксації переломів у вигляді пластин, зроблена обробка результатів експериментів, їх обґрунтування та висновки щодо використання цих даних. Встановлено, що найбільша жорсткість при вертикальному та горизонтальному навантаженні спостерігалась при фіксації титановим гвинтом. При цьому системи фіксації одним гвинтом виявились нестійкими до ротаційних навантажень. Найменші показники жорсткості виявились при фіксації Т-подібної пластиною. Для підвищення жорсткості з'єднання уламків запропоновані нові типи пластин (трикутна та V - подібна).*

***Ключові слова:** перелом; щелепа; засіб фіксації перелому; остеосинтез; переміщення; жорсткість.*

При жувальних навантаженнях нижня щелепа перебуває в умовах складного напружено-деформованого стану, що відрізняється на різних її ділянках і змінюється в часі залежно від конкретних умов функціонального навантаження, що може викликати перелом. Переломи голівок нижньої щелепи (ПГНЩ) складають від 9 до 16% всіх переломів нижньої щелепи. Класифікація таких переломів описана в роботі [1]. Максимальних навантажень щелепа зазнає при відкушуванні і пережовуванні їжі. При цьому в ділянці голівки нижньої щелепи, під дією латерального крилоподібного (головним чином), а також скроневого, медіального крилоподібного та жувального м'язів, виникає складний напружено-деформований стан, що містить всі типи деформацій зі значним переважанням згину і зсуву в сагітальній та фронтальній площинах та кручення в горизонтальній площині, що виражено меншою мірою. Ці типи деформацій мають найбільше клінічне значення і мають бути компенсовані системою фіксації при проведенні остеосинтезу [2].

Мета досліджень - вивчення деформаційних характеристик та характеристик надійності фіксації переломів в ділянці голівки нижньої щелепи за різних способів з'єднання. Як об'єкти випробувань були взяті трупні щелепи людини. Щелепи закріплювали в ділянці гілок і навантажували, відтворюючи деформації зсуву, згину та кручення.

В ході роботи використовувалися 6 щелеп людини. Остеотомію нижньої щелепи проводили за допомогою дискової фрези, що була зафіксована в наконечнику бормашини. Після проведення остеотомії уламки були зафіксовані у правильному положенні та закріплені титановими шурупами, шурупами виготовленими з L,D-молочної кислоти (PDLLA) та Т-подібними пластинами. За допомогою пластмаси «Протакріл М» було нанесено дві паралельні площини з метою компенсування складної геометричної форми та непаральності гілок нижньої щелепи. Фіксація та активація шурупів з PDLLA була проведена за допомогою ультразвукового апарату SonicWeld RX [3]. Для забезпечення кращих біомеханічних показників були розроблені 3 варіанти пластин (рис.1). З метою зменшення можливості появи некрозів при проектуванні була мінімізована площа контакту системи фіксатор-кістка. В роботі наведені результати випробування Т-подібної пластини.

Підготовлені зразки закріплювали на робочому столі дослідної машини (рис. 2). В ході дослідів були відтворені згин і зсув в сагітальній та фронтальних площинах та кручення в горизонтальній площині [4]. Зусилля на зразок при випробуваннях на зсув та згин передавали за допомогою сталевого стрижня, з'єданого з динамометром, який надсилав

сигнал до процесора випробувальної машини. Для відтворення деформації кручення навантаження прикладали у верхній частині голівки, для уникнення інших типів деформації в ділянці отвору фіксатора було встановлено металеву кульку діаметром 1 мм. Швидкість деформування зразка становила 1 мм/хв. Початкове навантаження становило 5Н. Зусилля R_{max} змінювалось в межах від 0Н до 80Н. Для вимірювання переміщень використовували дзеркальну цифрову фотокамеру Nikon D 5200.

