

УДК 616.728.3-089.843-06(045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872025353-60>

Оцінювання ефективності кінематичного та механічного вирівнювання під час первинного ендопротезування колінного суглоба в ранньому післяопераційному періоді

М. Д. Мороз¹, Р. А. Козак¹, О. А. Костогриз¹, В. І. Бондарь²

¹ ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», Київ

² Діагностичний центр «М24», Київ. Україна

Mechanical alignment is widely accepted as a standard technique for total knee arthroplasty (TKA). However, approximately 20 % of patients remain dissatisfied with the outcomes. Recent studies suggest that an alternative method, known as kinematic alignment, could potentially improve functional outcomes and provide more rapid pain relief during the early postoperative period. Objective. To compare early postoperative clinical and functional outcomes of primary total knee arthroplasty performed using either kinematic or mechanical alignment. Methods. We prospectively analyzed the outcomes of 100 patients undergoing primary TKA, with 50 patients receiving mechanical alignment and 50 receiving kinematic alignment. Clinical assessments included pain measurement using the VAS, functional evaluation using the WOMAC, and knee range of motion (ROM). Assessments were conducted preoperatively, at 14 days, and 1.5 months postoperatively. Results. Analysis of key surgical parameters — including operation duration, intraoperative blood loss, and length of hospital stay — revealed no significant differences between the two groups. However, the requirement for additional ligament releases was significantly higher in the mechanical alignment group. According to WOMAC scores, the kinematic alignment group showed consistently better outcomes at all follow-up stages. At postoperative day 14, the kinematic alignment group had significantly better VAS pain scores and greater knee ROM compared to the mechanical alignment group ($p < 0.05$). However, by 1.5 months after surgery, the differences between the two groups were no longer statistically significant ($p > 0.05$). Conclusions. Kinematic alignment leads to superior early pain relief and faster functional recovery in the initial postoperative period compared to mechanical alignment. Nevertheless, differences in pain and function between both groups diminish by 1.5 months after surgery. These findings suggest the need for further studies with a longer follow-up (at least one year) to evaluate long-term outcomes and potential complications. Keywords. Kinematic alignment, mechanical alignment, total knee arthroplasty, knee joint.

Ендопротезування колінного суглоба з використанням механічного вирівнювання є загальноприйнятим стандартом, проте близько 20 % пацієнтів залишаються незадоволеними отриманими результатами. Мета. Порівняти ранні післяопераційні клінічні та функціональні результати первинного ендопротезування колінного суглоба, виконаного кінематичним і механічним способами вирівнювання. Методи. Проспективно проаналізовано результати лікування 100 пацієнтів, яким здійснене ендопротезування за механічним ($n = 50$) та кінематичним ($n = 50$) вирівнюванням. Аналізували біль (VAS), суб'єктивне оцінювання функції (WOMAC) і амплітуду рухів (ROM) у колінному суглобі перед операцією, на 14-й день та через 1,5 місяці після оперативного втручання. Результати. Аналіз основних хірургічних параметрів, таких як час операції, обсяг інтраопераційної крововтрати й тривалість госпіталізації, не показав суттєвої різниці між групами. Водночас потреба у виконанні додаткових релізів зв'язкового апарата була істотно вищою в групі механічного вирівнювання. За опитувальником WOMAC, кінематичне вирівнювання мало перевагу на всіх етапах спостереження. На 14-ту добу після втручання група кінематичного вирівнювання продемонструвала кращі показники за VAS, інтенсивності амплітуди рухів у колінному суглобі, ніж група механічного ($p < 0,05$). Проте через 1,5 місяці після операції відмінності між групами за цими параметрами вже не були статистично значущими ($p > 0,05$). Висновки. Кінематичне вирівнювання сприяє більш вираженому зниженню болю та швидшому відновленню функції колінного суглоба в ранньому післяопераційному періоді. Проте через 1,5 місяці після операції показники функціонального стану та інтенсивності болю в обох групах вирівнюються. Це вказує на доцільність проведення додаткових досліджень із тривалишим спостереженням для визначення довгострокових результатів і потенційних ускладнень.

