

МОДЕЛЮВАННЯ ПОШКОДЖЕННЯ HILL-SACHS ПРИ ПЕРВИННОМУ ТРАВМАТИЧНОМУ ВИВИХУ ПЛЕЧА ТА ЙОГО УСУНЕННЯ ЗА РОЗРОБЛЕНОЮ МЕТОДИКОЮ НА ОСНОВІ МЕТОДУ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Півень Ю.М.

Вищий державний навчальний заклад України «Українська медична стоматологічна академія», м. Полтава

В статті, на основі проведеного аналітичного огляду спеціалізованої вітчизняної та зарубіжної літератури з питання розвитку нестабільності плеча внаслідок пошкодження Hill-Sachs, викладено та графічно зображено моделювання пошкодження Hill-Sachs при первинному травматичному вивиху плеча та його усунення за розробленою методикою на основі методу кінцевих елементів. Доведено виправданість розробленої методики оперативного втручання.

Ключові слова: вивих плеча, пошкодження Hill-Sachs, розроблена методика, модель, метод кінцевих елементів.

Вступ

Аналіз вітчизняної та зарубіжної літератури останнього десятиріччя показав, що однією із теорій розвитку нестабільності плеча після первинного травматичного вивиху плеча є пошкодження Hill-Sachs - вдавнений перелом задньозовнішньої частини голівки плечової кістки. На сьогодні існує два основних методи лікування вдавнених переломів голівки плечової кістки. Перший – торсійна остеотомія проксимального кінця плечової кістки з метою виведення пошкодженої ділянки із зони активного навантаження. Другий – заповнення дефекту різними матеріалами з метою відновлення анатомічної форми голівки плечової кістки і створення повноцінної опори в ділянці навантаження. У ролі заповнювача використовуються різноманітні матеріали, такі як: ауто- і алокістка, різноманітні види кераміки. Проте, незважаючи на всі позитивні сторони перерахованих методик, результати лікування не завжди задовольняють як лікарів, так і пацієнтів.

Метою даного біомеханічного дослідження було – шляхом математичного моделювання визначити оптимальний метод лікування згаданої патології.

Матеріали і методи дослідження

Для вирішення поставленої задачі було вивчено напружено-деформуючий стан голівки плечової кістки при різноманітних ситуаціях: зміщення зони навантаження голівки за межі дефекту, заповнення дефекту різними матеріалами (для заповнення використовувалась кортикальна і губчаста кістка). Механічні властивості матеріалів, що використовувались, наведені в табл. 1

Таблиця 1

Механічні властивості матеріалу,

що використовувався при побудові математичних моделей

Назва матеріалу	Механічні властивості матеріалу	
	Модуль пружності, МПа	Коефіцієнт Пуассона
Губчаста кістка	690	0,33
Кортикальна кістка	6900	0,33

Дослідження напружено-деформованого стану проводились із використанням методу кінцевих елементів, що ґрунтується на діленні об'єкту дослідження на невеликі частини (кінцеві елементи). Під час розрахунку кожний кінцевий елемент конструкції розглядається як окремий об'єкт із постійними механічними характеристиками по всьому об'єму, а взаємодія з іншими елементами замінюється зовнішніми зусиллями, що прикладені у місцях їхнього дотику. Використання даного методу дозволяє проводити дослідження об'єктів різної форми і з різними механічними характеристиками.

Для проведення досліджень із використанням методу кінцевих елементів була створена модель проксимального відділу плечової кістки, що включає в себе наступні елементи: плечову кістку, що складається із двох шарів (зовнішній шар має характеристики кортикальної кістки, внутрішній – характеристики губчатої кістки), хрящ і суглобову поверхню лопатки (гленоїд) (рис. 1).

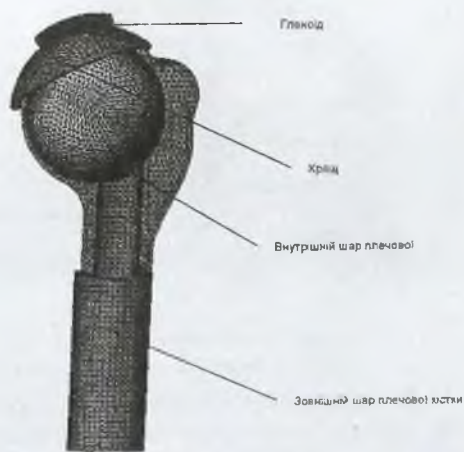
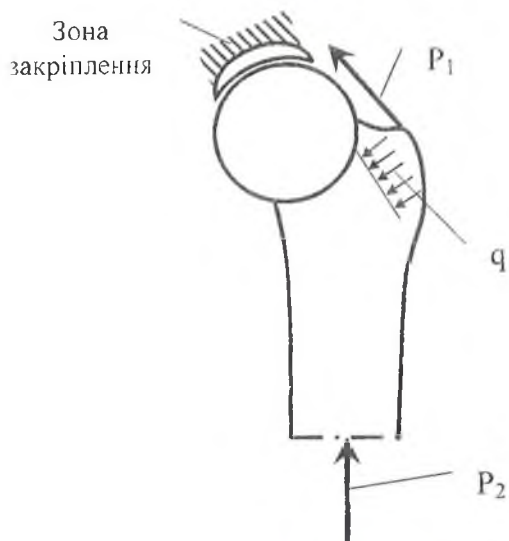


