

Білінський П.І., Цюра Ю.П., Стеценко О.П., Антонів В.Р., Соколенко О.Т.  
Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

## Можливості засобів для малоконтактного багатоплощинного остеосинтезу переломів гомілки й методик для його реалізації

**Резюме. Актуальність.** Переломи кісток гомілки (ПКГ) є одним із найпоширеніших ушкоджень опорно-рухового апарату. Час непрацездатності при них в середньому досягає 5–9 місяців, у 22–45 % випадків спостерігаються незадовільні результати. Велике значення в лікуванні ПКГ має остеосинтез біомеханічно обґрунтованими фіксаторами. **Мета роботи:** оптимізувати засоби малоконтактного багатоплощинного остеосинтезу (МБО) для лікування ПКГ, дослідити фіксуючі можливості цих фіксаторів, розробити методики їх застосування. **Матеріали та методи.** Нами удосконалено пристрій для фіксації кісткових відламків (ПФКВ) (патент України № 17502) відповідно до анатомічних особливостей гомілки. Для визначення мікрорухомості відламків (МРВ), стабілізованих повноконтактною накістковою пластиною (ПНП) і ПФКВ, проведено теоретичні розрахунки з використанням методу кінцевих елементів. Досліджувалась величина МРВ великогомількової кістки (ВГК) при поперечному, косому, скалковому переломах. Фіксація фрагмента імітувалася проведенням 3–4 гвинтів. При косій лінії зламу, скалковому переломі фрагменти додатково стабілізувалися 1–2 репозиційними гвинтами. Для дослідження пружного деформування тривимірного тіла створені об'ємні моделі, що відображали найбільш суттєві особливості геометрії ВГК, ПФКВ, ПНП. **Результати.** Тактика лікування ПКГ строго індивідуальна. Вона розроблялась із врахуванням отриманих результатів досліджень МРВ, напружень елементів конструкції фіксаторів і кістки. Це позначалося на формуванні конструкції ПФКВ, післяопераційному веденні хворих. При поперечній і косій лінії перелому переважно використовуємо конструкцію пристрою із пластиною на 8 отворів. У більшості пацієнтів післяопераційна іммобілізація не проводилась. Час і величина дозованого навантаження прооперованого сегмента визначались індивідуально. При масі тіла пацієнта до 80 кілограмів дозоване навантаження дозволяється через 1,5 місяця після операції, повне — відповідно через 2,5–3 місяці. Критерієм для початку останнього є достатній розвиток кісткової мозолі. На сьогодні з позитивним результатом прооперовано більше 460 пацієнтів із ПКГ. **Висновки.** Результати досліджень величини МРВ, величини напружень конструкції фіксаторів, ВГК підтверджують значні функціональні можливості запропонованих засобів для МБО ПКГ, дозволяють розробити ефективні методики їх застосування. Вони забезпечують добрий клінічний результат при діафізарних ПКГ, поліпшують якість життя пацієнтів, дозволяють позбутись багатьох ускладнень, характерних для традиційного остеосинтезу.

**Ключові слова:** переломи кісток гомілки; засоби для малоконтактного багатоплощинного остеосинтезу

### Вступ

Одним із найпоширеніших ушкоджень опорно-рухового апарату є переломи кісток гомілки (ПКГ). Час непрацездатності при них в середньому досягає 5–9 місяців [5, 6]. Удосконалення засобів для остеосинтезу не призвело до значного скорочення тривалості лікування, у 22–45 % випадків спостерігаються незадовільні результати [3, 7]. Основними задачами в лікуванні діафізарних ПКГ є репозиція відламків, їх

стабільна фіксація при мінімальній травматизації [4, 10, 11].

Ефективне лікування ПКГ можливе на основі глибокого знання біології кістки, процесу зрощення фрагментів, біомеханіки взаємодій «фіксатор — кістка», з позицій системного підходу [2, 9]. Фіксатор повинен допускати в кістці адекватне напруження, певну мікрорухомість відламків (МРВ), блокувати їх поперечне зміщення, мінімізувати тиск пластини на

фрагменти. Загалом еластичність фіксатора повинна наближатися до еластичності кістки [1]. Цим умовам відповідають засоби для малоконтактного багатоплощинного остеосинтезу (МБО). Вони мають елемент взаємодії «пластина — гвинт», здійснюють багатоплощинну фіксацію. Виникає потреба в удосконаленні методик остеосинтезу ПКГ пристроєм з мінімальним негативним впливом на фрагменти. Для цього важливо вивчити величину мікрорухомоті, яку допускають ці фіксатори, порівняно із контактною пластиною, а також величину їх напруження й напруження фрагментів після остеосинтезу.

**Мета роботи:** оптимізувати засоби МБО для лікування ПКГ, дослідити фіксуючі можливості цих фіксаторів, розробити методики їх застосування.

## Матеріали та методи

При розробці пристрою для проведення МБО ПКГ основна увага приділялась усуненню шкідливого тиску фіксатора на кістку, багатоплощинній фіксації, взаємодії конструкції «пластина — гвинт», забезпеченню МРВ, її регуляції, можливості індивідуального підбору найбільш оптимальної конструкції для конкретного перелому при мінімальній об'ємі і довжині імплантата. Враховуючи це, нами удосконалено пристрій для фіксації кісткових відламків (ПФКВ) (патент України № 17502) [8] відповідно до анатомічних особливостей гомілки (рис. 1). Пристрій усуває шкідливий тиск пластини на кістку.

