

Моделювання остеосинтезу перелому суглобового відростка нижньої щелепи різними фіксуючими пристроями

Modeling of Mandibular Condyle Osteosynthesis Using Different Fixing Devices

*Погранична Х.Р., к.мед.н., ас.
каф. хірургічної стоматології та
щелепно-лицевої хірургії,
Львівський національний медичний
університет ім. Данила Галицького
Pohranychna K.R., PhD, Prof. Ass.
Department of Surgical Dentistry and
Maxillofacial Surgery,
Danylo Halytskyi Lviv National Medical
University*

*Адреса для кореспонденції:
Погранична Христина Романівна
e-mail: pohranychna@gmail.com*

Мета: Дослідити напружено-деформований стан (НДС) моделі «суглобовий відросток-пластина» для різних видів навантаження і методів остеосинтезу. На основі результатів числових експериментів розробити рекомендації оптимального способу фіксації відламків. **Методи:** Розглянули три способи остеосинтезу суглобового відростка нижньої щелепи (СВНЩ): пластиною з внутрішньокістковим стержнем; однією прямою пластиною, що фіксується чотирма гвинтами; двома прямими пластинами (одну фіксують чотирма гвинтами, а іншу – двома). Для вивчення фіксуючих властивостей різних видів міні-пластин та засобів фіксації використали імітаційні комп'ютерні моделі (ІКМ) і метод скінченних елементів (МСЕ), реалізований у сучасних програмних комплексах (COSMOSWorks, Comsol Multiphysic) для розрахунку напружено-деформованого стану системи «суглобовий відросток-фіксатор». **Результати:** При остеосинтезі двома пластинами найбільші напруження виникають у пластині, що фіксується двома гвинтами; а у пластині з внутрішньокістковим стержнем – у ділянці перелому при переході від прямої пластини до внутрішньокісткового стержня. При остеосинтезі однією прямою пластиною в умовах навантажень від латерального крилоподібного та жувального м'язів виникає напруження (249,9 МПа), що значно перевищує відповідне напруження при остеосинтезі двома пластинами (197,3 МПа) і пластиною з внутрішньокістковим стержнем (87,1 МПа). **Висновки:** З біомеханічної точки зору, усі пластини можна успішно застосовувати для остеосинтезу суглобового відростка нижньої щелепи. Зокрема дві прямі пластини міцніші у використанні, ніж одна; проте їх технічно складно встановити внутрішньоротовим способом, але можливо у комбінації з трансбукальним доступом. Використання пластини з внутрішньокістковим стержнем для проведення остеосинтезу внутрішньоротовим способом є надійним як під дією тільки жувального, так і під спільною дією латерального крилоподібного та жувального м'язів.

Ключові слова: суглобовий відросток нижньої щелепи, остеосинтез, біомеханічні характеристики, титанові пластини.

Purpose: The aim of our work was to study the stress-strain state (SSS) «mandibular condyle-plate» design for various types of loads and methods of osteosynthesis and based on the results of numerical experiments and develop recommendations for the optimal method of fixation of bone fragments. **Methods:** To study mandibular condyle osteosynthesis three approaches we used: plate with intraosseous rod; one straight plate, which is fixed by four screw; two straight plates (one fixed by 4 screws, the second – 2 screws). To study the fixative properties of the plates simulation models of computer (PCM) was used and the finite element method, implemented in today's complex software (COSMOSWorks, Comsol Multiphysic) to calculate the stress-strain state of the «condyle-device». **Results:** In case of two plates osteosynthesis the largest tensions arise in plate,

which is fixed with two screws. In case of osteosynthesis using plate with intraosseous rod maximum stress occurs in the region of the transition from direct plate to intraosseous rod. In case of one straight plate osteosynthesis tension occurs (249,9 MPa), significantly higher than the corresponding strain in the osteosynthesis of two plates (197,3 MPa) and a plate of intraosseous rod (87,1 MPa). **Conclusions:** From the biomechanical point of view all the plates, can be successfully used for mandibular condyle osteosynthesis. Using two straight plates for mandibular condyle osteosynthesis, in terms of strength, is much better than one straight plate, but intraorally it's technically difficult to install 2 plates, but it is possible in combination with transbuccal access. Application of intraosseous rod plate for mandibular condyle osteosynthesis by intraoral access is reliable as under chewing and under the combined action of the lateral pterygoid and chewing muscles.