Ключові слова. Кінематичне вирівнювання, механічне вирівнювання, ендопротезування колінного суглоба, колінний суглоб

Вступ

Остеоартроз є однією з найбільш поширених патологій колінного суглоба, яка призводить до дегенерації суглобового хряща та суттєво знижує якість життя пацієнтів. За оцінками ВООЗ, це захворювання входить до десятки найбільш інвалідизуючих хвороб у розвинених країнах, уражаючи приблизно 528 мільйонів осіб по всьому світу. Щорічно виконується понад мільйон операцій із заміни колінного суглоба, що робить її однією з найефективніших хірургічних процедур, яка значно зменшує больовий синдром і покращує функціональність суглоба в пацієнтів із важкими формами артриту. В Європі лідерами за частотою виконання таких втручань є Швейцарія, Німеччина та Фінляндія (287, 284 та 255 операцій на 100 000 населення відповідно) [1].

Хоча ендопротезування колінного суглоба з використанням механічного вирівнювання є ефективним і широко застосовується як стандартний підхід для лікування пацієнтів з остеоартрозом, близько 20 % хворих залишаються незадоволеними результатами втручання. У післяопераційному періоді пацієнти найчастіше скаржаться на стійкий біль, обмеження амплітуди рухів оперованого суглоба та невідповідність фактичних результатів попереднім очікуванням [2, 3]. Згідно з даними літератури, основною причиною незадоволеності є значна індивідуальна варіабельність анатомічної будови, що ускладнює точне позиціонування компонентів ендопротеза. Невраховування цих анатомічних параметрів призводить до нерівномірного розподілу навантаження та порушення природної біомеханіки руху в колінному суглобі, що в кінцевому результаті викликає вищезазначені симптоми [4, 5].

Механічне вирівнювання залишається загальноприйнятим методом у тотальному ендопротезуванні колінного суглоба. Водночас результати останніх досліджень свідчать про низку переваг кінематичного підходу [8]. Згідно з даними сучасних метааналізів, кінематичне вирівнювання забезпечує більш фізіологічний розподіл навантаження на медіальний і латеральний відділи суглоба, що супроводжується меншою інтенсивністю болю та кращим відновленням амплітуди рухів у ранньому післяопераційному періоді [6, 7, 9].

Попри наявність численних досліджень із переконливими результатами на користь кінематичного вирівнювання, остаточне рішення щодо оптимальної техніки позиціонування компонентів ендопротеза залишається предметом дискусій.

Мета: здійснити порівняльний аналіз результатів первинного ендопротезування колінного суглоба в пацієнтів з остеоартрозом III–IV ступенів за методами кінематичного та механічного вирівнювання, з особливим акцентом на зменшенні інтенсивності больового синдрому, покращенні функції суглоба та темпах відновлення в ранньому післяопераційному періоді.

Матеріал і методи

Дослідження проводилось на базі відділення травматології та ортопедії ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України» у період з січня 2022 до жовтня 2024 року.

До спостереження включено 100 пацієнтів віком від 40 до 65 років, яким виконано ендопротезування колінного суглоба з приводу деформуючого артрозу III–IV ступенів за класифікацією Kellgren & Lawrence. Усі хворі пройшли комплексне передопераційне обстеження та післяопераційний контроль протягом 2 місяців із моменту оперативного втручання.

У дослідження не були включені пацієнти з посттравматичними артрозами, септичними артритом, а також із нестабільністю колінного суглоба, яка виникла внаслідок ушкодження капсульно-зв'язкового апарата. Виключені хворі з артрозами, які супроводжувалися значними дефектами кісткової тканини виростків стегнової та/або плато великогомілкової кістки, особи з варусними або вальгусними деформаціями колінного суглоба, що перевищують 15° та з вираженими контрактурами оперованого суглоба, більше ніж на 30° .

Критеріями для міжгрупового розподілу стали методи вирівнювання компонентів ендопротеза колінного суглоба, що застосовувались під час первинного ендопротезування. Перша група ($n = 50$) — операція з використанням техніки механічного вирівнювання, тоді як у пацієнтів другої групи ($n = 50$) застосовували нерестриктивне кінематичне вирівнювання. Середній вік хворих першої групи становив ($51,52 \pm 4,92$) роки (діапазон: 42–63), другої групи — ($51,78 \pm 4,99$) роки (діапазон: 41–62). В обох групах забезпечене рівномірне розподілення за статтю (25 жінок і 25 чоловіків).