Багатоплощинне проведення гвинтів, наявність елемента взаємодії «пластина — гвинт» забезпечує стабільну фіксацію фрагментів при максимально можливій короткій пластині. Товщина пластини по краях зменшена. Це полегшує проблеми встановлення й перекриття, дозволяє моделювати пластину для метаепіфізарних ділянок, що є важливим для остеосинтезу дистального відділу великогомілкової кістки (ВГК). При переломах нижньої третини кісток гомілки технічно складно провести гвинти у пластину збоку, що пов'язано із додатковою травмою м'яких тканин. Гвинти у нижні отвори пластини можна проводити через додаткові розрізи шкіри, що також посилює травматизацію. У розробленому нами наборі для цього передбачені півкільця з одним отвором, вони фіксуються у двох крайніх отворах пластини, дозволяють провести гвинти у дистальний метафіз ВГК спереду назад, така конструкція ПФКВ легко покривається тканинами, забезпечує стабільну фіксацію фрагментів (рис. 2), значно полегшує проведення оперативного втручання.

Для зіставлення і правильної оцінки даних експериментальних досліджень щодо визначення МРВ, стабілізованих повноконтактною накістковою пластиною (ПНП) і ПФКВ, проведено теоретичні розрахунки з використанням методу кінцевих елементів (МКЕ).

На модель, що імітує зламану ВГК, при поперечному, косому, скалковому переломах були встановлені фіксатори, що досліджуються. Пластина ПФКВ лежить на 2 півкільцях, фіксація фрагмента імітувалась проведенням 3–4 гвинтів у різних площинах через



**Рисунок 1.** Середня третина великогомілкової кістки із розміщеним на ній ПФКВ



**Рисунок 2.** Фотовідбиток рентгенограми хворого із гвинтоподібним переломом. Два гвинти в дистальний фрагмент проведені в сагітальній площині

отвори пластини, півкільце і фрагмент. ПНП умовно стабілізує фрагмент також 3–4 гвинтами. При косій лінії зламу, скалковому переломі проводили репозиційний остеосинтез (РО) 1–2 кортикальними гвинтами. Конструкція ПФКВ дозволяє встановлювати її на ВГК поверх головок цих гвинтів. МКЕ допомагає проаналізувати ті переміщення відламків, що виникають при поперечній і косій лінії перелому. Для числового рішення задач на основі МКЕ про пружне деформування тривимірного тіла створені об'ємні моделі, що відображали найбільш суттєві особливості геометрії ВГК, ПФКВ, ПНП. З цієї метою використані засоби твердотілого моделювання.

При дослідженні поперечного перелому в центральній частині ВГК осьовий затор між торцевими поверхнями фрагментів у місці перелому становив 1,5 мм. Вивчались моделі стабілізації ПФКВ, ПНП на фрагментах 3 і 4 гвинтами. Один із цих гвинтів при фіксації ПФКВ проводився через отвір півкільця.

Для остеосинтезу косих переломів вивчалися три варіанти: а — фіксація фрагмента 3 гвинтами; б — 4 гвинтами; в — фіксація фрагментів після репозиції гвинтом, кінцева стабілізація фрагмента 3 гвинтами. Досліджувалась МРВ при трьох варіантах фіксації скалкового перелому ВГК: а — фіксація фрагмента 4 гвинтами; б — 4 фіксаційними гвинтами й одним репозиційним; в — 3 фіксаційними і двома репозиційними гвинтами.

Вивчався також напружений стан фіксаторів і кістки під дією доданого навантаження. Величина напруження елементів фіксатора і кістки свідчить про умови перебігу репаративної регенерації (РР). Значне напруження фіксатора і фрагментів не сприяють їх зрощенню. Інтенсивність напруг визначалася за координатними компонентами відносних переміщень у відповідних точках перерізу ВГК.

## Результати та обговорення

Остеосинтез конкретного перелому необхідно здійснювати фіксатором найбільш оптимальної конструкції, що забезпечує можливість програмувати жорсткість фіксації відповідно до характеру лінії перелому, можливість забезпечити певну величину МРВ, що оптимізує перебіг РР. Цьому сприяє багатоплощинне проведення гвинтів та елемент взаємодії «пластина — гвинт». Застосування фіксатора не повинно посилювати травматизацію пошкодженого сегмента.

При поперечному переломі середньої третини ВГК маємо малу площу контакту між фрагментами. У такій ситуації важливим для зрощення є наявність МРВ, що сприяє розвитку періостальної мозолі. Комп'ютерне моделювання показало, що ПФКВ допускає більші осьові переміщення фрагментів (0,0026–0,2903 мм) при осьовому навантаженні, ніж ПНП (0,0023–0,2395 мм). Вона забезпечує більш жорстку фіксацію фрагментів шляхом притиснення пластини до кістки. Стабільність відламків ПФКВ досягається завдяки багатоплощинній фіксації, наявності елемента взаємодії «пластина — гвинт». Саме ці якості протидіють переходу МРВ у їх макропереміщенні при лізисі кістки й навантаженні. ПНП не протидіє такому переходу навіть при проведенні через фрагмент 4 кортикальних гвинтів. Разом із цим остеосинтез ПФКВ забезпечує менше напруження центральної частини кістки ( $0,44017 \cdot 10^7$  Па) навіть при фіксації фрагмента 3 гвинтами. Це створює оптимальні умови для перебігу РР.

Після РО косоного перелому ВГК і остеосинтезу ПФКВ дослідження показали значно менші показники МРВ ВГК (0,0019–0,0516 мм), ніж після стабілізації ПНП (0,0041–0,0675 мм). Напруження пластини, шурупів, центральної частини кістки при фіксації репозиційним гвинтом та остеосинтезі ПФКВ значно менші ( $0,11612 \cdot 10^9$  Па), ніж у комбінації «репозиційний гвинт — ПНП» ( $0,13386 \cdot 10^9$  Па).

