

УДК 620.171.3: 616.71-001.5

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖОРСТКОСТІ СТЕРЖНЕВИХ АПАРАТІВ ФІКСАЦІЇ ВОГНЕПАЛЬНИХ ПЕРЕЛОМІВ

Шидловський М.С.¹, Лакша А.М.², Мусієнко О.С.¹¹КПШ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ²Українська військово-медична академія, м. Київ

Анотація. У роботі розглядається експериментальний метод оцінки оптимального розташування апаратів зовнішньої фіксації вогнепальних переломів довгих кісток людини. За неможливості проведення прямих дослідів на пацієнтах, було запропоновано випробувати натурний препарат великогомілкової кістки зі встановленим на ньому стандартним стержневим апаратом фіксації перелому. Реалізовано чотири типи навантаження: стиск, згин вздовж площини стержнів, згин поперек площини стержнів та кручення.

Порівняно характеристики жорсткості різних видів розташування стержнів. На підставі отриманих результатів було описано метод експериментального визначення жорсткості системи. Визначено оптимальне розташування стержнів фіксації вогнепальних переломів довгих кісток людини для кожного типу навантаження. Запропоновано розміщення стержнів для застосування на реальних пацієнтах.

Ключові слова: вогнепальні переломи, остеосинтез, експериментальні випробування.

Вступ. Вогнепальні поранення кінцівок є серйозними пошкодженнями опорно-рухового апарату. В результаті воєнних дій кількість і ступінь відкритих переломів значно зростає. Фіксація таких поранень, крім клінічних параметрів, повинна мати стандартні механічні характеристики, зокрема, достатня міцність, жорсткість та стабільність при транспортуванні потерпілого або під час довготривалого лікування.

Для лікування вогнепальних переломів у 20-25% поранених використовують позавогнищевий остеосинтез. [1-3].

Внаслідок взаємодії снаряду з кісткою відбувається зміна характеристики жорсткості кісткової тканини в ділянці вогнепального перелому та в околі 40 мм від нього[4,5]. При такій умові встановлювати стержневий апарат зовнішньої фіксації (СтАЗФ) за схемою, що використовується для звичайного (не вогнепального) перелому кістки, недопустимо, так як стрижні, що знаходяться поблизу місця перелому, потраплятимуть у пошкоджену кісткову тканину. Розташування елементів фіксації при вогнепальному переломі (стержні 2 і 3 на рис. 1а) у пошкодженій кістковій тканині може привести до руйнування кістки, тому раціонально змістити їх в неушкоджену область.

Відсутність спеціалізованих систем фіксації вогнепальних переломів ставить задачу визначення раціонального розташування стержнів для вже існуючих фіксаторів.

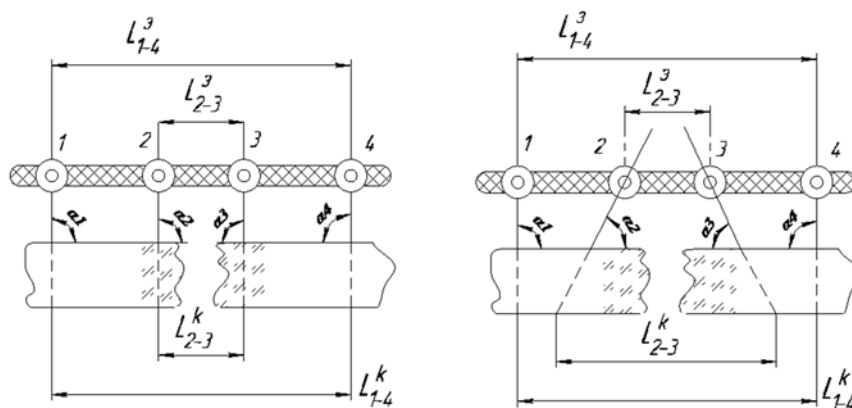


Рис. 1 Геометричні характеристики різних компонок системи: 1, 2, 3, 4 - стержні СтАЗФ

В експериментах застосовували стандартний стержневий апарат. В табл. 1 приведені геометричні характеристики різних компоновок системи «великогомілкова кістка - СТАЗФ», що піддані випробуванням. Позначення геометричних характеристик показані на рис. 1. При подальшому аналізі прийняті такі позначення компоновок стержнів СТАЗФ: А- стандартна компоновка; В, D- розведені стержні 2 та 3, закріплені під різними кутами

Таблиця 1

Геометричні характеристики різних компоновок системи «сталевий стержень (імітатор кістки) - СТАЗФ» та системи «великогомілкова кістка - СТАЗФ», що піддані випробуванням