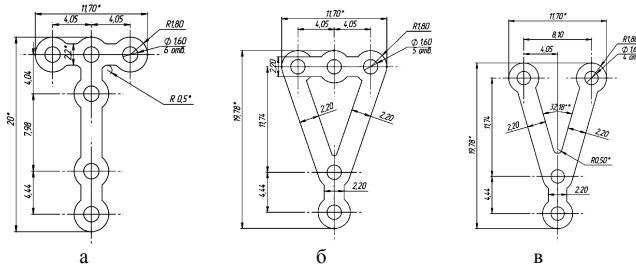


Рис. 1 – Фіксуєчі пластини: Т-подібна(а), трикутна (б), V-подібна (в)

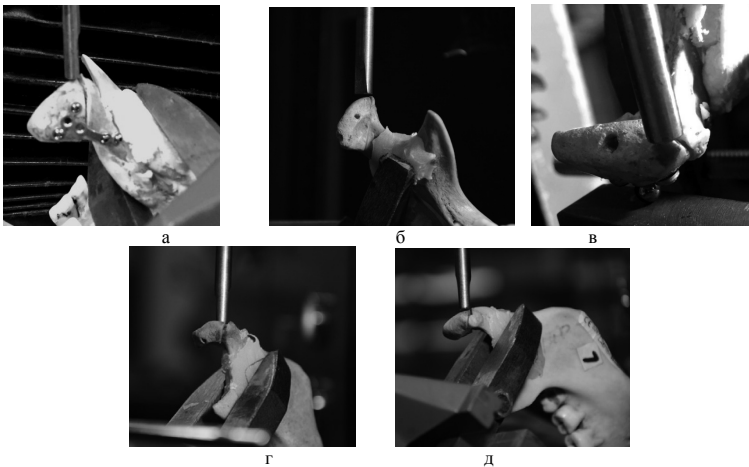


Рис. 2 – Системи для навантаження моделей фіксації ПГНЩ: зсуви в сагітальній площині з фіксацією титановим (а) та PDLLA гвинтом (б); зсуви у фронтальних (XZ) площинах з фіксацією титановим (в), PDLLA гвинтом(г); деформація кручення в горизонтальній (XY) площині з фіксацією Т-подібними пластинами(д)

В табл. 1 наведені середні показники отриманих значень, визначених при вертикальному, горизонтальному навантаженнях та крученні.

Таблиця 1

Середні показники значень при різних типах деформації

Тип фіксатора	Границя міцності (Н)	Границя пропорційності (Н)	Жорсткість (Н/мм)
	Вертикальне навантаження		
Титановий гвинт	85.2	43.7	46.9
Гвинт з PDLLA	44.6	21.1	39.3
Т-подібна пластина	---	8.10	10.9

Закінчення табл.1

	Горизонтальне навантаження		
Титановий гвинт	40.7	38.81	36.9
Гвинт з PDLA	43.3	24.50	29.1
Т-подібна пластина	---	21.67	17.9
	Кручення		
Т-подібна пластина	---	52.10	518.3

Діаграми деформування зразків зображені на рис. 3. Діаграми деформування носять нелінійний характер, що пов'язано, на наш погляд, зі складним (поетапним) процесом взаємодії відламків щелепи з засобом фіксації.

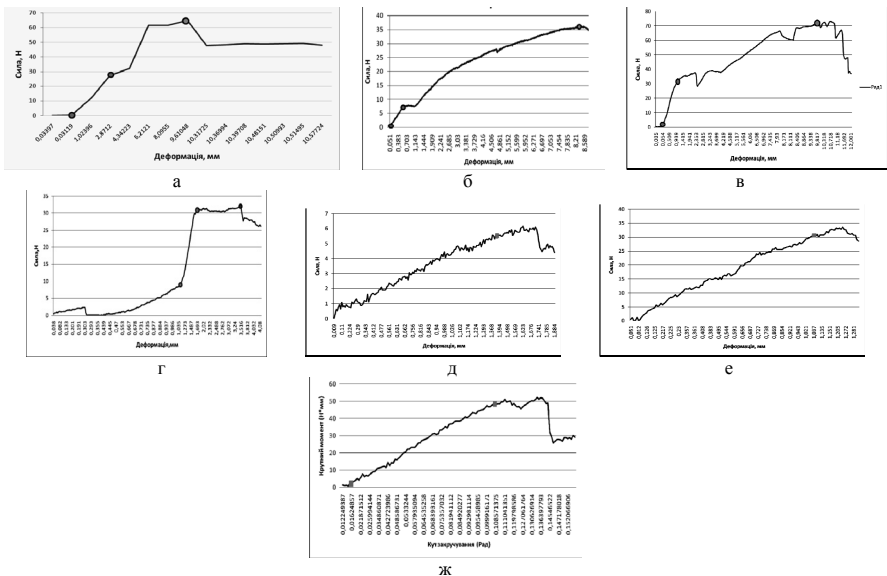


Рис. 2 - Діаграми деформування зразків з фіксацією: титановим гвинтом при вертикальному (а) та горизонтальному (б) навантаженні; гвинтом виготовленим з PDLA при вертикальному (в) та горизонтальному (г) навантаженні; Т-подібною пластиною при вертикальному (д), горизонтальному (е) навантаженні та крученні (ж).