Остеосинтез косих переломів ПФКВ після попереднього РО гвинтом забезпечує більш жорстку фіксацію при меншому напруженні пластини, гвинтів і центральної частини кістки. Аналогічні дані отримані при

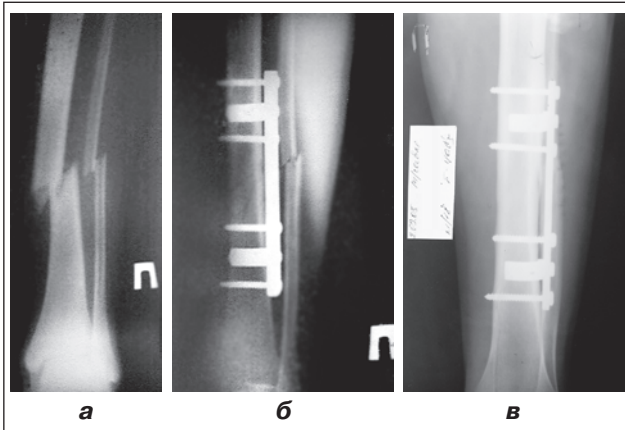
дії сили на згин в площині пластини. Це забезпечує добрі умови для зрощення фрагментів.

У лікуванні скалкових ПКГ також велике значення має РО гвинтами. Ми вивчали три варіанти фіксації: без репозиційного гвинта, з одним гвинтом, двома репозиційними гвинтами. Дослідження показали, що в усіх трьох варіантах при осьовому стисненні більш жорстку фіксацію забезпечує ПФКВ. Відмічено також зменшення МРВ після РО відламків 1 і 2 репозиційними гвинтами. Напруження пластини, гвинтів, центральної частини кістки після остеосинтезу ПФКВ є меншим порівняно із використанням ПНП, це сприяє процесу консолідації. Елемент взаємодії «пластина — гвинт», багатоплощинна фіксація протидіє відходу пластини ПФКВ від кістки при лізисі кістки й навантаженні. Проте на відміну від ПФКВ встановлення ПНП поверх головок репозиційних гвинтів досить проблематичне.

Оперативне втручання здійснювалось через передній дугоподібний доступ випуклістю назовні. Після оголення місця перелому зачищались кінці основних фрагментів з мінімальною їх скелетизацією. При цьому проводиться оцінка характеру лінії перелому, що дозволяє вибрати найбільш оптимальну конструкцію фіксатора. Після репозиції фрагментів ПФКВ встановлювали поверх окістя по зовнішній поверхні ВГК. Конфігурація півкілець перед цим моделюється за формою гребеня кістки. Стабільний остеосинтез забезпечується проведенням через основний фрагмент переважно 3–4 гвинтів. Один із них проводиться через отвір півкільця спереду назад. Гвинти проводяться до занурення головки у конусне заглиблення пластини. При зятягуванні гвинта, що проходить через отвір півкільця, відбувається його кінцеве моделювання за конфігурацією кістки. Слід пам'ятати про шкідливість сильного притиснення півкільця до кістки. Стабілізація фрагментів відбувається не за рахунок притиснення півкілець чи пластини до кістки, а шляхом створення стабільної конструкції «пристрій — кістка», проведення гвинтів у різних площинах.

Тактика лікування ПКГ строго індивідуальна. Вона розроблялась із врахуванням отриманих результатів теоретичних досліджень МРВ, напружень елементів конструкції фіксаторів і кістки. Успіх оперативного лікування ПКГ визначається багатьма факторами. Серед них великого значення ми надаємо передопераційному плануванню. Обираючи тактику лікування ПКГ, ми враховували набутий досвід, результати комп'ютерних теоретичних біомеханічних досліджень з визначення величини МРВ для конкретної конструкції. Це позначалося на формуванні конструкції ПФКВ, визначало подальшу тактику. Так, при поперечній і косій лінії перелому переважно використовуємо конструкцію пристрою із пластиною на 8 отворів (рис. 3).

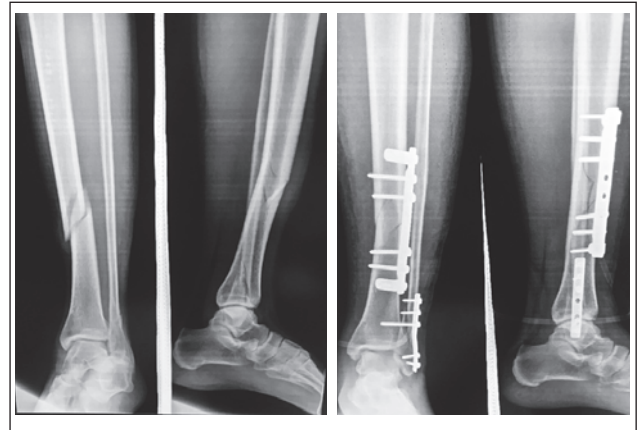
У випадку перелому МГК на рівні або біля перелому ВГК достатньо жорстку фіксацію фрагментів ВГК забезпечує проведення через пластину ПФКВ і фрагмент по 2 гвинти, третій гвинт проводиться через отвір півкільця (рис. 4). Слід нагадати, що отвір півкільця має із



**Рисунок 3.** Фотовідбиток рентгенограми хворого із косоперечним ПКГ, синтезованим ПФКВ, пластина на 8 отворів: а — при надходженні в клініку; б — після оперативного втручання; в — через 5 міс.

гвинтом різьбову взаємодію, яка протидіє його лінійному переміщенню при лізисі кістки і навантаженні. Тому мікрорухомість відламків, яку допускає ПФКВ, не переходить у їх макропереміщення. Такий ефект ПКП не забезпечують.