Key words: mandibular condyle, osteosynthesis, biomechanical characteristics, titanium plates.

Вступ

Частота переломів суглобового відростка нижньої щелепи (СВНЩ) коливається від 8 до 76% загальної кількості мандибулярних переломів [6]. Причинами збільшення кількості переломів СВНЩ є зростання травматизму. Основну вікову групу постраждалих становлять молоді особи працездатного віку з високими естетичними вимогами до лікування та зацікавленістю у швидкій соціальній адаптації. Тому сучасні способи лікування мають повністю задовольняти вимоги пацієнтів. Зокрема популярні сьогодні малоінвазивні втручання при переломах СВНЩ, що полягають в обмеженому виконанні великих зовнішньоротових розрізів чи їхній комбінацій, та у пропагуванні застосування внутрішньоротових доступів чи трансдермальних проколів, що мінімізують незадовільний естетичний ефект. Перспективними є внутрішньоротові ендоскопічні або ендоскопічно асистовані остеосинтези СВНЩ з використанням трансбуккальних пристроїв. Однак численні системи фіксації та малоінвазивні способи при переломах СВНЩ не завжди надійні при функціональному навантаженні. Автори пропонують титанову пластину власної конструкції [1, 4], що складається з внутрішньокісткового стержня та накісної пластини і призначена для ос-

теосинтезу внутрішньоротовим способом під відеоендоскопічним контролем. У [2, 3] дослідили процеси у ділянці перелому СВНЩ після остеосинтезу пластиною з використанням імітаційної комп'ютерної моделі (ІМК) для різних значень навантажень. Мета роботи: дослідити напружено-деформований стан (НДС) моделі «суглобовий відросток–пластина» для різних видів навантаження і методів остеосинтезу та на основі результатів числових експериментів виробити рекомендації оптимального способу фіксації відламків.

Матеріал і методи

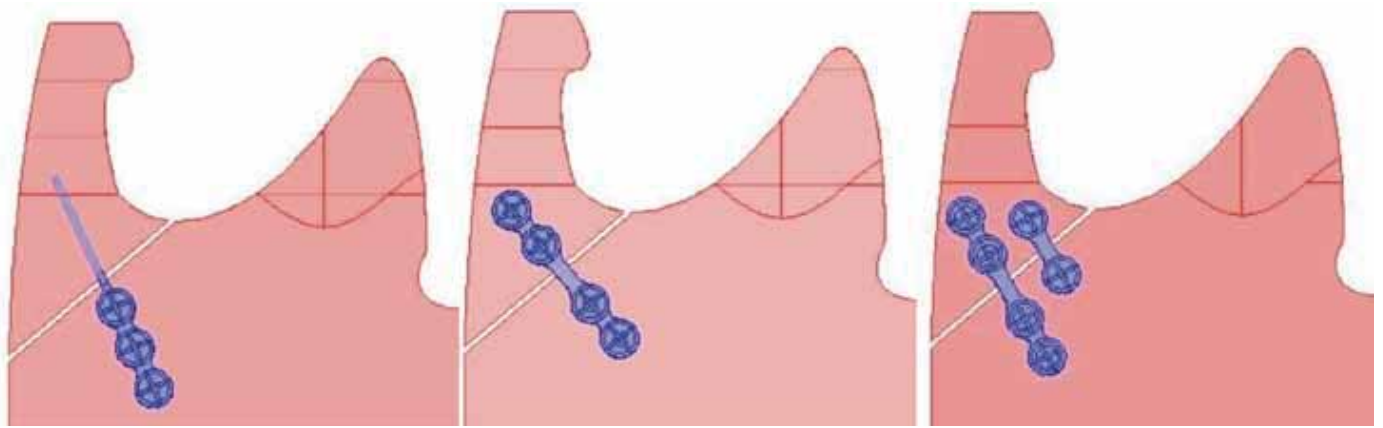
Розглянули три способи остеосинтезу суглобового відростка нижньої щелепи (СВНЩ): пластиною з внутрішньокістковим стержнем (мал. 1 а); однією прямою пластиною, що фіксується чотирма гвинтами (мал. 1 б); двома прямими пластинами (одну фіксують чотирма гвинтами, а іншу – двома) (мал. 1 в). Імітаційну комп'ютерну модель (ІМК) будували аналогічно до моделей, наведених у [2]. Розглядали перелом при основі суглобового відростка, тому немає потреби моделювати щелепу повністю, достатньо лише гілки [5]. На поверхні, що моделює верх головки, переміщення вгору в сагітальній площині задано рівним нулю. На межі

