

Характеристики деформування засобів фіксації кісток під дією фізіологічних навантажень



Доповідач: Гусенко О. Р.
Науковий керівник: Шидловський М.С.

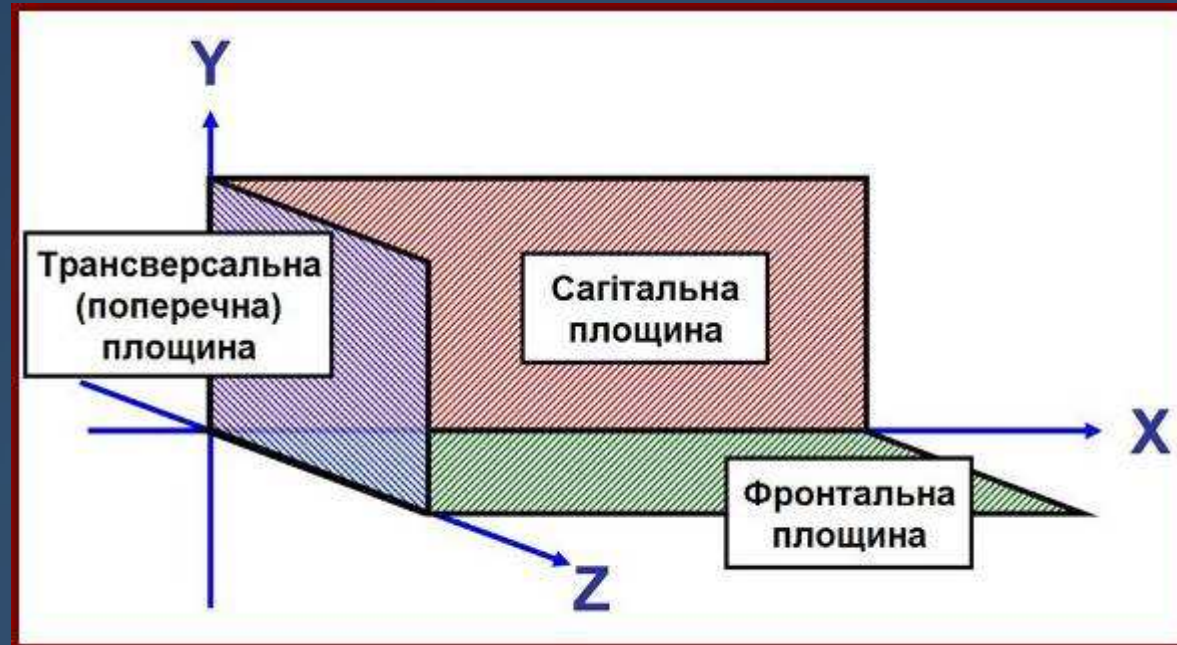


Рис. 1. Позначення координатних осей:

- вісь X – поздовжня вісь кістки, лінія перетину сагітальної та фронтальної площин;
- вісь Y перпендикулярна осі X, перпендикулярна фронтальній площині та є лінією перетину поперечної (трансверсальної) та сагітальної площин;
- вісь Z перпендикулярна осі X, перпендикулярна сагітальній площині та є лінією перетину поперечної та фронтальної площин.



Рис. 2. Схематичне зображення перелому (діастаз збільшено для наочності), позначення точок перелому, координатних осей та силових факторів, що діють на кістку:

P_x, P_y, P_z – зовнішні сили, що діють паралельно відповідним осям;

$M_{кр}$ – зовнішній крутильний момент;

D^D, L^D, M^D, V^D – точки, що належать дистальній частині кістки;

D^P, L^P, M^P, V^P – точки, що належать проксимальній частині кістки;

D^D, D^P – точки, що належать дорсальній частині кістки;

L^D, L^P – точки, що належать латеральній частині кістки;

M^D, M^P – точки, що належать медіальній частині кістки;

V^D, V^P – точки, що належать вентральній частині кістки

Позначення при вимірюванні загальних деформацій системи

P_i – загальні позначення сили (індекс при P – позначення вісі, у напрямі якої прикладене навантаження);

$\Delta_{i,j}$ – загальні позначення переміщення точки прикладання сили (індекси – позначення осей, у напрямі яких вимірюється переміщення та прикладене навантаження відповідно);

$\delta_{i,j} = \Delta_{i,j} / P_i$ – приведені деформації;

$C_{i,j} = (\delta_{i,j})^{-1}$ – жорсткості системи.