Стабільну фіксацію забезпечує ПФКВ на 8–9 отворів. При високому переломі МГК первинне зрощення фрагментів ВГК після їх стабілізації репозиційними гвинтами відбувається при проведенні через пластину фіксатора та відламок по одному гвинту, другий гвинт проводиться через отвір півкільця (рис. 5). Дистальний фрагмент ВГК часто розколотий по довжині. У такому випадку першим етапом оперативного втручання є перевід його в моноліт — фіксаційним кортикальним гвинтом. Повне навантаження кінцівки після такого оперативного втручання дозволялось при розвитку до-



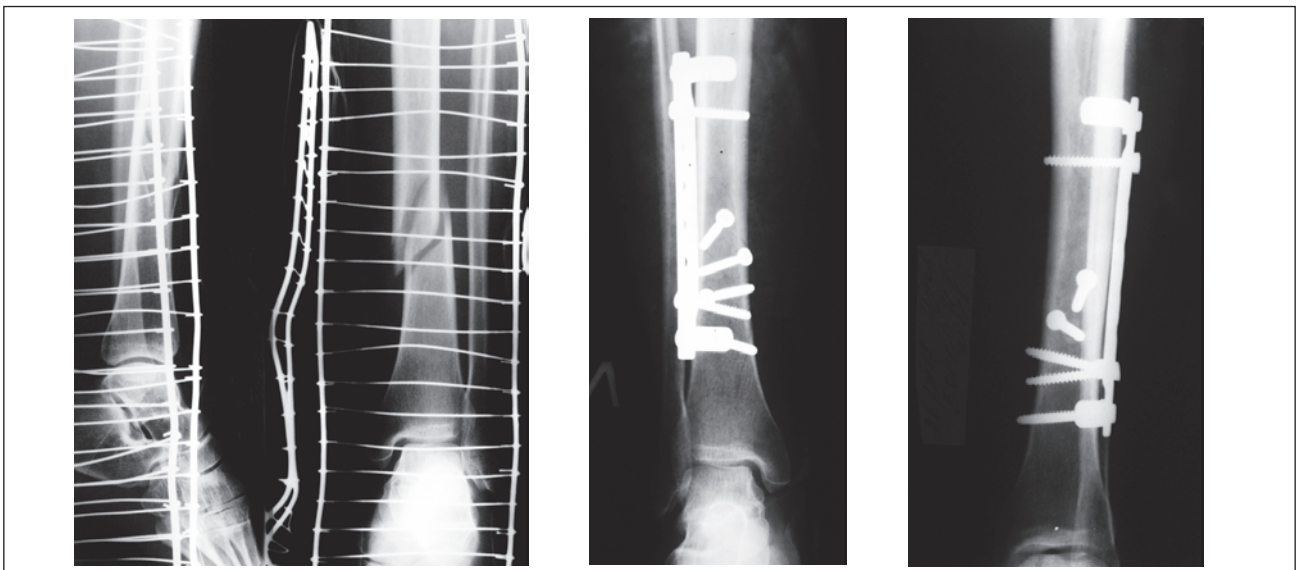
**Рисунок 4.** Фотовідбиток рентгенограми хворого із косим ПКГ на різних рівнях. Через фрагмент ВГК проведено 3 гвинти

статньої мозолі — через 1,5–2 місяці. При цьому враховувалася маса тіла хворого.

Практика показала, що стабільну фіксацію фрагментів ВГК при косоперечному ПКГ забезпечує ПФКВ із пластиною навіть на 7 отворів (рис. 6).

Це приклад справжнього малоінвазивного остеосинтезу. Довжина LCP-пластини для таких переломів, як правило, вдвічі більша.

Гомілка є досить проблемним сегментом у питанні кровопостачання середньої і дистальної частини ВГК. Добрий результат можна досягнути тільки після достатньої репозиції фрагментів, яка не супроводжується їх девіталізацією. При скалкових переломах ВГК більші відламки стабілізуються репозиційними гвинтами, дрібні скалки підводяться до материнського ложа. Стабільний остеосинтез гвинтоподібних і скалкових



**Рисунок 5.** Фотовідбиток рентгенограми хворого із косим переломом ВГК і розколотим її дистальним фрагментом. Цілісність останнього відновлена гвинтом. Після цього фрагменти стабілізовані 2 репозиційними гвинтами і ПФКВ на 8 отворів

переломів може забезпечити ПФКВ із пластиною на 9 отворів при застосуванні мінімальної кількості кортикальних гвинтів (рис. 7).

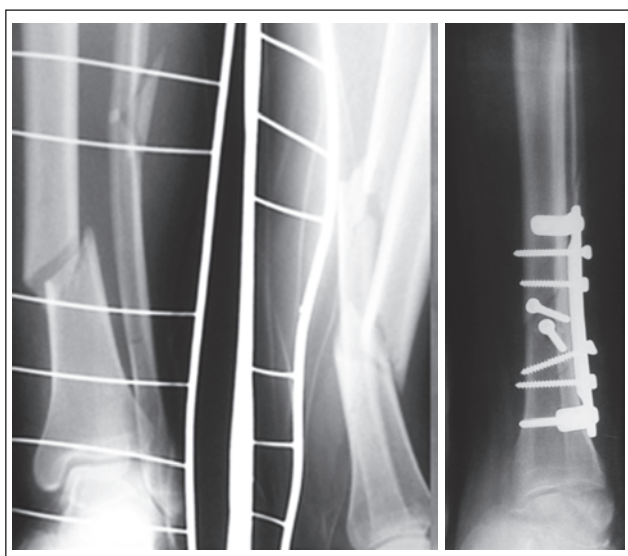
При подвійних фрагментарних переломах ВГК результати лікування не завжди відповідають сподіванням лікарів. Традиційний накістковий остеосинтез навіть при суворому дотриманні методики лікування дає значний відсоток негативних результатів. Значною мірою це пов'язано із додатковою травматизацією фрагментів під час оперативного втручання, порушенням ведення післяопераційного періоду. Доброго результату можна досягнути саме при анатомічній репозиції фрагментів, стабілізації їх за допомогою РО.