з'єднання гілки з основою НЩ задали умови жорсткого закріплення. Пластини виготовлені з титану медичного призначення (модуль Юнга $E=1,1 \cdot 10^5$ МПа, коефіцієнт Пуассона $\nu=0,3$). Товщина пластини 1 мм, довжина гвинтів – 8 мм. Вважається, що щелепа є ізотропним тілом, виготовленим з компактною кісткою (модуль Юнга $E=1,37 \cdot 10^4$ МПа, коефіцієнт Пуассона $\nu=0,3$). Для визначення напружено-деформованого стану ІМК використовували МСЕ, реалізований у програмному комплексі Comsol Multiphysic 3.5a.

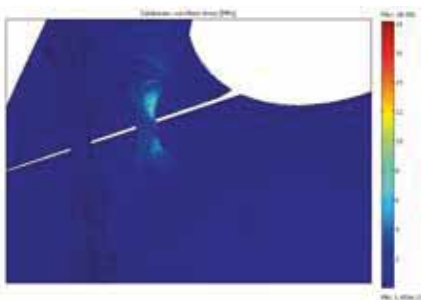
Під час проведення числових експериментів з використанням ІМК важливим етапом є виявлення міцності конструктивних елементів під дією заданого навантаження. З точки зору завдань міцності (стійкості до руйнування), основним критерієм є порівняння максимальних напружень та відповідних граничних значень, встановлених експериментально [5]. Для оцінки напруженого стану обрали значення еквівалентного напруження за Мізесом, що обчислюється за формулою і характеризує загальне напруження у точці:

$$\sigma_M = \sqrt{0,5[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)]}, \quad (1)$$

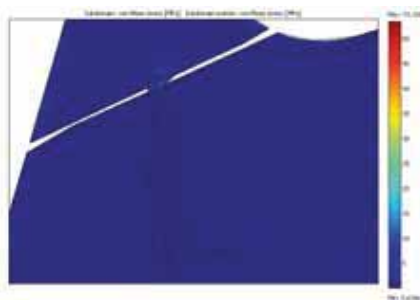
де σ і τ – нормальні і дотичні напруження, а індекси при основі вказують напрям дії напружень вздовж осей x , y і z .



