

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЇ УНІВЕРСАЛЬНОГО АПАРАТА ДЛЯ ЧЕРЕЗКІСТКОВОГО ОСТЕОСИНТЕЗУ НА ОСНОВІ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

В. І. Гуцуляк

Івано—Франківський національний медичний університет

EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF THE CONSTRUCTION PECULIARITIES OF AN UNIVERSAL APPARATUS, APPLIED FOR TRANSOSSEAL OSTHEOSYNTHESIS, BASING ON THREE—DIMENSIONAL MODELLING

V. I. Gutsulyak

Свого часу Г. А. Лізаров виділив основні критерії доцільності застосування апарата для черезкісткового остеосинтезу: можливість забезпечення точної репозиції і жорсткої керованої фіксації кісткових відламків; можливість забезпечення раннього і повноцінного функціонального лікування; широкі можливості клінічного застосування; незначна травматизація; простота конструкції; взаємозаміна й універсальність деталей і вузлів апарата [1].

На сучасному етапі розвитку черезкісткового остеосинтезу апарат Лізарова є одним з найбільш досконалих, клінічна ефективність його доведена у мільйонів хворих в усьому світі.

Про це також свідчить можливість використання комплектуючих цього апарата не тільки для "класичного", запропонованого автором, компоновання на основі перекресно розташованих спиць, а й для компоновання на основі стержнів [2] та поєднання спицевих і стержневих черезкісткових елементів [3]. Проте, незважаючи на беззаперечні переваги апарата, його конструкція не забезпечує повною мірою реалізацію зазначених критеріїв. Так, апарати, які компонують з кільцевих опор однакових типорозмірів, що загальноприйняте, мають значні зовнішні габарити та громіздку конструкцію [4]. Цей чинник перешкоджає розробці рухів в суміжних суглобах та проведенню

Реферат

Проведений порівняльний аналіз конструктивних особливостей апарата Лізарова та розробленого універсального апарата для черезкісткового остеосинтезу при переломах кісток гомілки на основі результатів тривимірного комп'ютерного моделювання. Універсальний апарат, завдяки уніфікації його комплектуючих, забезпечує можливість індивідуального підбору опор шляхом адаптації їх форми до анатомічної конфігурації пошкодженого сегмента. Це дозволяє зменшити на 19 — 49,3% габарити і на 15,4% — металоємність зовнішньої конструкції у порівнянні з такою апарата Лізарова та, відповідно, значно підвищити комфортність лікування хворих.

Ключові слова: черезкістковий остеосинтез; апарат зовнішньої фіксації; тривимірна модель.

Abstract

Comparative analysis of constructive peculiarities was done for Ilizarov's apparatus and elaborated universal apparatus, which is applied in transosseal osteosynthesis in fractures of the shin bones, basing on results of the three—dimensional computeric modelling. The universal apparatus due to its unification done secures possibility to conduct the individual selection of a support, using adaptation of their form to anatomic configuration of the injured segment. This permits to lower by 19 — 49.3% the dimensions and by 15.4% a metal consumption of external construction in comparison with such of Ilizarov's apparatus and, accordingly, to rise significantly the patients treatment comfort.

Key words: transosseal osteosynthesis; apparatus of external fixation; three dimensional model.

повноцінного функціонального лікування.

Більшість деталей та вузлів апарата (кронштейни, різьбові штанги, планки тощо), з огляду на можливості їх взаємозаміни та взаємного доповнення, є універсальними. Проте, опори апарата не універсальні через відсутність уніфікації їх компонентів (півкілець), що унеможливає компоновання одноплщинної роз'ємної опори з комплектуючих різних типорозмірів. Для забезпечення компоновання апаратів на різних сегментах та у хворих

різної статури необхідно мати широкий асортимент півкілець різних типорозмірів, найбільші та найменші з яких використовують надзвичайно рідко [5].

Незважаючи на значну кількість існуючих технічних рішень, проблема створення апарата для черезкісткового остеосинтезу, конструкція якого забезпечувала б усі вигоди та можливість індивідуального підбору оптимального компоновання з уніфікованих комплектуючих будь—якого типу апарата зовнішньої фіксації (АЗФ) для лікування

хворих з переломами кісток кінцівок, є актуальною в травматології та ортопедії.