Конструктивні можливості ПФКВ дозволяють провести стабільну еластичну фіксацію фрагментарних

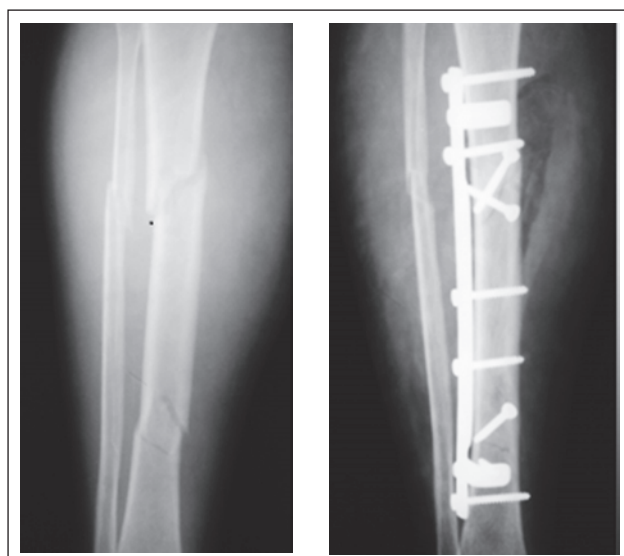
переломів ВГК після РО основних фрагментів, використовуючи мінімальну кількість кортикальних гвинтів, не посилюючи травматизацію ВГК. Такий остеосинтез забезпечує пристрій на 10–11 отворів (рис. 8). Розроблений нами ПФКВ дозволяє певною мірою програмувати тип зрощення фрагментів. Це залежить від величини МРВ після остеосинтезу.

Розміщуючи півкільця ближче до лінії перелому, а також проводячи через пластину та фрагменти достатню кількість гвинтів, ми забезпечуємо мінімальну їх мікрорухомість. А це, в свою чергу, створює умови для первинного зрощення (рис. 9). Це можливо навіть при скалкових ПКГ.

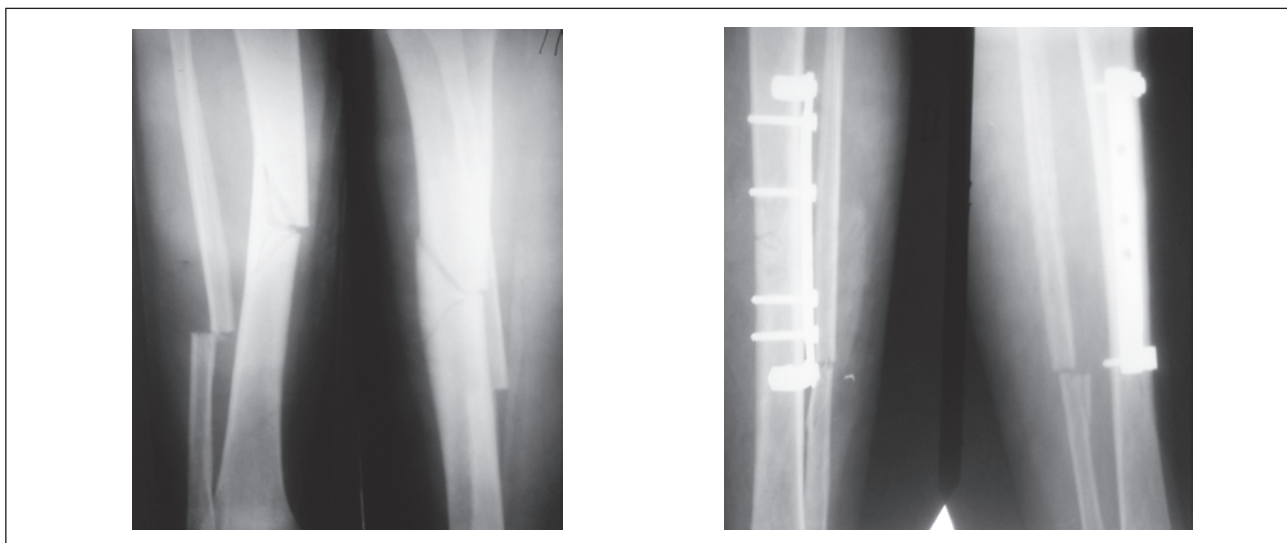
Ефективність позавогнищевого остеосинтезу при відкритих ПКГ загальновідома. Поряд з цим практи-



**Рисунок 6.** Фотовідбиток рентгенограми хворого із косим ПКГ, синтезованим ПФКВ на 7 отворів



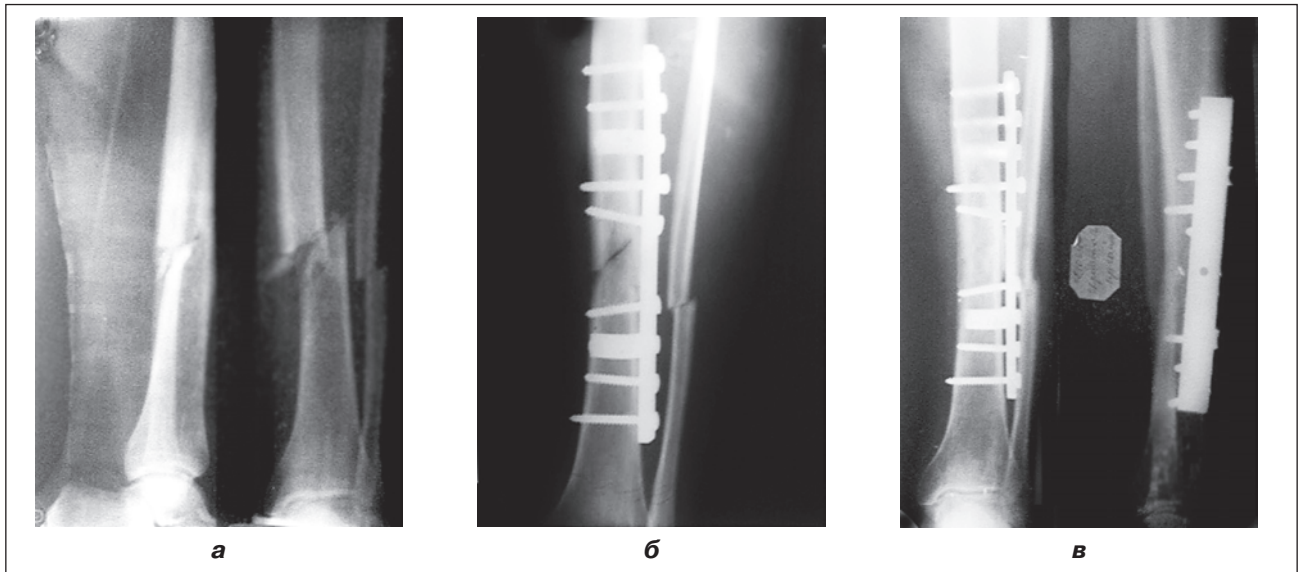
**Рисунок 8.** Фотовідбиток рентгенограми хворого із фрагментарним ПКГ, синтезованим ПФКВ на 11 отворів