Геометричні характеристики	Система «великогомілкова кістка - СТАЗФ»			
	А	В	С	Д
Н, мм	94	94	94	94
L_{1-4}^3 , мм	255	255	255	255
L_{2-3}^3 , мм	79	131	35	5
L_{1-4}^K , мм	255	255	255	255
L_{2-3}^K , мм	82	134	105	110
$\alpha_1, ^\circ$	90	90	90	90
$\alpha_2, ^\circ$	90	90	75	60
$\alpha_3, ^\circ$	90	90	75	60
$\alpha_4, ^\circ$	90	90	90	90

Систему встановлювали на рухомому столі випробувальної машини, навантаження прикладали шляхом вертикального переміщення стола. При випробуванні реалізовано 4 види навантаження: стиск (рис. 2а), згин у площині розміщення стержнів (рис. 2б), згин перпендикулярно цій площині (рис. 2в) та кручення (рис. 2г).

Передачу зусилля, що діє на зразок при підйомі робочого стола здійснювали за допомогою сталевго стержня діаметром 5 мм.

Способи закріплення препаратів на робочому столі випробувальної машини та режими випробувань систем остеосинтезу, що були застосовані в даних експериментах, в описані в [4].



а



б



В

Г

Рис. 2. Види навантаження системи СтАЗФ: а - стиск; б - згин в площині розміщення стержнів; в - згин в перпендикулярній площині; г - кручення

Аналіз результатів. По закінченні дослідження отриману інформацію фіксували у вигляді діаграми деформування в координатах «Р - Δ», де Р - зусилля, прикладене до системи; Δ - переміщення точки, до якої прикладене навантаження.

Одержані діаграми деформування у дослідженому діапазоні зусиль практично лінійні, тому для порівняння способів розташування стержнів зручно використовувати жорсткості $C = P / \Delta$ (Н/мм).

Результати досліджень для приведено у вигляді таблиці для жорсткості системи (табл.2).

Таблиця 2

Порівняльна таблиця жорсткостей систем СтАЗФ при різному просторовому розміщенні стержнів при дії різних видів навантажень (Н/мм)

Розташування стержнів	Вид навантаження			
	Стиск	Згин		Кручення
		в площини розміщення стержнів	перпендикулярно площини	
Система «великогомілкова кістка - СтАЗФ»				
Стандартне розташування (А)	22,88	3,44	1,009	3,87
Розведення стержнів 2, 3 (В)	19,44	2,85	0,900	3,45
Стержні 2 і 3 під кутом 75° (С)	23,07	3,45	1,026	3,92
Стержні 2 і 3 під кутом 60° (D)	28,62	3,53	1,844	3,93

Висновки.

Випробування показали, що збільшення відстаней між стержнями 2 і 3 зменшує жорсткість системи. При переміщенні стержня на 40 мм від стандартного розташування жорсткість істотно зменшується. Так при стиску жорсткість зменшилась на 15%, при згині вздовж площини стержнів жорсткість впала на 17%, а при згині поперек площини стержнів

жорсткість зменшилась 11 на %. В свою чергу при крученні падіння жорсткості системи не перевищує 10%.

При зміні кута на 15° та 30° для системи «великогомілкова кістка - СтАЗФ» жорсткість стає більшою порівняно зі «стандартною» на 20 % в середньому.

Для використання стержневих апаратів для тимчасового закріплення переломів в польових шпиталях та транспортування постраждалих рекомендовано використовувати таку схему розміщення: система з розташуванням стержнів на відстані 40 мм від перелому та під кутом 60° до площини кістки. Якщо ж не можливо реалізувати таке розташування, то рекомендовано використовувати фіксацію під кутом 75°.

Список літератури:

1. Schmidt. *Fixateur externe: Montagen, Tipps, Tricks, Verbote* / Schmidt // Symposium Septische Unfallchirurgie und Orthopädie / Schmidt. – Hamburg: Schön Klinik, 2010. – S. 51.
 2. Nayagam S. *Galaxy Fixationssystem – untere Extremität*/S. Nayagam, A. C. Maquelet//Orthofix.– 2016. – 76 S.
 3. Seligson D. *Hoffmann 3 Modulare externe Fixation – OP-Technik* / D. Seligson, A. R. Burgess, M. Osgood, C. T. Andrews // Stryker. – 2016. – 52 S.
 4. Шидловський М. С. *Експериментальні дослідження засобів остеосинтезу*. / М. С. Шидловський, А. М. Лакша. – К.: Ленвіт, 2017. – 227 с.
 5. Шидловський М. С. *Метод оценки биомеханических характеристик костной ткани в области огнестрельного перелома* / М. С. Шидловський, А. М. Лакша, А. А. Лакша. // В кн.: Тези доповідей XV міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта». – 2014. – С. 30–32.
-