Протокол передопераційного планування включав виконання осьових знімків нижніх кінцівок із подальшим визначенням ключових референтних ліній і кутів — механічного латерального дистального стегнового (mLDFA) та механічного медіального проксимального великогомілкового

(mMPTA), а також кута Hip–Knee–Ankle (НКА) [15, 16]. У групі механічного вирівнювання середнє значення mLDFA становило $88,78^\circ \pm 1,49^\circ$, у групі кінематичного — $88,47^\circ \pm 1,53^\circ$. Відповідні показники mMPTA склали $88,03^\circ \pm 1,86^\circ$ та $87,70^\circ \pm 1,89^\circ$. Середні значення НКА становили $180,75^\circ \pm 2,51^\circ$ за механічного та $180,77^\circ \pm 2,55^\circ$ за кінематичного вирівнювання. Статистично значущих відмінностей між групами не виявлено ($p > 0,05$).

Визначення максимальної амплітуди рухів у колінному суглобі оцінювалось за допомогою гоніометра, комплексна оцінка суб'єктивних відчуттів пацієнтів за допомогою аналогової шкали болю (VAS) та опитувальника Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index (WOMAC). Максимальна амплітуда рухів у хворих першої та другої груп була $71,02^\circ \pm 7,02^\circ$ та $69,14^\circ \pm 13,87^\circ$ відповідно. Середній бал за шкалою VAS склав $7,5 \pm 0,71$ у першій, та $7,6 \pm 0,7$ у другій групі. За шкалою WOMAC середній бал був $54,9 \pm 3$ та $56,6 \pm 3,75$ у першій та другій групах відповідно. Міжгрупові відмінності виявились статистично значущими за показниками WOMAC і максимальної амплітуди рухів ($p < 0,05$), тоді як за демографічними параметрами та VAS були подібними в обох групах ($p > 0,05$) (табл. 1).

Підставою до операційного втручання був хронічний больовий синдром колінного суглоба, стійкий до терапії нестероїдними протизапальними препаратами (НПЗП) протягом не менше 6 місяців, із підтвердженням вираженості болю за допомогою шкали VAS більше 6 балів. Додатково — високі показники за шкалою WOMAC > 40 .

Оперативне втручання проведене однією хірургічною командою з дотриманням усіх технічних аспектів механічного [10, 11] і нерестриктивного кінематичного вирівнювання [12, 13]. Для хірургічного доступу до колінного суглоба було виконано медіальний субвастусний доступ із мобілізацією *m. vastus medialis* без його розтину. Для всіх пацієнтів застосовували однакоvu модель імплантата з цементною фіксацією, конструкція та хірургічний інструментар якого дозволяла проводити імплантацію компонентів ендпротеза з використанням як механічного, так і кінематичного методів вирівнювання. Крім того, у всіх випадках застосовували медіально-стабілізований тібіальний вкладиш, розроблений згідно з концепцією medial pivot. відповідно до принципів мультимодальної аналгезії. До знеболення входили пре- та інтраопераційні перифокальні блоки, застосування опіоїдів і НПЗП під час операції, а також післяопераційна аналгезія з використанням парацетамолу та нестероїдних препаратів [14].

Фізична реабілітація після оперативного втручання проводилася під контролем лікаря-реабілітолога відповідно до уніфікованої реабілітаційної програми. Пасивна мобілізація колінного суглоба розпочиналась із першої післяопераційної доби. Починаючи з другого дня і до моменту виписки, пацієнти щоденно проходили фізіотерапевтичні заняття тривалістю близько однієї години, що включали поєднання активних і пасивних вправ, спрямованих на поступове відновлення обсягу рухів у суглобі, зміцнення м'язового апарата й вдосконалення координаційних навичок.