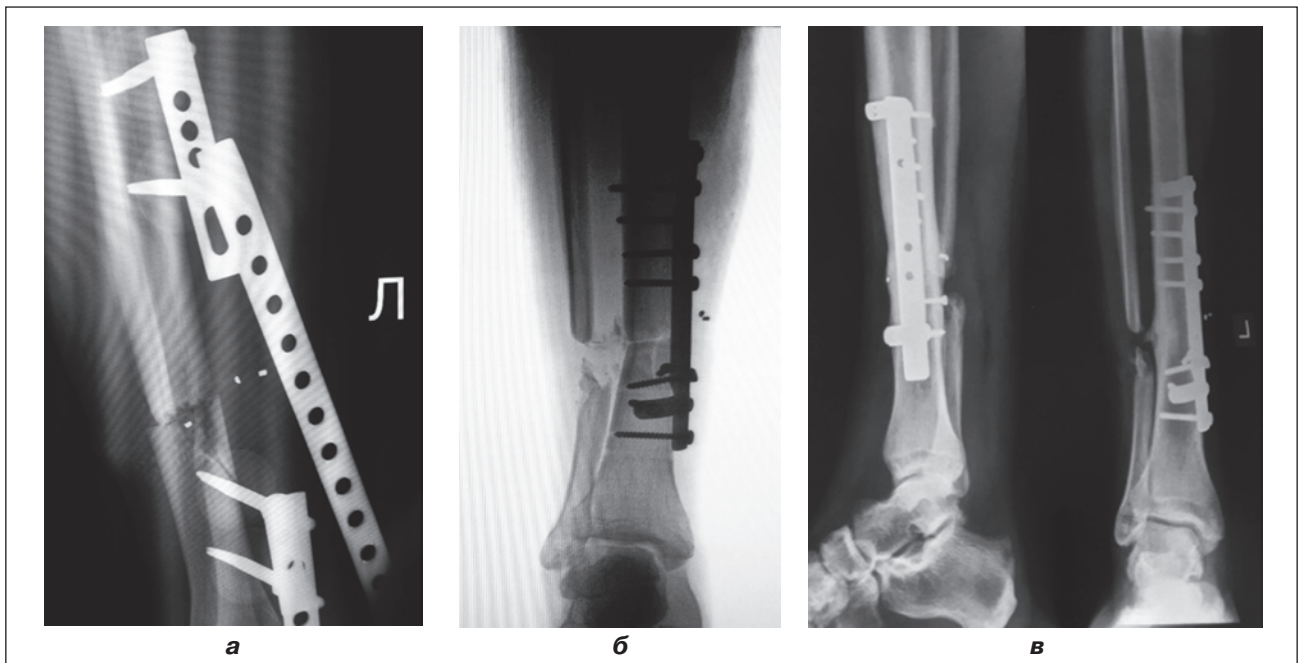
**Рисунок 7.** Фотовідбиток рентгенограми хворого із скалковим ПКГ, синтезованим ПФКВ на 9 отворів

ка показала, що при невеликих ранах після ефективної первинної хірургічної обробки оправданим є відстрочений остеосинтез ПФКВ. Використання об'ємних довгих ПКП, що посилюють травматизацію фрагментів, часто не дає бажаного результату. Від цього ПФКВ легко перекривається м'якими тканинами, не здійснює тиску на кістку, забезпечує стабільну фіксацію при максимально короткій пластині, мінімізує травматичність оперативного втручання. Враховуючи сказане, ПФКВ можна використати як заміну методу остео-

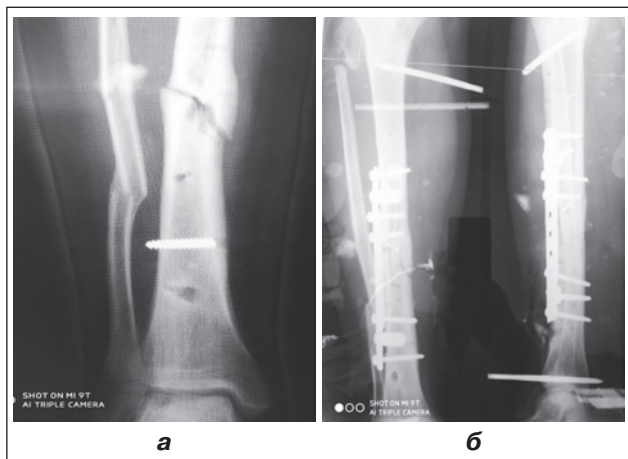
синтезу навіть при вогнепальних скалкових переломах. Саме така тактика була застосована у хворого Ч., якому при вогнепальному ПКГ проведена хірургічна обробка рани, фіксація фрагментів апаратом зовнішньої фіксації (рис. 10а). Рана зажила первинним натягом, проте наявність кісткового дефекту не призвела до консолідації перелому. В зв'язку із цим, а також із наявністю дефекту малогомілкового нерва через 1,5 місяця знято стрижневий апарат. Трохи згодом проведений остеосинтез ПФКВ на 10 отворів, пластика кісткового