Рис. 1. Кінцево-елементна модель проксимального відділу плечової кістки

Рис. 2. Схема навантаження моделі проксимального відділу плечової кістки



Також була розроблена система навантаження моделі, представлена на рис. 2. Схема навантаження включає в себе зону закріплення по поверхні гленоїду, направлену силу P_1 , розподільну силу q (які моделюють дію м'язових зусиль) і підбурливу силу P_2 . Величина м'язових зусиль P_1 дорівнює 400 Н і $q = 50 \text{ Н/см}^2$, що відповідає фізіологічному навантаженню, яке необхідне для підняття руки до горизонтального положення. Величина підбурливої сили P_2 склала 7000 Н, що може виникнути при падінні на верхню кінцівку тіла масою 70 кг із висоти 1 м.

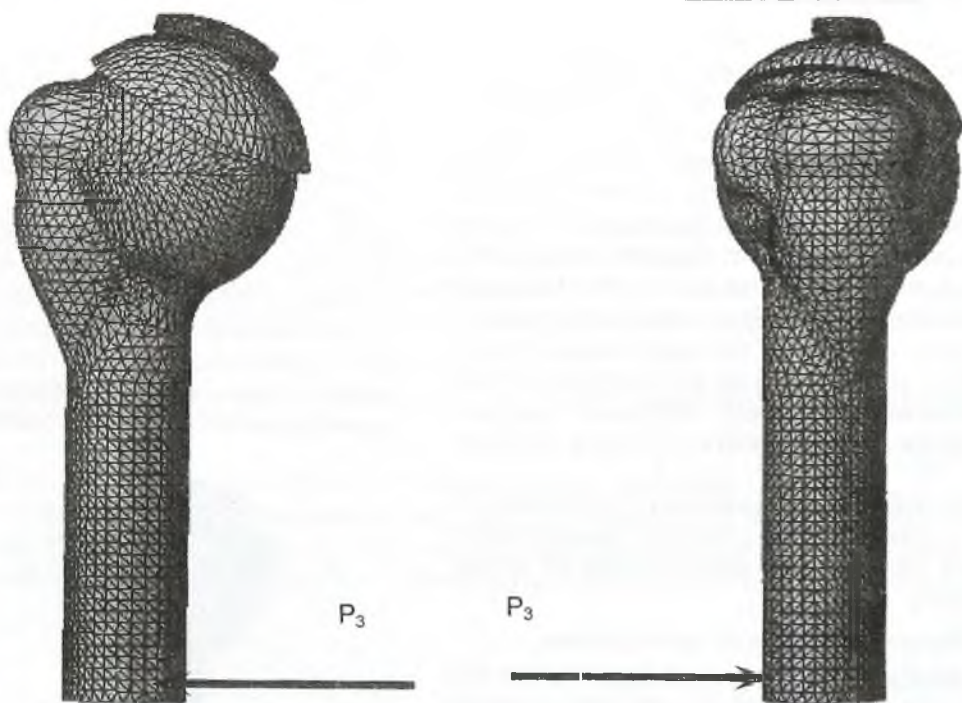


Рис. 3. Схема навантаження моделі проксимального відділу плечової кістки, що доповнена вивихуючою силою: а) – для випадку заднього вивиху; б) – для випадку переднього вивиху. Величина P_3 дорівнює 100 Н.

Для дослідження навантажень, що виникають при вивиху плеча, основна схема навантаження була доповнена вивихуючою силою P_3 , що прикладалась до проксимального відділу плечової кістки (рис. 3).

Результати та їх обговорення

В першу чергу було досліджено напруження, що виникає в голівці плечової кістки без дефекту. Для вирішення цієї задачі модель була розділена на 45763 елементи, до моделі були при-

кладені сили, у відповідності до основної схеми навантаження. Результати дослідження представлені на рис. 4.

