

УДК 620.171.3:616.718.56

Трифонов С.О.<sup>1</sup>, Шидловський М.С.<sup>1</sup>, Павличук Т.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, м. Київ

<sup>2</sup> Національний медичний інститут імені О.О. Богомольця, м. Київ

## МІЦНІСТЬ ТА ЖОРСТКІСТЬ ФІКСАЦІЇ ПЕРЕЛОМІВ ЩЕЛЕП ПРИ ДІЇ ФІЗІОЛОГІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

**Вступ.** 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 Neff [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 допомогою різних способів з'єднання.

**Як об'єкти випробувань** були взяті трупні щелепи людини. Щелепи закріплювали в ділянці гілок і навантажували, відтворюючи деформації типу зсув, згин та кручення.

**Підготовка зразків до випробувань.** В ході роботи використовувалися 6 щелеп людини. Остеотомію нижньої щелепи проводили за допомогою дискової фрези, що була зафіксована в наконечнику бормащини. Після проведення остеотомії уламки були зафіксовані у правильному положенні та закріплені титановими шурупами, шурупами виготовленими з L,D-молочної кислоти (PDLLA) та T-подібними пластинами. За допомогою пластмаси «Протакріл М» було нанесено дві паралельні площини з метою компенсування складної геометричної форми та непаралельності 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. З метою зменшення можливості появи некрозів при проектуванні була мінімізована площа контакту системи фіксатор-кістка. В роботі наведені результати випробування T-подібної пластини.

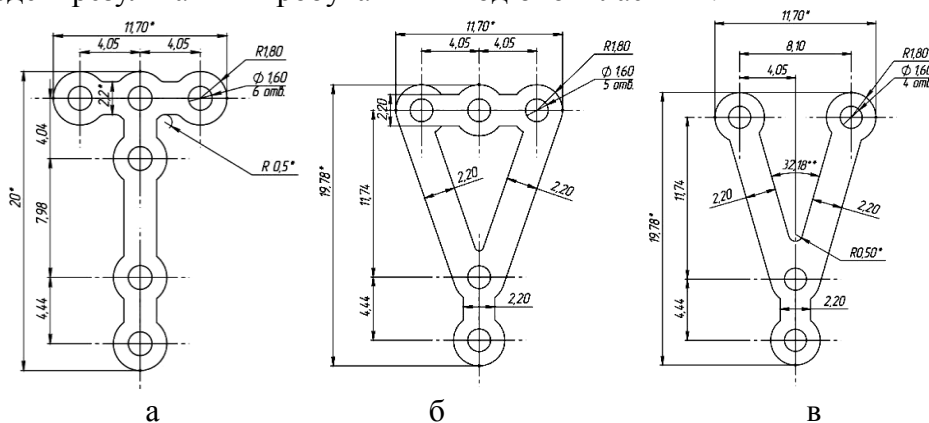


Рис. 1. Розроблені пластини: T-подібна(а), трикутна (б), V-подібна (в)

**Методика випробувань.** Підготовлені зразки закріплювали на робочому столі дослідної машини (рис. 2). В ході дослідження 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 процесору 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 5 Н. Зусилля  $P_{max}$  змінювалось в межах від 0 до 80 Н. Для вимірювання переміщень використовували дзеркальну цифрову фотокамеру Nikon D 5200.