Висновки

Процес деформування систем фіксатор-кістка залежить від типу фіксації, конструкції засобу остеосинтезу, та від виду навантаження (згин, стиск або кручення).

Найбільша жорсткість при вертикальному та горизонтальному навантаженні спостерігалась при фіксації титановим гвинтом. Найменші показники виявились при фіксації Т-подібною пластиною. Системи фіксації одним гвинтом виявилися нестійкими до ротаційних навантажень.

Для підвищення жорсткості з'єднання уламків запропоновані нові типи пластин (трикутна та V-подібна).

Stiffness of fixing of the jaw fracture under physiological loadings

Shidlovskiy M.S., Musiienko O.S., Zakhovajko O.P., Trifonov S.O., Pavlychuk T.O.

The issues of reliability of fracture fixation means (FFM) of the human jaw under the action of functional compressive forces, bending and torsional moments in quasistatic modes are considered. Experimental tools and test methods are described. The work of FFM for jaws with fracture fixation means in the form of plates was analyzed, the results of experiments were processed and their justification and conclusions regarding the use of these data were carried out. It was established that the highest stiffness under vertical and horizontal load was observed when fixing with a titanium screw. In this case, the fixation systems with one screw turned out to be unstable to rotational loads. The smallest stiffness indicators were found when fixing the T-shaped plate. To increase the stiffness of the splinters connection, new types of plates were proposed (triangular and V-shaped).

Key words: fracture; lower jaw; fracture fixation; osteosynthesis; displacement; stiffness.

Жесткость фиксации переломов челюсти при действии физиологических нагрузок

Шидловський М.С., Мусиєнко О.С., Заховайко А.А., Трифонов С.О., Павличук Т.О.

Рассмотрены вопросы надежности средств фиксации переломов (СФП) челюсти человека под действием функциональных сжимающих сил, изгибающих и крутящих моментов в квазистатических режимах. Приведено описание экспериментальных средств и методики испытаний. Проанализирована работа СФП челюстей со средствами фиксации переломов в виде пластин, проведена обработка результатов экспериментов, их обоснование и выводы относительно использования этих данных. Установлено, что наибольшая жесткость при вертикальной и горизонтальной нагрузке наблюдалась при фиксации титановым винтом. При этом системы фиксации одним винтом оказались неустойчивыми к ротационным нагрузкам. Наименьшие показатели жесткости оказались при фиксации Т-образной пластиной. Для повышения жесткости соединения осколков предложены новые типы пластин (треугольная и V - образная).

Ключевые слова: перелом; челюсть; средство фиксации перелома; остеосинтез; перемещения; жесткость.

Список використаних джерел:

1. Neff A, Cornelius CP, Rasse M, Torre DD, Audigé L: The comprehensive AOCMF classification system: condylar process fractures—level 3 tutorial. *Craniomaxillofac Trauma Reconstr* 7 (Suppl 1):S044-58, 2014
2. Шидловський М.С., Копчак А.В., Шпак Д.Ю. Деформаційні характеристики систем остеосинтезу нижньої щелепи / Вісник СевНТУ. Збірник наукових праць. Серія: Механіка, енергетика, екологія - Вип.133/2012 – Севастополь, 2012. – С. 191-194.
3. Дубневич Я.М., Павличук Т.О., Шидловський М.С. Характеристики міцності системи фіксатор-кістка при внутрішньосуглобових переломах нижньої щелепи // Збірка матеріалів Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді – машинобудуванню», секція "Динаміка і міцність машин". – К: НТУУ «КПІ» 2017. – С. 74-77.
4. Маланчук В.О., Шидловський М.С., Копчак А.В. Натурне дослідження жорсткості систем "фіксатор-кістка" при переломах нижньої щелепи // В кн.: Матеріали II міжнародної конференції "Біомедична інженерія і технологія". – Київ, 17-18 березня 2011. – С. 115-117.