АНАЛІЗ НАПРУЖЕННО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ МОДЕЛІ ГОМІЛКИ З БАГАТОУЛАМКОВИМ ПЕРЕЛОМОМ ПРОКСИМАЛЬНОГО КІНЦЯ ВЕЛИКОГОМІЛКОВОЇ КІСТКИ ПРИ РІЗНИХ ВАРІАНТАХ ЇЇ ОСТЕОСИНТЕЗУ ПІД ВПЛИВОМ ЗГИНАЮЧОГО НАВАНТАЖЕННЯ В САГІТАЛЬНІЙ ПЛОЩИНІ

Бур'янов О.А.[1], Кваша В.П.[1], Гліба Г.Г.[1], Карпінський М.Ю.[2], Яресько О.В.[2]

[1]Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна
[2]ДУ "Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І.Ситенка НАМН України", м. Харків, Україна

Ключові слова: *гомілка, великогомілкова кістка, багатоуламковий перелом, остеосинтез*

Вступ. Переломи проксимального епіметафізу великогомілкової кістки (ПЕМВГК) складають від 8,9% до 11% випадків по відношенню до переломів кісток гомілки та до 87% серед переломів в ділянці колінного суглоба. У даній групі, переломи латерального виростка зустрічаються від 52% до 80% випадків, медіального – до 7%, а багатоуламкові переломи - у 41% пацієнтів [1].

Враховуючи недоліки консервативного лікування, особливо у пацієнтів молодого віку при багатоуламкових переломах, оперативний метод є пріоритетним напрямком [2].

Внутрішня фіксація може бути досягнута за допомогою різноманітних конструкцій, як окремими гвинтами, так і пластинами з метою забезпечення абсолютної стабільності для підтримки суглобової поверхні [3,4].

Подвійна фіксація пластинами вважається золотим стандартом [5], однак сучасні дослідження з використанням одно- та подвійних пластин не встановили істотної різниці між групами [6].

Поряд з цим, загальна частка післяопераційних ускладнень при застосуванні подвійної фіксації, за даними різних авторів, складає близько 11,4%. Аналіз післяопераційних ускладнень вказує, що пацієнти, яким застосовували один хірургічний доступ, мали нижчий рівень ускладнень (2,25%) порівняно з двома доступами (33,3%) [7].

Враховуючи вище означене, поглиблення знань в цьому напрямку є об'єктивно зумовленим та обгрунтованим.

Мета. Дослідити напруженно-деформований стан моделі гомілки з багатоуламковим переломом проксимального кінця

великогомілкової кістки при різних варіантах її остеосинтезу накістковими пластинами і навантажень.

Матеріали та методи. Розроблена скінчено-елементна модель гомілки [8, 9, 10]. На проксимальному кінці великогомілкової кістки моделювали багатоуламковий перелом шляхом його розділення в різних площинах. Вивчали 3 варіанти остеосинтезу проксимального кінця великогомілкової кістки накістковими пластинами: пластина з медіального боку, пластина з латерального боку та 2 платини з обох боків. Всі моделі досліджували під впливом вертикального стискаючого навантаження, навантаження на згин у фронтальній та сагітальній площинах, а також при ротаційному навантаженні.

Результати. Під впливом вертикального стискаючого навантаження модель остеосинтезу двома пластинами дозволяє отримати напруження в кісткових елементах моделі, рівень яких во всіх контрольних точках займає проміжне положення між максимальним та мінімальним значення напружень в цих самих точках на моделях з однобічним розташуванням пластин. Пластина накладена з медіального боку забезпечує нижчий рівень напружень в кісткових фрагментах в зоні перелому, але пластина, накладена з латерального боку забезпечує нижчий рівень напружень на всіх інших зонах великогомілкової кістки.

Остеосинтез двома пластинами дозволяє забезпечити більш рівномірний розподіл напружень між елементами металевої конструкції. Остеосинтез пластиною з медіального боку забезпечує мінімальний рівень напружень на гвинтах в метафізарній зоні, а пластина, що накладена на латеральну поверхню великогомілкової кістки, забезпечує найнижчий рівень напружень на самої пластині та на гвинтах в діафізі.

Під впливом згинаючого навантаження у фронтальній площині остеосинтез двома пластинами забезпечує мінімальний рівень напружень як в кісткових елементах моделі, так і в елементах металевої конструкції, за винятком напружень в кісткових фрагментах навколо гвинтів, проведених з латерального боку в метафізарній зоні. Напруження в моделях з однобічною фіксацією уламків принципово відрізняються теж тільки в рівні напружень на кісткових фрагментах навколо фіксуючих гвинтів, де вони відрізняються майже 8 разів на користь медіального розташування пластини.