Таблиця 1

Демографічні та клінічні дані в групах до операції

Характеристика	Група 1 (n = 50)	Група 2 (n = 50)	p*
Кількість пацієнтів	50	50	p > 0,05
Чоловік	25	25	p > 0,05
Жінка	25	25	p > 0,05
Вік (M + SD), роки	51,52 ± 4,92	51,78 ± 4,99	p > 0,05
Віковий діапазон, роки	42–63	41–62	p > 0,05
mLDFA, градуси	88,78 ± 1,49	88,47 ± 1,53	p > 0,05
mMPTA, градуси	88,03 ± 1,86	87,70 ± 1,89	p > 0,05
НКА, градуси	180,75 ± 2,51	180,77 ± 2,55	p > 0,05
VAS(M + SD), бали	7,50 ± 0,71	7,60 ± 0,70	p > 0,05
WOMAC(M + SD), бали	54,90 ± 3,00	56,60 ± 3,75	p > 0,05
Максимальна амплітуда рухів (M + SD), градуси	71,02 ± 7,02	69,14 ± 13,87	p < 0,05

Примітка. * — достовірність відмінностей результатів між групами, відповідно, статистична значуща на рівні $p < 0,05$.

Для вивчення правильності позиціонування компонентів ендопротеза в пацієнтів обох груп на 14-й день після операції було виконано аксіальні рентгенограми нижніх кінцівок із подальшим вимірюванням основних референтних ліній і кутів (рис. 1).

Клінічні результати протезування колінного суглоба оцінювалися шляхом вимірювання максимальної амплітуди рухів за допомогою гоніометра перед операцією, через 2 тижні та через 1,5 місяці після хірургічного втручання. Динаміку покращення функціонального стану пацієнтів аналізували шляхом порівняння показників, отриманих на 14-й день та через 1,5 місяці після операції. Ефективність ендопротезування визначали шляхом порівняння передопераційних значень із результатами, зафіксованими через 1,5 місяці після втручання.

Для оцінювання суб'єктивних відчуттів пацієнтів вимірювали інтенсивність больового синдрому за допомогою шкали VAS. Визначення суб'єктивного стану колінного суглоба за допомогою опитувальника WOMAC проводили перед оперативним втручанням, на 14-й день і через 1,5 місяці після операції. Динаміку покращення суб'єктивного стану аналізували шляхом порівняння показників, отриманих на 14-й день і через 1,5 місяці після операції, а ефективність ендопротезування визначали, порівнюючи передопераційні дані з результатами, зафіксованими через 1,5 місяці після втручання.

Дослідження було проведене в суворій відповідності до принципів біоетики, вимог законодавства та встановлених норм проведення біомедичних досліджень, як це викладено в Гельсінській декларації Всесвітньої медичної асоціації (2000), Конституції України (1996), Цивільному кодексі України (2006), основах законодавства України про охорону здоров'я (1992) та Законі України «Про інформацію» (1992) зі змінами та доповненнями, внесеними станом на 01.12.2021 р. Перед початком дослідження від усіх учасників було отримано письмову добровільну згоду, а дані з історій хвороби аналізувалися відповідно до вимог комітету з біоетики ДУ «ІТО НАМН

України» (протокол № 3 засідання комісії з біоетики від 29 квітня 2025 року).

Статистичну обробку даних здійснювали за допомогою програм Microsoft Excel та Statistica 8.0 (StatSoft Inc.). Для порівняння незалежних вибірок застосовували критерій Манна-Уїтні, а для аналізу повторних вимірювань — критерій Вількоксона. Отримані результати аналізували за допомогою стандартних методів математичної статистики, що включали розрахунок кількості вибірок (n), середнього арифметичного (M) та середньоквадратичного відхилення (SD). Статистичний зв'язок між досліджуваними змінними оцінювали за допомогою критерію Фішера. Рівень достовірності встановлено на 95 %, а статистичної значущості — 0,05 ($p = 0,05$).

Результати

У групі механічного вирівнювання середнє значення mLDFA становило $89,45^\circ \pm 1,10^\circ$, у групі кінематичного — $88,37^\circ \pm 1,47^\circ$. Відповідні показники mMPA склали $89,46^\circ \pm 1,55^\circ$ та $87,64^\circ \pm 1,92^\circ$. Середні кути НКА становили $179,98^\circ \pm 1,55^\circ$ у групі механічного та $180,73^\circ \pm 2,56^\circ$ кінематичного вирівнювання. Статистично значущих відмінностей між групами не виявлено ($p > 0,05$). Аналіз ключових рентгенологічних кутів до та після оперативного втручання підтвердив виконання передопераційних технічних завдань: середнє відхилення НКА від запланованого становило $-0,77^\circ \pm 0,52^\circ$ у групі механічного та $-0,04^\circ \pm 0,31^\circ$ кінематичного вирівнювання ($p > 0,05$) (табл. 2).