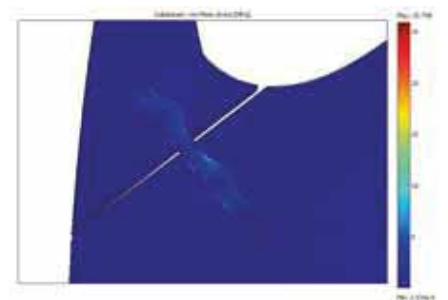
Мал. 1. Остеосинтез при переломах СВНЩ: а — пластиною з внутрішньокістковим стержнем; б — прямою накісною пластиною; в — двома прямими пластинами



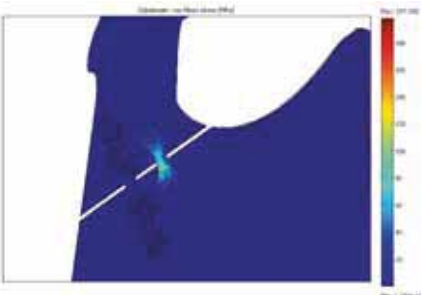
Мал. 2. Поле напружень за Мізесом при остеосинтезі двома пластинами



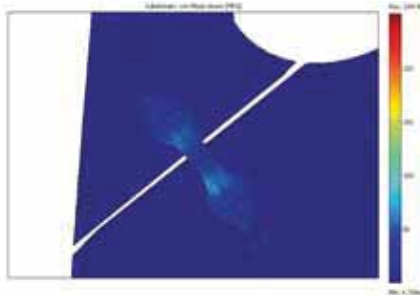
Мал. 3. Поле напружень за Мізесом при фіксації відламків пластиною з внутрішньокістковим стержнем



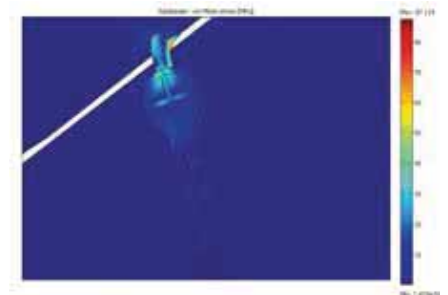
Мал. 4. Поле напружень за Мізесом при фіксації відламків прямою пластиною



Мал. 5. Поле напружень за Мізесом при фіксації двома пластинами під дією латерального крилоподібного та жувального м'язів



Мал. 6. Поле напружень за Мізесом при фіксації прямою пластиною під дією латерального крилоподібного та жувального м'язів



Мал. 7. Поле напружень за Мізесом при фіксації пластиною з внутрішньокістковим стержнем під дією латерального крилоподібного та жувального м'язів

Результати та їх обговорення

1. Порівняння надійності остеосинтезу СВНЩ пластиною з внутрішньокістковим стержнем, прямою пластиною або двома прямими пластинами в умовах дії жувальної сили

У роботі [3] провели дослідження остеосинтезу перелому СВНЩ пластиною з внутрішньокістковим стержнем, порівняно з використанням прямої

пластини. Розглянули ще один спосіб фіксації відламків за допомогою двох прямих пластин. Для проведення числових експериментів застосували навантаження величиною 100 Н, відповідно до дії жувальних м'язів.

На мал. 2 наведено значення напружень за Мізесом у ділянці перелому при остеосинтезі двома пластинами, де найбільші напруження виникають у пластині, фіксованій двома гвинтами.

На мал. 3 показано поле напружень при остеосинтезі СВНЩ пластиною з внутрішньокістковим стержнем. У цьому випадку максимальні напруження виникають у ділянці перелому при переході від прямої пластини до внутрішньокісткового стержня. На мал. 4 наведено розподіл напруження у ділянці перелому при фіксації відламків однією прямою пластиною. У цьому випадку максимальне значення напружень у

пластині більше, ніж при остеосинтезі двома прямими пластинами — 25,7 МПа і 18,08 МПа відповідно (мал. 2, 4), однак значно менше, ніж при остеосинтезі пластиною з внутрішньокістковим стержнем — 53,2 МПа (мал. 3).