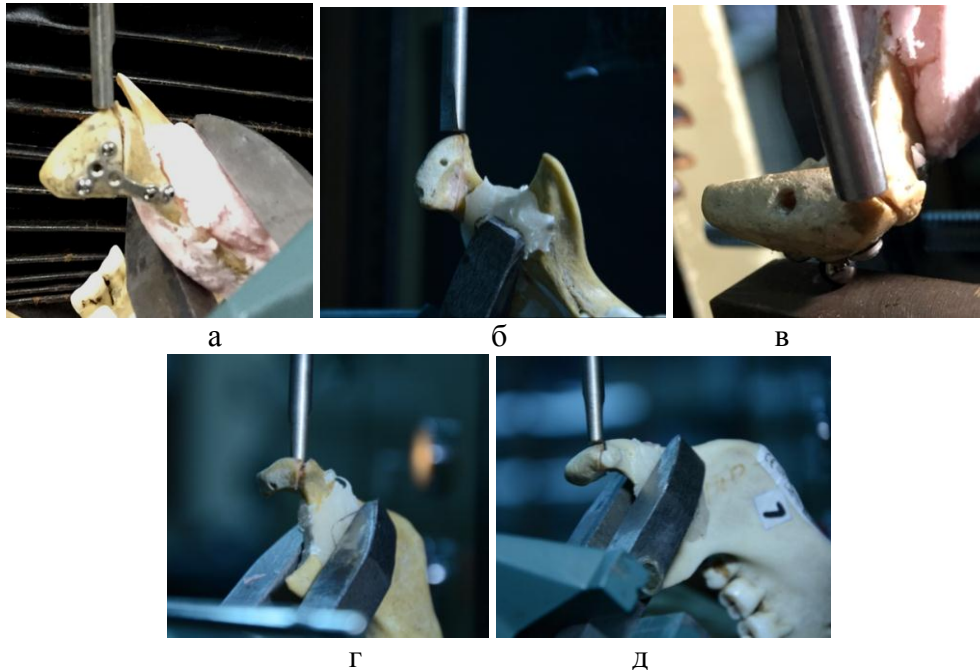


Рис. 2. Системи для навантаження моделей фіксації ПГНЦ: зсуви в сагітальній площині з фіксацією титановим (а) та PDLLA гвинтом (б); зсуви у фронтальних (XZ) площинах з фіксацією титановим (в), PDLLA гвинтом(г); деформація кручення в горизонтальній (XY) площині з фіксацією Т-подібними пластинами(д)

**Результати випробувань.** 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	Межа міцності (Н)	Межа пропорційності (Н)	Жорсткість (Н/мм)
Титановий гвинт	85.2	43.7	46.9
Гвинт з PDLLA	44.6	21.1	39.3
Т-подібна пластина	---	8.10	10.9
Горизонтальне навантаження			
Титановий гвинт	40.7	38.81	36.9
Гвинт з PDLLA	43.3	24.50	29.1
Т-подібна пластина	---	21.67	17.9
Кручення			
Т-подібна пластина	---	52.10	518.3

Результати вимірювань зображені на рис. 3

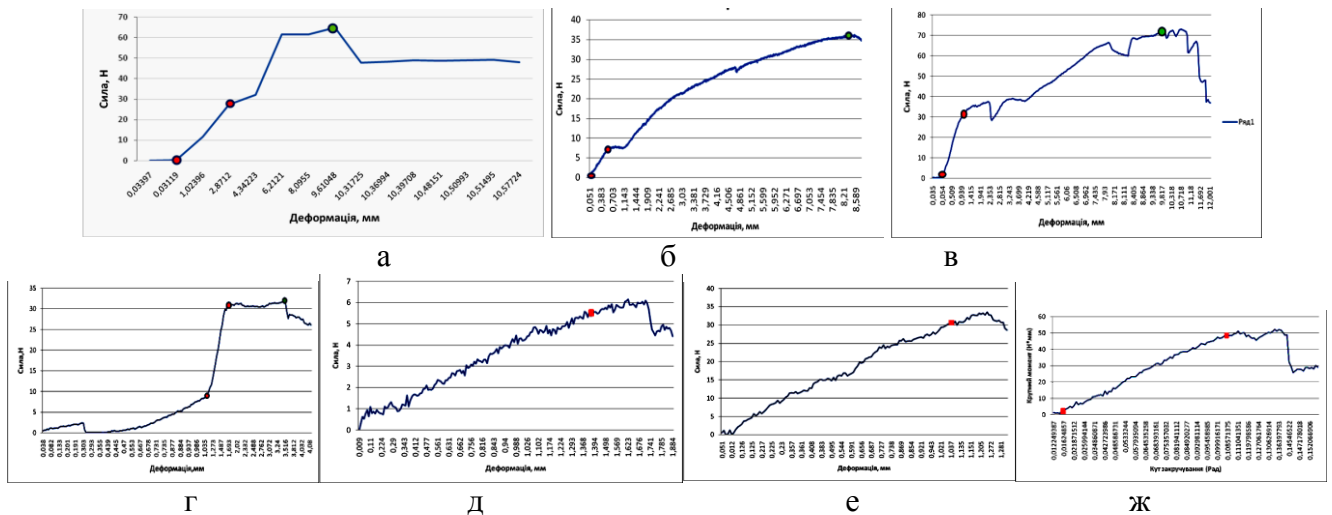


Рис. 3. Діаграми деформування зразків з фіксацією: титановим гвинтом при вертикальному (а) та горизонтальному (б) навантаженні; гвинтом виготовленим з PDLLA при вертикальному (в) та горизонтальному (г) навантаженні; Т-подібною пластиною при вертикальному (д), горизонтальному (е) навантаженні та крученні (ж).

Діаграми деформування носять нелінійний характер, що пов'язане, на наш погляд, з складним (поетапним) процесом взаємодії відламків щелепи з засобом фіксації. Головними причинами стали виникнення незворотних деформацій та руйнування кістки у випадку з'єднання за допомогою гвинтів виготовлених з титану та PDLLA, а також пластична деформація фіксатора.

**Висновки.**

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

Найбільш жорсткість при вертикальному та горизонтальному навантаженні виявились при фіксації титановим гвинтом. Найменші показники виявились при фіксації Т-подібною пластиною. Системи фіксації одним гвинтом виявилися не стійкими до ротаційних навантажень.

Експериментальні дані показали, що ПГНЦ, не залежно від обраного виду фіксатора та матеріалу виявилась біомеханічно недоцільною. Для підвищення жорсткості з'єднання уламків запропоновані нові типи пластин (трикутна та V-подібна).

**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. *Craniofacial 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.