Отримані дані показують, що максимальне напруження в плечовому суглобі виникає в гленоїді і досягає 162,7 МПа, а в голівці плечової кістки виникає напруження в кортикальній кістці і досягає 37,5 МПа.

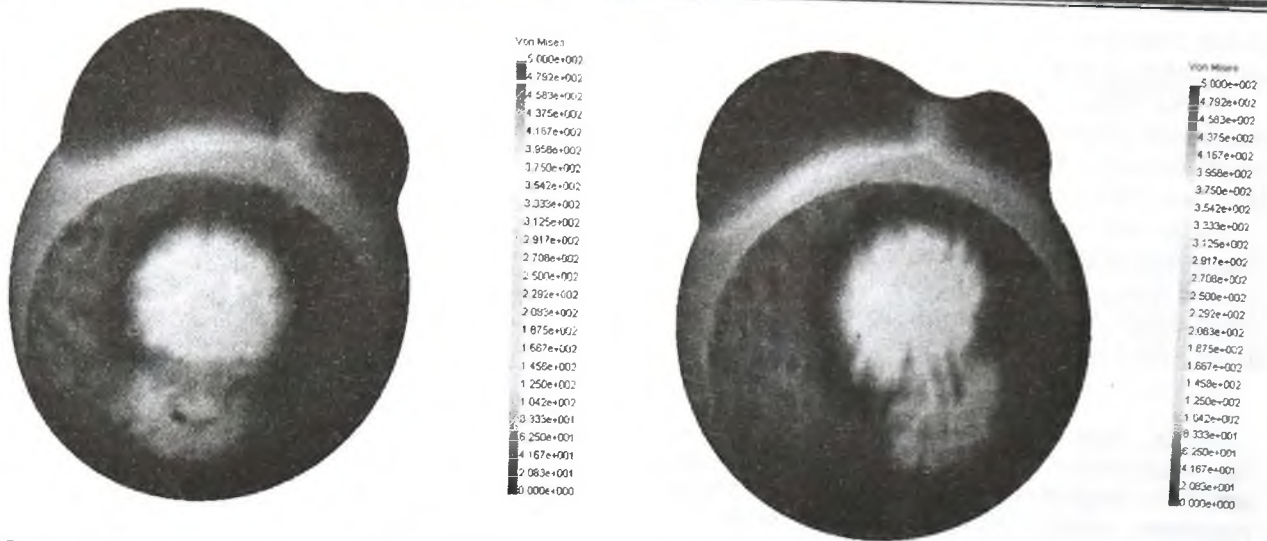


Рис. 4. Результати напруження недеформованої моделі проксимального відділу плечової кістки вісьовою зовнішньою силою: а) вид зверху. Хрящ і гленоїд видалені; б) розріз вздовж фронтальної площини; в) розріз вздовж сагітальної площини.



Рис. 5. Результати навантаження моделі із дефектом проксимального відділу плечової кістки вісьовою силою, розташуванням гленоїду над зоною дефекту: а) вид зверху, хрящ і гленоїд видалені; б) розріз уздовж фронтальної площини; в) січення вздовж сагітальної площини.

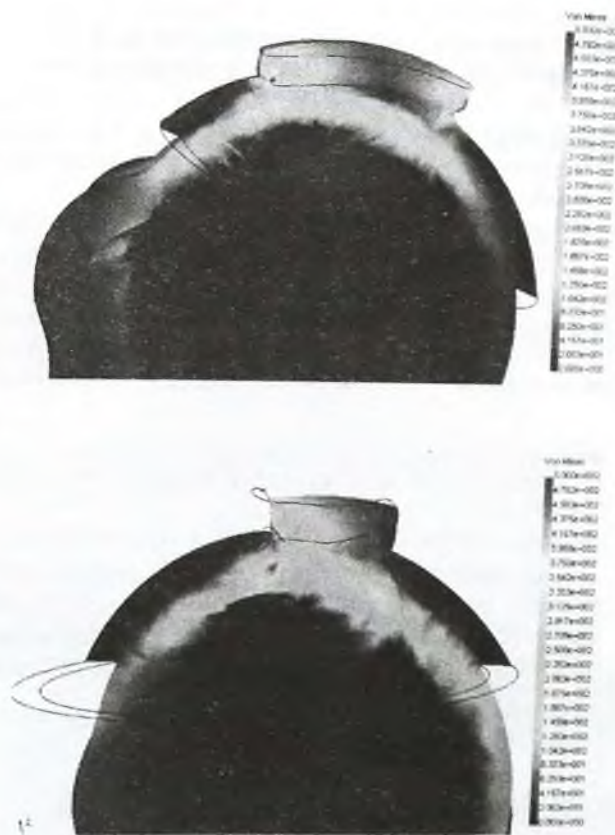


Рис. 6. Результати навантаження моделі відновленого проксимального відділу плечової кістки, вісьовою силою, розташуванням гленоїду поза зоною дефекту: а) вид зверху, хрящ і гленоїд видалені; б) січення вздовж фронтальної площини; в) січення вздовж сагітальної площини.