2. Дослідження остеосинтезу суглобового відростка нижньої щелепи різними способами в умовах навантаження від дії латерального крилоподібного та жувального м'язів

За результатами дослідження [2] при спільній дії латерального крилоподібного та жувального м'язів виникає складніший напружено-деформований стан, ніж при одній жувальній силі. Тому наводимо значення напруженого стану моделі «суглобовий відросток–пластина» для трьох випадків фіксації при спільній дії латерального крилоподібного (10 Н) та жувального (100 Н) м'язів (мал. 5–7). Як показано на мал. 5, у разі спільної дії латерального крилоподібного та жувального м'язів якісний розподіл напружень аналогічний, як і при дії тільки жувальних м'язів (мал. 2). Однак значення максимальних напружень у цьому разі більші (197,3 МПа і 18,08 МПа відпо-

відно). При остеосинтезі СВНЩ однією прямою пластиною (мал. 6) в умовах навантажень від латерального крилоподібного та жувального м'язів виникає напруження 249,9 МПа, що перевищує відповідне напруження при остеосинтезі двома пластинами — 197,3 МПа і пластиною з внутрішньокістковим стержнем — 87,1 МПа (мал. 7). Також необхідно зауважити, що напруження, які виникають під дією латерального крилоподібного та жувального м'язів при остеосинтезі СВНЩ однією прямою або двома прямими пластинами майже у 10 разів більші, ніж у разі дії тільки жувального навантаження.

Висновки

З біомеханічної точки зору, усі пластини можна успішно застосовувати для остеосинтезу суглобового відростка нижньої щелепи. Зокрема, дві прямі пластини для остеосинтезу суглобового відростка нижньої щелепи міцніші у використанні, ніж одна; проте їх технічно складно встановити внутрішньоротовим способом, але

можливо у комбінації з трансбукальним доступом. При остеосинтезі суглобового відростка нижньої щелепи двома прямими пластинами найбільші напруження виникають у меншій пластині, що фіксується двома гвинтами. У випадку дії жувального навантаження найменші напруження у моделі «суглобовий відросток–пластина» виникають при остеосинтезі двома прямими пластинами, а найбільші — при остеосинтезі пластиною з внутрішньокістковим стержнем. Напруження, що виникають під дією латерального крилоподібного та жувального м'язів при остеосинтезі суглобового відростка нижньої щелепи однією прямою або двома прямими пластинами майже у 10 разів більші, ніж у разі дії тільки жувального навантаження. Використання пластини з внутрішньокістковим стержнем для проведення остеосинтезу внутрішньоротовим способом є надійним як під дією тільки жувального, так і під спільною дією латерального крилоподібного та жувального м'язів (значення напруження 53,2 МПа і 87,1 МПа відповідно).

Список використаної літератури

1. Патент України на корисну модель № 44568. Пристрій для внутрішньоротового остеосинтезу відросткового відростка нижньої щелепи.
2. Погранична Х.Р. Биомеханический анализ остеосинтеза в области мышечкового отростка нижней челюсти / Х.Р. Погранична, Р.З. Огоновский, И.И. Дияк // Современный научный вестник. Сер. Медицина. Биологические науки. — 2013. — № 30 (169). — С. 92–99.
3. Погранична Х.Р., Огоновський Р.З. Порівняльна характеристика остеосинтезу суглобового відростка нижньої щелепи прямою пластиною і пластиною з внутрішньокістковим стержнем / Х.Р. Погранична, Р.З. Огоновський // Новини стоматології. — 2014. — №2. — С. 82–86.
4. Погранична Х.Р. Малоінвазивні методи хірургічного лікування переломів суглобового відростка нижньої щелепи / Львівський медичний часопис. — 2012. — №2. — С. 43–46.
5. Чуйко А.Н. Биомеханика в стоматологии / А.Н. Чуйко, Н.А. Шинчуковский. — Х.: Форт, 2010. — 516 с.
6. Kaban L., Sharaf B., Troulis M.J. Endoscopically-assisted Repair of Subcondylar Fractures // Plastic Surgery Hyperguide. — 2010. — 234 p.

Стаття надійшла в редакцію 9 січня 2014 року