

ДЕФОРМАЦІЙНІ КРИТЕРІЇ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ОСТЕО-СИНТЕЗУ КІНЦІВОК ЛЮДИНИ

Шидловський М.С.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", ММІ, кафедра ДММ та ОМ

Розробка та удосконалення систем, що застосовуються для фіксації переломів кісток опорно-рухового апарату людини, потребує проведення експериментальних та теоретичних досліджень характеристик надійності зазначених систем.

Окрім клінічних показників, системи фіксації переломів (СФП) повинні мати певні механічні характеристики, такі як достатня жорсткість та стабільність при довготривалому лікуванні, яке може супроводжуватися циклічними навантаженнями.

Теоретичні розрахунки рівнів напружень та деформацій, що виникають у СФП та уламках кісток, що з'єднуються, є достатньо складною проблемою в першу чергу у зв'язку з особливостями механічних характеристик кісткової тканини (анізотропія, неоднорідність, в'язко-пружність тощо) та складною конфігурацією біологічних об'єктів.

Натурне дослідження поведінки СФП на трупних препаратах при реальних видах та рівнях навантажень на сьогодні є найбільш достовірним та простим способом оцінки якості та надійності зазначених систем.

Мета досліджень: за розробленими методиками визначити характеристики жорсткості неушкоджених великогомілкових, малоогомілкових та стегнових кісток і систем "кістка - апарат фіксації" у реальних, включаючи циклічні, режимах дії зовнішніх навантажень під дією стиску, згинання та кручення і встановити закономірності накопичення залишкових ("затриманих") деформацій у зазначених системах.

У представленій доповіді систематизовані дані експериментальних досліджень що були проведені в лабораторії біомеханіки кафедри ДММ та ОМ НТУУ "КПІ", Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, Національної медичної академії післядипломної освіти ім. П.Л. Шупика та Української військово-медичної академії.

Матеріали та методи. Для експериментального дослідження використовували кістки кінцівок людей, що померли від пошкоджень та захворювань, не пов'язаних з патологією опорно-рухової системи. Остеосинтез кісток з модельованими переломами виконували за стандартними методиками стабілізуючими пластинами, фіксаторами та стрижньовими апаратами зовнішньої фіксації (СтАЗФ) різних конструкцій. Переломи стегнових кісток фіксувалися кутовими пластинами, фіксаторами DHS та ендопротезами на цементі.

Експерименти по дослідженню деформаційних властивостей кісток проводили з використанням універсальної випробувальної машини TIRA-test.

Препарати випробували при одноразовому та циклічному навантаженні на розтяг, стиск та згин.

При випробуваннях на стиск препарати розміщували вертикально з опиранням нижньої частини на робочий стіл випробувальної машини. При випробуваннях на згин препарати розміщували горизонтально при жорсткому закріпленні пластмасової опори. Навантаження проводили в сагітальній площині. Випробування на кручення здійснювали прикладанням крутильного моменту до епіфізу кістки.

Для визначення переміщень точок кісток та СФП під навантаженням проводили фото- та відеозйомку препаратів, включаючи реперні точки (загострені вільні кінці сталевих шпиць). За результатами вимірювання переміщень окремих точок препарату розраховували величини їх взаємних зміщень.

За допомогою спеціальної програми здійснювали циклічне навантаження та циклічне розвантаження між двома заданими значеннями сили при кількості циклів до 50.

Результати. У процесі випробувань за вищезазначеною методикою побудовано діаграми деформування при стиску, згині та крученні непошкоджених кісток та СФП.

Діаграми деформування в досліджених діапазонах навантажень та деформацій мають практично лінійний характер. Тому пружні властивості досліджених препаратів можуть бути охарактеризовані коефіцієнтами жорсткості $C = P_{\max} / \Delta_p$ та податливостями $\delta = 1 / C$, де P_{\max} - максимальне навантаження, виміряне за діаграмою деформування; Δ_p - деформація, що відповідає P_{\max} .

Отримані дані вказують на ступінь зменшення жорсткості препаратів при закріпленні перелому СФП.

Процеси деформування непошкоджених кісток та СФП під дією циклічних навантажень супроводжуються розвитком залишковими ("затриманих") деформацій.

Зазначені деформації виникають у процесі навантаження та витримки при навантаженні P_{\max} протягом часу τ_1 і не встигають зникнути у процесі розвантаження та витримки при навантаженні P_{\min} протягом часу τ_2 .

"Затримані" деформації на i -му циклі у порівнянні з деформацією, що виникла після одноразового навантаження, розраховували за формулою

$$\Delta_{i3} = \Delta_i - \Delta_1.$$

Залежності "затриманих" деформацій від кількості циклів являють собою монотонний процес, що характеризується постійно зростаючою деформацією. При цьому найбільш інтенсивне накопичення деформацій відбувається на перших циклах.

Для проведення аналізу закономірностей накопичення деформацій в неушкодженій ВГК та в системі "ВГК - СтАЗФ" розраховані величини цих деформацій по відношенню до максимального за цикл навантаження P_{\max} (питомі затримані деформації)

$$\delta_{i3} = \Delta_{i3} / P_{\max} .$$

Спостерігається значне збільшення затриманих деформацій у препараті з СФП у порівнянні з непошкодженою кісткою при всіх досліджених видах напруженого стану. Деформації при згині та крученні значно перевищують деформації, що виміряні при компресійних навантаженнях.

Для більшої зручності зіставлення одержаних результатів розраховані відношення δ^A / δ^H та δ_3^A / δ_3^H (індексами "H" та "A" позначені деформації неушкодженої кістки та деформації СФП відповідно, δ - деформації при короткочасних одноразових навантаженнях, δ_3 - "затримані" деформації, що накопичуються при циклічних навантаженнях).

Встановлено, що при дії короткочасних одноразових навантажень більш чутливими до стану системи є деформації, що виникають при компресійних навантаженнях препаратів. В той же час при дії довготривалих циклічних навантажень найбільша різниця у деформаціях проявляється при випробуваннях на згин та найменша - при випробуваннях на стиск.

Висновки.

1. Застосування того чи іншого критерію надійності систем остеосинтезу (здатність систем опиратися компресійним, згинальним або ротаційним навантаженням) залежить від того, які режими фізіологічних навантажень (короткочасні або довготривалі) очікуються при застосуванні СФП.

2. Для оцінки надійності СФП найбільш чутливими до дії короткочасних одноразових навантажень є дані випробувань препаратів на стиск, а до дії циклічних навантажень – дані випробувань на кручення та згин.