Мета роботи: на основі тривимірної комп'ютерної моделювання експериментально обґрунтувати можливість клінічного застосування АЗФ з адаптацією форми опор до анатомічної конфігурації сегмента.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В програмі Autodesk Inventor 11 [6, 7] проведено тривимірне моделювання апарату Ілізарова, розроблений універсальний апарат для черезкісткового остеосинтезу [8], який передбачає можливість адаптації форми опор до анатомічної конфігурації сегмента, та проведений порівняльний аналіз їх конструктивних особливостей. На основі отриманих з використанням спірального комп'ютерного томографа Siemens Somatom Emotion поперечних сканів інтактної гомілки в про-

грамі Mimix створені тривимірні моделі кісток та навколишніх м'якотканинних структур. Ці моделі експортовані в програму Autodesk Inventor 11, де проведено тривимірне моделювання черезкісткового остеосинтезу при переломах кісток гомілки з використанням апаратів комбінованого типу. Створені дві комп'ютерні тривимірні моделі "гомілка — АЗФ":

I — "гомілка — АЗФ з ексцентричним розташуванням опор" (рис. 1);

II — "гомілка — універсальний апарат з адаптацією форми до конфігурації сегмента" (рис. 2).

Матеріалом для АЗФ обрано нержавіючу сталь. Відповідно до методу уніфікованого позначення черезкісткового остеосинтезу [9], моделювання поперечного перелому обох кісток гомілки здійснювали на V рівні, відповідно, на IV і VI рівнях розташовані опори з замкнутим контуром, на III і VII рівнях — опори секторного типу. Розміри опор під-

бирали так, щоб проміжок між шкірою та опорою був не менше 2 см. За допомогою стандартних інструментів програми [10] визначали геометричні параметри створених моделей та масу зовнішніх конструкцій.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В більшості існуючих АЗФ, в тому числі в апараті Ілізарова, опори виконані з роз'ємних частин (як правило, півкілець) з штикоподібним згином чи стоншенням кінців на половину їх товщини з одного боку відносно горизонтальної площини [5, 9]. Під час моделювання з'єднання такого типу опор встановлено можливість утворення одноплосинної опори лише з парної кількості складових (2, 4, 6 тощо) та, відповідно, неможливість сполучення опор в одній площині з непарної кількості складових (3, 5, 7 тощо) без їх деформації (рис. 3, 4).