Позначення при вимірюванні зміщень точок перелому

$\Lambda_{i,j}^V, \Lambda_{i,j}^D, \Lambda_{i,j}^L, \Lambda_{i,j}^M$ – загальні позначення взаємних зміщень суміжних точок у вентральній, дорсальній, латеральній та медіальній частині перелому відповідно;

перший нижній індекс – позначення осі, у напрямі якої вимірюється переміщення, другий – напрям осі, у напрямі якої прикладене навантаження;

$C_{i,j}^V, C_{i,j}^D, C_{i,j}^L, C_{i,j}^M$ – умовні жорсткості закріплення перелому, розраховані як модулі відношення відповідних зміщень до величини прикладеного навантаження;

$\lambda_{i,j}^V, \lambda_{i,j}^D, \lambda_{i,j}^L, \lambda_{i,j}^M$ – приведені зміщення точок перелому, розраховані як величини, зворотні до відповідних умовних жорсткостей.

ПРИКЛАД позначень деформацій

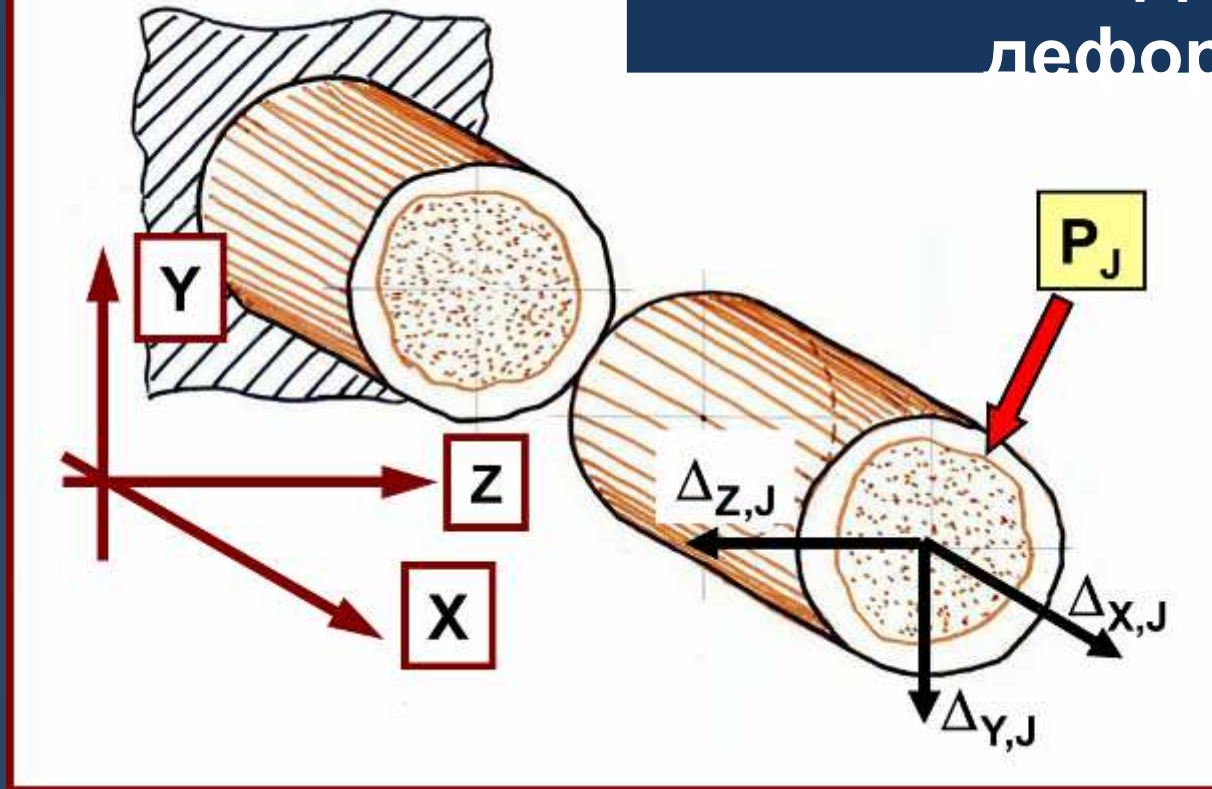


Рис. 3.
Схематичне зображення проєкцій переміщень точки прикладання сили P_j на вісі X, Y, Z