Потім було змінено модель з метою створення умов, що виникають при усуненні дефекту за розробленою методикою. Модель мала шароподібний дефект у внутрішньому шарі і отвір від зовнішньої частини голівки плечової кістки до дефекту. Проведено дослідження напружено-деформованого стану при розташуванні гленоїду над дефектом і в стороні від нього. Наванта-

ження створено по основній схемі. Результати представлені на рис. 5 і 6.

Аналіз отриманих даних показує, що при розташуванні гленоїду над зоною дефекту виникає максимальне напруження, що дорівнює 239,4 МПа, а в кортикальній кістці – 37,5 МПа.

Якщо гленоїд розташований поза зоною дефекту, то напруження розподіляється наступним чином: максимальне напруження (в гленоїді) досягає 239,0 МПа, а напруження в кортикальній кістці – 60,0 МПа.

Заключення

Отже, можна зробити наступний висновок. При відновленні сферичності голівки плечової кістки за розробленою методикою виникає напруження, близьке до напруження, в голівці плечової кістки без дефекту як в проксимальному відділі плечової кістки, так і в гленоїді, що дає змогу: відновити цілісність голівки плечової кістки, запобігти її деформації (формуванню так

званої «сокироподібної» голівки) і розвитку нестабільності плеча.

Література

1. Дубинский С. Программный комплекс ANSYS/LS-DYNA 8.0 // САПР и графика.-2004.-№3С.34-38.
2. Суханов Ю. «Короли» и «калуста» - 2003 // CAD/CAM-CAE Observer.-2004 -№1 (14)
3. З.Ткачук Н.А. Специализированные системы автоматизированного исследования прочных и жестких характеристик элементов технологической оснастки // Вісник Національного тех. ун-ту «ХПІ». Тематичний випуск «Динаміка і міцність машин»: Зб. наук. праць НТУ «ХПІ», 2003 -№12, т. 1.-С.166-171.
4. Jerosch J., Castro W.H., Grosse-Hackman A., Clahsen H. Function of the glenohumeral ligaments in active protection of shoulder stability // Z. Orthop. GR.- 1995.- Vol. 133.- №1.- P.67-71.
5. Pagnani M.J., Deng X-H., Warren R.F. Effect of Lesion of the Superior Portion of the Glenoid Labrum on Glenohumeral Dislocation // J. Bone Jt Surg.- 1995.-Vol. 77-A.-№ 7.- P.1003-1010.
6. Vangsnest C.T., Jr., Ennis M., Taylor J.G., Atkinson R. Neural anatomy of the glenohumeral ligaments, labrum, and subacromial bursa // Arthroscopy.- 1995.- Vol. 11.- №2.- P.180-184.

Реферат

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ HILL-SACHS ПРИ ПЕРВИЧНОМ ТРАВМАТИЧЕСКОМ ВЫВехЕ ПЛЕЧА И ЕГО УСТРАНЕНИЯ ПО РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКЕ НА ОСНОВАНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Пивень Ю.Н.

Ключевые слова: вывих плеча, повреждение Hill-Sachs, разработанная методика, модель, метод конечных элементов.

В статье, основываясь на проведенный аналитический обзор специализированной отечественной и зарубежной литературы по вопросу развития нестабильности плеча вследствие повреждения Hill-Sachs, изложено и графически отображено моделирование повреждения Hill-Sachs при первичном травматическом вывихе плеча и его устранение по разработанной методике на основании метода конечных элементов. Доказана оправданность разработанного метода оперативного вмешательства.

Summary

MODELLING OF HILL-SACHS INJURY UNDER PRIMARY TRAUMATIC SHOULDER DISLOCATION AND ITS REDUCTION ACCORDING TO THE NEW TECHNIQUE BASED ON THE FINITE-ELEMENT METHOD

Piven' Yu. N.

Key words: shoulder dislocation, Hill-Sachs injury, model, finite-element method.

The paper represents the survey of domestic and foreign literature on the problem of the development of shoulder instability caused by Hill-Sachs injury, graphic modelling of Hill-Sachs injury under the primary traumatic shoulder dislocation and its reduction according to the new technique based on the finite-element method. we have proved the appropriateness of this surgical intervention.