**Рисунок 9. Фотовідбиток рентгенограми хворого із кососкалковим переломом, синтезованим ПФКВ на 10 отворів: а – при надходженні в клініку; б – після остеосинтезу; в – первинне зрощення фрагментів**



**Рисунок 10. Фотовідбиток рентгенограми хворого Ч. із вогнепальним ПКГ: а – після обробки рани і накладання стрижневого апарата; б – після остеосинтезу ПФКВ, кісткової пластики, пластики нерва; в – через 6 місяців після повторної операції**



**Рисунок 11. Фотовідбиток рентгенограми хворого із псевдоартрозом кісток гомілки: а — при надходженні в клініку; б — після остеосинтезу ПФКВ і пластики за Хахутовим**

дефекту спонгіозним автотрансплантатом із проксимального епіметафіза ВГК, а також пластика дефекту малогомілкового нерва (рис. 10б). Через 6 місяців на рентгенограмі — зрощення фрагментів (рис. 10в).

Часткове навантаження дозволено через 3 місяці, а через 4 місяці — повне.

Ще однією важливою проблемою, де добре зарекомендував себе ПФКВ, є псевдоартрози кісток гомілки. Загалом прооперовано 24 пацієнти із незрощенням фрагментів ВГК. При невеликих дефектах кістки проводилась автоспонгіозна пластика трансплантатом із проксимального епіметафіза ВГК. Невеликий об'єм ПФКВ, стабільна фіксація фрагментів при більших дефектах ВГК дає можливість провести остеосинтез із пластикою псевдоартрозу за Хахутовим (рис. 11). У таких випадках переважно застосовується пластина на 10–11 отворів. Конструкція ПФКВ створює оптимальні умови для перебудови переміщених трансплантатів, зрощення фрагментів. Після кісткової пластики псевдоартрозів ВГК на 2,5–3 місяці накладається гіпсова пов'язка. У всіх 24 випадках відмічався позитивний результат.

Остеосинтез ПКГ ПФКВ дозволяє більшості пацієнтів відмовитись від післяопераційної іммобілізації, рано розпочати рухи в суміжних суглобах. Час і величина дозованого навантаження прооперованого сегмента визначаються індивідуально залежно від характеру перелому, якості репозиції, стабільності фіксації, стану кровообігу гомілки, маси тіла пацієнта. У найсприятливіших випадках, при масі тіла пацієнта до 80 кілограмів, дозоване навантаження дозволяється через 1,5 місяця після операції, повне — відповідно через 2,5–3 місяці. Критерієм для початку останнього є достатній розвиток кісткової мозолі. На сьогодні з позитивним результатом прооперовано більше 460 пацієнтів із ПКГ. Відмічено значне скорочення періоду непрацездатності. Кількість ускладнень становить 4,3–4,8 %. Вони в основному пов'язані із порушенням розробленої методики лікування.

## Висновки

Результати проведених досліджень підтверджують значні функціональні можливості запропонованих засобів для МБО ПКГ, дозволяють розробити ефективні методики їх застосування. Вони забезпечують добрий клінічний результат при діафізарних ПКГ, поліпшують якість життя пацієнтів, дозволяють позбутись багатьох ускладнень, характерних для традиційного остеосинтезу.

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

## Список літератури

1. Білінський П.І. Теорія і практика малоконтактного багатоплощинного остеосинтезу. К.: Макрос, 2008. 375 с.
2. Климовицкий В.Г., Пастернак В.Н., Оксонец В.М. и др. Влияние этиологического фактора травмы на течение репаративного остеогенеза. Часть I. Сращение диафізарных переломов голени при непрямом механизме травмы. Травма. 2007. Т. 8. № 1. С. 7-12.
3. Гасько М.В., Зінченко А.Т., Циркот І.М., Ковалишен І.В. Динаміка регенерації кісткової тканини при множинних переломах кісток нижніх кінцівок з застосуванням блокуючого інтрамедулярного остеосинтезу. Травма. 2008. Т. 9. № 4. С. 399-401.
4. Дубас В.І. Пружно-стійкий остеосинтез при лікуванні діафізарних переломів кісток гомілки: Автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук: спец. 14.01.21 «Травматологія та ортопедія». Харків, 2001. 16 с.
5. Копитчак І.Р. Клініко-морфологічні особливості лікування переломів гомілки при політравмі: Дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук: спец. 14.01.21 «Травматологія та ортопедія». Тернопіль, 2011. 163 с.
6. Купченко Д.Э. Применение стержневых аппаратов при диафізарных переломах костей голени. Травматология и ортопедия России. 2010. № 2(56). С. 39-44.
7. Рынденко С.В., Истомин А.Г., Попов О.А. и др. Место и роль остеосинтеза в лечении поврежденной опорно-двигательного аппарата при политравме. Травма. 2008. Т. 6. № 1. С. 99-102.
8. Патент № 17502 UA. МПК6 А61 В 17/58, А 61 В 17/62. Пристрій для фіксації кісткових відламків / П.І. Білінський (UA); патентовласник П.І. Білінський (UA); № 96051961; Заявл. 20.05.96; Опубл. 31.10.97, Бюл. № 5. 4 с.
9. Сименач Б.И. Фрактурология — некоторые аспекты теоретизации учения о переломах костей. Часть 2. Управление процессами репарации. Ортопедия, травматология и протезирование. 2000. № 4. С. 105-117.
10. Трофимов А.Н., Черновол С.И., Дунай О.Г. О лечении диафізарных переломов голени. Ортопедия, травматология и протезирование. 2004. № 1. С. 21-24.
11. Шимон В.М., Шерегий А.А. Перспективні напрями лікування діафізарних переломів кісток гомілки. Травма. 2010. Т. 11. № 4. С. 363-366.