$\Delta_{i,j}$ – абсолютні лінійні переміщення в напрямку осі i;

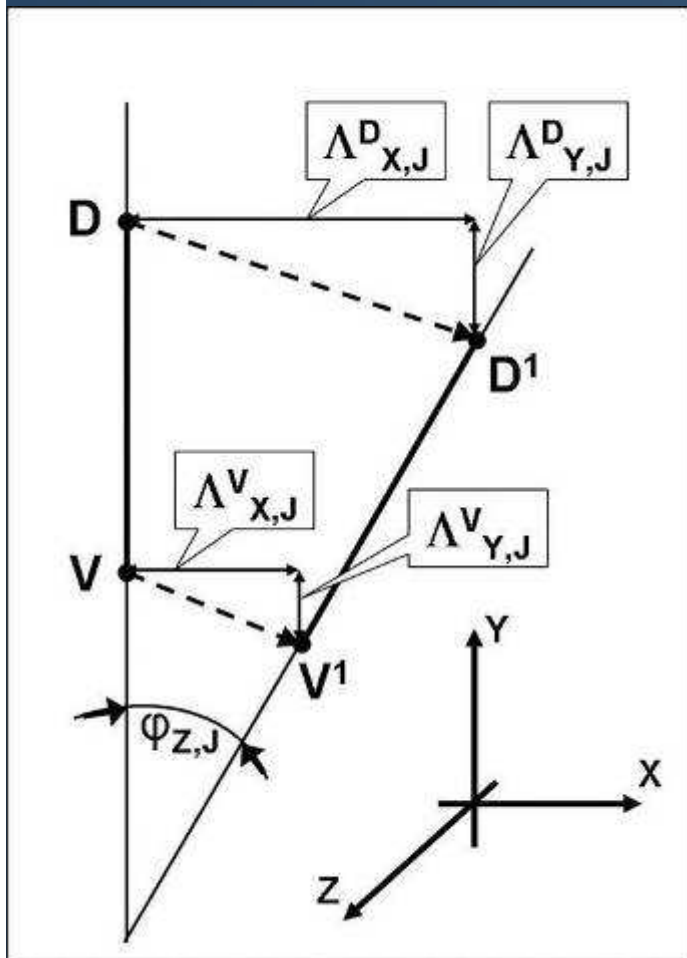
$\Delta_j = (\Delta_{x,j}^2 + \Delta_{y,j}^2 + \Delta_{z,j}^2)^{1/2}$ – повне лінійне переміщення точки прикладання навантаження P_j ;

$\delta_{i,j} = \Delta_{i,j} / P_j$ – приведена деформація у напрямку i під дією навантаження у напрямку j;

$C_{i,j} = (\delta_{i,j})^{-1}$ – жорсткість системи у напрямку i під дією навантаження у напрямку j.

6

Схема розрахунку кута повороту за даними вимірювання лінійних переміщень точок переламу



Точки **D** та **V** належать дорсальній та вентральній частинам перелому. У процесі навантаження зазначені точки переміщуються і займають положення **D¹** та **V¹**. Показано сагітальна площина кістки і проекції переміщення $\Lambda^D_{x,J}$, $\Lambda^D_{y,J}$, $\Lambda^V_{x,J}$ та $\Lambda^V_{y,J}$ дорсальної та вентральної точок на відповідні осі за рахунок сили P_J .

$$\varphi_{z,J} = \arctg [(\Lambda^D_{x,J} - \Lambda^V_{x,J}) / (DV + \Lambda^V_{y,J} - \Lambda^D_{y,J})]$$