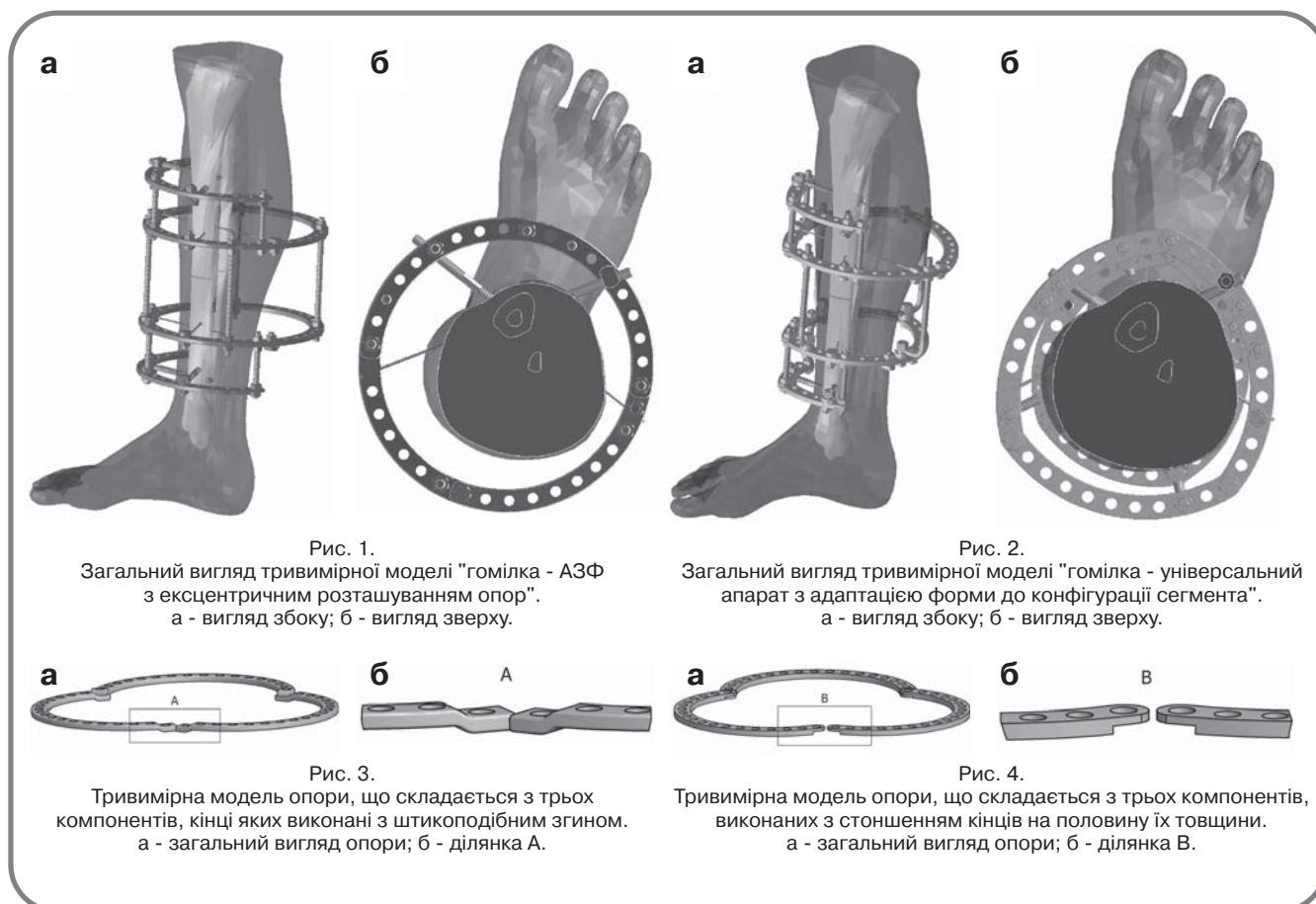




Рис. 5.

Опори універсального апарата для черезкісткового остеосинтезу.
а - сектори різних типорозмірів; б - компонування опори круглої форми;
в - компонування опори з адаптацією форми до поперечного "перерізу" гомілки.

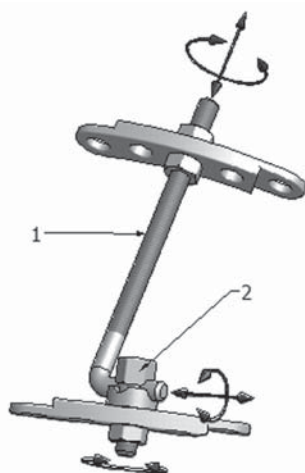


Рис. 6.

Сполучний вузол універсального апарата.

1 - L-подібна штанга; 2 - стержнефіксатор; стрілками вказано можливі ступені свободи.

Оскільки вигини чи стоншення різних кінців кожної частини таких опор розташовані паралельно, таке сполучення можна охарактеризувати як "паралельне".

Функціональними одиницями опор розробленого нами універсального апарата для черезкісткового остеосинтезу є сектори (частини кілець) різних типорозмірів (рис. 5).

Кінці секторів виготовлені з стоншенням на половину їх товщини, причому, на протилежних кінцях кожного сектора вони виконані в протилежні боки від його горизонтальної площини, що забезпечує "попередній" тип поєднання будь-якої їх кількості в одній площині. Виконання кінців сектора у вигляді півшарнірів забезпечує можливість встановлення секторів один відносно іншого під будь-яким кутом у площині, в якій компонується

опора, що дає змогу компонувати опору з секторів різних типорозмірів у формі, наближеній до анатомічної форми сегментів. Крім того, наявність секторів різних типорозмірів забезпечує широкий діапазон для використання опор секторного типу.

На відміну від апарата Ілізарова, для забезпечення можливості застосування на різних сегментах та у хворих з різною статуєю не потрібно мати опори всіх типорозмірів. Для повноцінного остеосинтезу того чи іншого виду перелому різної локалізації вистачає невеликого комплекта секторів, що досягається завдяки можливості їх взаємозаміни та взаємного доповнення. Це значно збільшує "обіг" деталей апарата за їх багаторазового використання, що, відповідно, збільшує економічність апарата.

Ще одним вагомим недоліком апарата Ілізарова є складність поєднання опор за відсутності співвісності отворів [5].

Сполучний вузол (рис. 6) розробленого універсального апарата складається з L-подібної штанги (1), яку встановлюють в поперечний отвір стержнефіксатора (2).

Завдяки виконанню сполучного вузла з п'ятьма ступенями свободи забезпечується можливість поєднання опор, розташованих під різними кутами, без співвісності отворів.

Геометричні параметри створених моделей систем "гомілка — АЗФ" представлені в таблиці:

— розміри опор у II моделі у фронтальній площині становили 106,9 — 181,6 мм, що, відповідно, на 3,9 — 43,4% менше, ніж у I моделі (189 мм);

— розміри опор у II моделі у сагітальній площині становили 49,7 — 185,9 мм, що, відповідно, на 1,6 — 52,2% менше, ніж у I моделі (103,9 — 189 мм);

— для фіксації кісткових фрагментів у II моделі використовували консольні черезкісткові елементи довжиною 70 — 90 мм і транссегментарні — довжиною 125 мм, що, відповідно, на 10 — 30% і 30,6% менше, ніж у I моделі (100 і 180 мм).