Під дією згинаючого навантаження у сагітальній площині остеосинтез із двома пластинами забезпечує найменші напруження як у кісткових елементах моделі, так і в компонентах металевої

конструкції. Винятком є зона навколо гвинтів, розміщених із латерального боку в метафізарній ділянці, де напруження в кісткових фрагментах залишаються підвищеними. У моделях з односторонньою фіксацією уламків основна різниця також полягає в напруженнях на кісткових фрагментах поблизу гвинтів: при медіальному розташуванні пластини ці показники в кілька рази нижчі, ніж при латеральному.

Під впливом навантаження на кручення пластина накладена з латерального боку забезпечує мінімальний рівень напружень як в кісткових елементах моделі, так і в елементах металевої конструкції. Максимальні напруження визначаються при остеосинтезі пластиною з медіального боку. Модель остеосинтезу двома пластинами дозволяє отримати напруження в кісткових елементах моделі, рівень яких во всіх контрольних точках займає проміжне положення між максимальним та мінімальним значення напружень в цих самих точках на моделях з однобічним розташуванням пластин.

Таким чином, з точки зору протидії крутним навантаженням, більш ефективним є остеосинтез двома пластинами. Остеосинтез пластиною з латерального боку може бути методом вибору з урахуванням додаткових факторів.

Висновки

1. Остеосинтез двома пластинами забезпечує більш рівномірний розподіл напружень у кісткових елементах та деталях металевої конструкції порівняно з однобічною фіксацією.

2. При вертикальному стискаючому навантаженні рівень напружень у моделі з двома пластинами займає проміжне положення між показниками моделей з медіальним та латеральним розташуванням пластин.

3. Пластина, розташована з медіального боку, знижує напруження в зоні перелому, тоді як латеральна пластина – у віддалених ділянках великогомілкової кістки.

4. При згинаючих навантаженнях у фронтальній та сагітальній площинах двобічна фіксація забезпечує мінімальні рівні напружень у кісткових і металевих елементах, за винятком ділянок навколо латеральних гвинтів у метафізарній зоні.

5. За дії ротаційного навантаження найбільш ефективним є остеосинтез двома пластинами, який забезпечує оптимальний баланс напружень у всіх контрольних точках.

6. У випадках, коли необхідно мінімізувати напруження при торсійному навантаженні, остеосинтез пластиною з латерального боку може розглядатися як метод вибору з урахуванням клінічних умов.

Література.

1. Markus Bormann, Claas Neidlein, Christoph Gassner at al. Changing patterns in the epidemiology of tibial plateau fractures: a 10-year review at a level-I trauma center. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2023;49(1):401-409. doi:10.1007/s00068-022-02076-w.
2. Malik S, Herron T, Mabrouk A, et al. Tibial Plateau Fractures. [Updated 2023 Apr 22]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470593.
3. Joseph Schatzker, Mauricio Kfuri. Revisiting the management of tibial plateau fractures. Injury. 2022; 53(6): 2207-2218. doi:10.1016/j.injury.2022.04.006.
4. Kafeel Khan, Muzaffar Mushtaq, Mudasir Rashid at al. Management of tibial plateau fractures: a fresh review. *Acta orthopaedica Belgica*. 2023; 89: 265-273. doi:10.52628/89.2.11508.
5. Stuart C. Millar, François Fraysse, John B. Arnold at al. 3D modelling of tibial plateau fractures: Variability in fracture location and characteristics across Schatzker fracture types. *Injury*. 2021; 52(8):2415-2424. doi:10.1016/j.injury.2021.01.019.
6. Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів: Підручник. За ред. Г.С. Писаренко. *Київ: Вища школа*. 2004: 655.
7. José Lito Mónico, Renato Andrade, Pedro Matos. Tibial plateau fractures osteosynthesis - a case series of 88 patients evaluating surgical approaches, results and complications. *Annals of joint*. 2021; 6: doi: 10.21037/aoj-20-95.
8. Бур'янов О.А., Кваша В.П., Гліба Г.Г., Карпінський М Ю., Яресько О.В. Аналіз розподілу напружень під впливом навантаження на кручення в моделі гомілки з багатоуламковим переломом проксимального кінця великогомілкової кістки при різних варіанти остеосинтезу. *Вісник проблем біології і медицини*. 2025; Вип. 3 (178): 337-349. DOI: 10.29254/2077-4214-2025-3-178-337-349
9. Бур'янов О., Кваша В., Гліба Г., Карпінський М., Яресько О. Математичне моделювання варіантів остеосинтезу гомілки з багатоуламковим переломом проксимального кінця великогомілкової кістки під впливом згинаючого навантаження у фронтальній площині. *ТРАВМА*. 2025; 26(3): 155–164. Doi: 10.22141/1608-1706.3.26.2025.1016
10. Бур'янов О.А., Кваша В.П., Гліба Г.Г., Карпінський М.Ю., Яресько О.В. Аналіз розподілу напружень під впливом стискаючого навантаження в моделі гомілки з багатоуламковим переломом проксимального кінця великогомілкової кістки при різних варіантах остеосинтезу. *Вісник проблем біології і медицини*. 2025; Випуск 2 (177): 329-343. DOI: 10.29254/2077-4214-2025-2-177-329-343