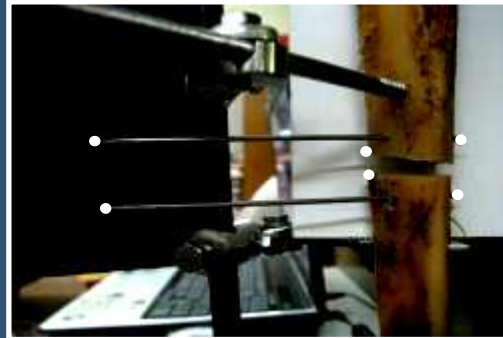
або

$$\varphi_{z,J} = \arcsin [(\Lambda^D_{x,J} - \Lambda^V_{x,J}) / DV]$$

8

ВИПРОБУВАННЯ ВЕЛИКОГОМІЛКОВОЇ КІСТКИ З АПАРАТОМ ЗОВНІШНЬОЇ ФІКСАЦІЇ

ВИПРОБУВАННЯ
НА СТИСК



$$\begin{aligned} \Delta_{xx}^M &= 2.5 \text{ мм} \quad P = 58.7 \text{ Н} \\ C_{xx}^M &= 23.48 \text{ Н/мм} \\ \delta_{xx}^M &= 4.26 \cdot 10^{-2} \text{ мм/Н} \\ \Delta_{xx}^L &= 4 \text{ мм} \quad P = 90.0 \text{ Н} \\ C_{xx}^L &= 22.5 \text{ Н/мм} \\ \delta_{xx}^L &= 4.44 \cdot 10^{-2} \text{ мм/Н} \end{aligned}$$

ВИПРОБУВАННЯ
НА ЗГИН



ВИПРОБУВАННЯ
НА КРУЧЕННЯ



Анатомический препарат	Система фиксации	Вид деформирования и диапазон нагрузок	Удельная деформация $\times 10^3$, мм/Н	Обозначения в предыдущей колонке
1. Стержневые аппараты внешней фиксации (тип 1)				
Большеберцовая кость	односторонний одноплоскостной	Изгиб консольно закрепленной кости в сагиттальной плоскости, 20 ... 100 Н	3.45 / 2.35	поперечные переломы / сегментарные переломы
	односторонний двухплоскостной		1.86 / 1.18	
	двухсторонний одноплоскостной		0.89 / 0.86	
	двухсторонний двухплоскостной		1.48 / 2.87	
	с дугообразными штангами		1.92 / 1.62	
2. Элементы внутренней фиксации костей стопы (тип 2)				
Таранная кость	самонарезные винты	Сжатие, 100 ... 500 Н	1.70 / 4.12	нагрузка 100 Н / нагрузка 500 Н
	аппарат Илизарова		3.90 / 6.14	
	спицы Киршнера		6.00 / 10.5	
Пяточная кость	зубчатые пластины		6.40 / 9.34	
	аппарат Илизарова		12.8 / 12.0	
	спицы Киршнера		14.8 / 15.7	
3. Элементы внутренней фиксации с применением металлоостеосинтеза (тип 3)				
Большеберцовая кость	угловая пластина	Изгиб, 10 ... 50 Н	9.70 / 12.1	деформации системы А-К / смещения отломков
	фиксатор DHS		18.7 / 17.4	
	эндопротез		7.52 / 3.21	
4. Компрессионно-дистракционные шарнирные аппараты (тип 4)				
Межфаланговые суставы	аппарат с двухсторонней фиксацией	Растяжение, 20 ... 100 Н	14.0 / 22.9	деформации системы А-К / деформации суставов
Пястно-фаланговые суставы	аппарат с односторонней фиксацией		25.9 / 69.4	
5. Шарнирно - дистракционные аппараты внешней фиксации (тип 5)				
Локтевой сустав	стержневой аппарат	Растяжение, 20 ... 300 Н	26.2 / 8.21	деформации системы А-К / деформации АФ
Голеностопный сустав			16.7 / 1.63	

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. Практика застосування запропонованих позначень показала підвищену інформативність та зручність введеної системи ідентифікації та систематизації результатів. За її допомогою достатньо просто узагальнювати результати досліджень на натурних препаратах та проводити аналіз деформаційної надійності нових систем ОС.

2. Запропонована система формалізованих позначень та їх реєстрації може бути застосовна при сертифікаційних випробуваннях пристроїв фіксації переломів та імплантатів, які використовуються в