Завдяки цьому максимальні габарити зовнішньої конструкції II моделі більші, ніж латеральний контур гомілки — на 34,5 мм, медіальний — на 34,2 мм, передній — на 35,3 мм, задній — на 37,3 мм, що, відповідно, на 42,4, 49,3, 19 і 42,7% менше максимальних габаритів АЗФ I моделі (59,9, 67,5, 43,6 і 65,2 мм).

Маса АЗФ II моделі 1,1 кг, що на 15,4% менше, ніж I моделі (1,3 кг).

Універсальний апарат, завдяки можливості компонування опор з адаптацією форми до анатомічної конфігурації сегмента, має високі показники органометричності та металоємності.

Таким чином, універсальний апарат для черезкісткового остеосинтезу, внаслідок уніфікації його комплектуючих, забезпечує можливість індивідуального підбору опор шляхом адаптації їх форми до анатомічної конфігурації пошкоджено-

Геометричні параметри моделей «гомілка – АЗФ»

Параметр	Величина в моделі, мм							
	I				II			
	на рівні сегмента				на рівні сегмента			
	III	IV	VI	VII	III	IV	VI	VII
Розмір АЗФ у фронтальній площині	189	189	189	189	135	181,6	140,2	106,9
Розмір АЗФ у сагітальній площині	103,9	189	189	103,9	52,2	185,9	152,4	49,7
Відстань від шкіри до контура АЗФ								
латерального	33,4	34,6	54,4	59,9	15,8	34,2	34,5	26,9
медіального	44,3	41,2	63,1	67,5	7,9	34,2	34,2	18,4
переднього	39,1	39	43,6	41,9	34,4	34,5	35,3	34,9
заднього	–	35,9	65,2	–	–	37,3	36,9	–
Довжина консольних черезкісткових елементів	100	–	–	100	80 – 90	–	–	70 – 80
Довжина транссегментарних черезкісткових елементів	–	180	180	–	–	125	125	–

го сегмента. Це дозволяє зменшити на 19 – 49,3% габарити і на 15,4% – металоємність зовнішньої конструкції у порівнянні з такими апарата

Ілизарова. Універсальний апарат для черезкісткового остеосинтезу завдяки високій органометричності його конструкції забезпечує значно

більшу комфортність при його застосуванні у хворих з переломами довгих кісток кінцівок під час апаратного лікування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стецула В. И. Чрескостный остеосинтез в травматологии / В. И. Стецула, А. А. Девятков. — К.: Здоровья, 1987. — 200 с.
2. Купкенов Д. Э. Способ остеосинтеза сегментарного перелома плечевой кости стержневым аппаратом / Д. Э. Купкенов // Травматология и ортопедия России. — 2010. — № 4 (58). — С. 73 — 77.
3. Hybrid external fixation for open severe comminuted fractures of the distal femur / E. G. Hassankhani, F. Birjandinejad, F. O. Kashani [et al.] // Surg. Sci. — 2013. — Vol. 4 — P. 176 — 183.
4. Оптимизация компоновки аппарата Орто—СУВ для коррекции деформаций дистальной трети диафиза бедренной кости / Л. Н. Соломин, П. В. Скоморошко, В. А. Виленский [и др.] // Травматология и ортопедия России. — 2011. — № 1 (59). — С. 35 — 41.
5. Ли А. Д. Руководство по чрескостному компрессионно—дистракционному остеосинтезу / А. Д. Ли, Р. С. Баширов. — Томск: Красное знамя, 2002. — 307 с.
6. Бушманов А. В. Проектирование фиксирующих устройств в травматологии на основе CAD/CAE/CAM—технологий I / А. В. Бушманов // Мед. информатика. — 2008. — № 1 (15). — С. 3 — 8.
7. Шидловский М. С. О методах исследования систем остеосинтеза конечностей человека / М. С. Шидловский // Вісн. Нац. техніч. ун—ту України "Київський політехнічний інститут". Сер. Машинобудування. — 2010. — № 58. — С. 195 — 203.
8. Пат. 99872 Україна, МПК А61В 17/58. Універсальний апарат для черезкісткового остеосинтезу / В. І. Гуцуляк (Україна). — № u 2011 01932; заявл. 18.02.11; опубл. 10.10.12. Бюл. № 19.
9. Соломин Л. Н. Основы чрескостного остеосинтеза аппаратом Г. А. Илизарова / Л. Н. Соломин. — СПб.: ООО "Морсар АВ", 2005. — 544 с.
10. Концевич В. Г. Твердотельное моделирование в Autodesk Inventor / В. Г. Концевич. — К.: Диа—СофтЮП; М.: ДМК Пресс, 2008. — 672 с.