Отримано/Received 29.01.2020

Рецензовано/Revised 03.02.2020

Прийнято до друку/Accepted 14.02.2020 ■

Билинский П.И., Цюра Ю.П., Стеценко А.П., Антонив В.Р., Соколенко О.Т.  
 Национальный медицинский университет им. А.А. Богомольца, г. Киев, Украина

### Возможности средств для малоcontactного многоплоскостного остеосинтеза переломов голени и методик для ее реализации

**Резюме. Актуальность.** Переломы костей голени (ПКГ) являются одним из наиболее распространенных поврежденных опорно-двигательного аппарата. Время нетрудоспособности при них в среднем достигает 5–9 месяцев, в 22–45 % случаев наблюдаются неудовлетворительные результаты. Большое значение в лечении ПКГ имеет остеосинтез биомеханически обоснованными фиксаторами. **Цель работы:** оптимизировать средства малоcontactного многоплоскостного остеосинтеза (ММО) для лечения ПКГ, исследовать фиксирующие возможности этих фиксаторов, разработать методики их применения. **Материалы и методы.** Нами усовершенствовано устройство для фиксации костных отломков (УФКО) (патент Украины № 17502) соответственно анатомическим особенностям голени. Для определения микроподвижности отломков (МПО), стабилизированных полноcontactной наcostной пластиной (ПНП) и УФКО, проведены теоретические расчеты с использованием метода конечных элементов. Исследовалась величина МПО большеберцовой кости (ББК) при поперечном, косом, оскольчатом переломах. Фиксация фрагмента имитировалась проведением 3–4 винтов. При косой линии излома, оскольчатом переломе фрагменты дополнительно стабилизировались 1–2 репозиционными винтами. Для исследования напряженного деформирования трехмерного тела созданы объемные модели, отображающие наиболее существенные особенности геометрии ББК, УФКО, ПНП. **Результаты.** Тактика лечения

ПКГ строго индивидуальна. Она разрабатывалась с учетом полученных результатов исследований МПО, напряжения элементов конструкции фиксаторов и кости. Это отразилось на формировании конструкции УФКО, послеоперационном ведении больных. При поперечной и косой линии перелома преимущественно использовалась конструкция устройства с пластиной на 8 отверстий. У большинства пациентов послеоперационная иммобилизация не производилась. Время и величина дозированной нагрузки прооперированного сегмента определялись индивидуально. При массе тела пациента до 80 килограммов дозированная нагрузка разрешалась через 1,5 месяца после операции, полная — соответственно через 2,5–3 месяца. Критерием для ее начала было наличие достаточно развитой костной мозоли. На сегодняшний день с положительным результатом прооперировано более 460 пациентов с ПКГ. **Выводы.** Результаты исследования величины МПО, напряжения конструкций фиксаторов, ББК подтверждают значительные функциональные возможности предложенных средств для ММО ПКГ, позволяют разработать эффективные методики их использования. Они обеспечивают хороший клинический результат при диафизарных ПКГ, улучшают качество жизни пациентов, позволяют исключить многие осложнения, характерные для традиционного остеосинтеза.

**Ключевые слова:** переломы костей голени; средства для малоcontactного многоплоскостного остеосинтеза

P.I. Bilinskyi, Yu.P. Tsiura, O.P. Stetsenko, V.R. Antoniv, O.T. Sokolenko  
 Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

### Possibilities of the treatment for small-contact multiplanar osteosynthesis of lower leg fractures and methods of its implementation

**Abstract. Background.** Lower leg fracture is one of the most common injuries of the musculoskeletal system. Disability period during these injuries usually continues from 5 to 9 months, and results are unsatisfactory in the 22–45 % of cases. Important point of treating fractures of lower leg bones is osteosynthesis with biomechanically suitable devices. Objective: to optimize the means of small-contact multiplanar osteosynthesis for the treatment of lower leg fractures, to study the fixing capabilities of these fixators, to develop methods for their use. **Materials and methods.** We have improved the device for the fixation of bone fragments (patent of Ukraine No. 17502) in accordance with the anatomical features of the lower leg. Theoretical calculations using the finite element method were performed to determine the micromobility of fragments stabilized by a full-contact bone plate and the device for fixing bone fragments. The magnitude of micromobility of tibial fragments in transverse, oblique, and comminuted fractures was studied. Fixation of the fragment was simulated by putting 3–4 screws. In comminuted fracture, the fragments were additionally stabilized by 1–2 reposition screws. To study the elastic deformation of a three-dimensional body, three-dimensional models were created that reflected the most significant features of the geometry of the tibia, the device for fixing bone fragments, and the full-contact bone plate. **Results.** The treatment of tibial fractures is strictly individual. It was developed

taking into account the obtained results of studying the micromobility of fragments, stress of structural elements of fixators and bone. This affected the formation of the structure of the device for fixing bone fragments, postoperative management of patients. In transverse and oblique fractures, we mainly use a design of the device with a plate on 8 apertures. Postoperative immobilization was not performed in the majority of patients. The time and magnitude of the dosed load on the operated segment was determined individually. If patient weighed up to 80 kilograms, the dosed load is allowed 1.5 months after surgery, and full, respectively, after 2.5–3 months. The criterion for the beginning of full load is sufficient development of the bone callus. At present, more than 460 patients with a fracture of the lower leg have been operated with a positive result. **Conclusions.** The results of studies on the size of the micromobility of fragments, the stresses of the structures of the fixators and the tibia confirm the significant functionality of the proposed tools for small-contact multiplane osteosynthesis of fractures of the lower leg, allowed developing effective methods of their application. They provide a good clinical result in diaphyseal fractures of the lower leg bones, improve the quality of life of patients, made it possible to avoid many complications typical of traditional osteosynthesis.

**Keywords:** lower leg fractures; means of small-contact multiplanar osteosynthesis