У передопераційному періоді інтенсивність болю в колінному суглобі, виміряна за шкалою VAS, становила від 7 до 9 балів, із середнім значенням $7,50 \pm 0,71$ у групі 1 та $7,60 \pm 0,70$ у групі 2. На 14-ту добу після операції в групі 1 показник болю знизився з $7,50 \pm 0,71$ до $4,40 \pm 0,70$, а протягом 1,5 місяців спостереження — до $(3,00 \pm 0,45)$ балів. Аналогічно, у групі 2 на 14-ту добу після операції значення VAS зменшилося з $7,60 \pm 0,70$ до $4,18 \pm 0,52$, а через 1,5 місяці — до $(2,90 \pm 0,95)$ балів.

Таблиця 2

Основні рентгенологічні кути до та після оперативного втручання в досліджуваних групах

Показник / Група	Механічне вирівнювання (до → після операції)	Кінематичне вирівнювання (до → після операції)	p
mLDFA	$(88,78^\circ \pm 1,49^\circ) \rightarrow (89,45^\circ \pm 1,10^\circ)$	$(88,47^\circ \pm 1,53^\circ) \rightarrow (88,37^\circ \pm 1,47^\circ)$	$p > 0,05$
mMPA	$(88,03^\circ \pm 1,86^\circ) \rightarrow (89,46^\circ \pm 1,55^\circ)$	$(87,70^\circ \pm 1,89^\circ) \rightarrow (87,64^\circ \pm 1,92^\circ)$	$p > 0,05$
НКА	$(180,75^\circ \pm 2,51^\circ) \rightarrow (179,98^\circ \pm 1,55^\circ)$	$(180,77^\circ \pm 2,55^\circ) \rightarrow (180,73^\circ \pm 2,56^\circ)$	$p > 0,05$

Суб'єктивна оцінка стану колінного суглоба за допомогою опитувальника WOMAC, проведена до втручання та у післяопераційному періоді, показала значне покращення функціонального стану пацієнтів обох груп. На етапі передопераційного обстеження показник за шкалою WOMAC складав ($54,90 \pm 3,00$) та ($56,60 \pm 3,75$) балів у 1 та 2 групах, відповідно. Уже через 14 діб після операції у групі 1 спостерігалось зниження середнього бала до ($32,50 \pm 4,77$), а через 1,5 місяці — до ($20,80 \pm 4,32$). Аналогічно, у групі 2 показники WOMAC знизилися до ($24,86 \pm 4,50$) балів на 14-ту добу та до ($19,10 \pm 3,12$) через 1,5 місяці після операції.

У післяопераційному періоді в обох групах зафіксовано статистично достовірне покращення суб'єктивної оцінки стану оперованого суглоба ($p < 0,05$). На 14-ту добу інтенсивність болю за шкалою VAS істотно зменшилася ($p < 0,05$).

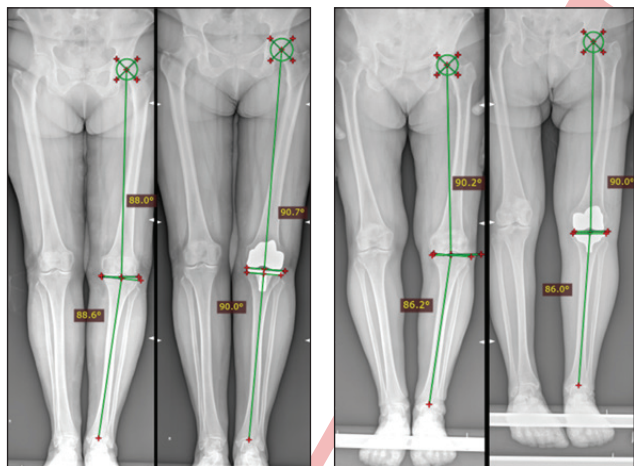


Рис. 1. Фото рентгенограм до та після встановлення компонентів ендопротеза згідно з передопераційним плануванням (а — механічне вирівнювання, б — кінематичне)

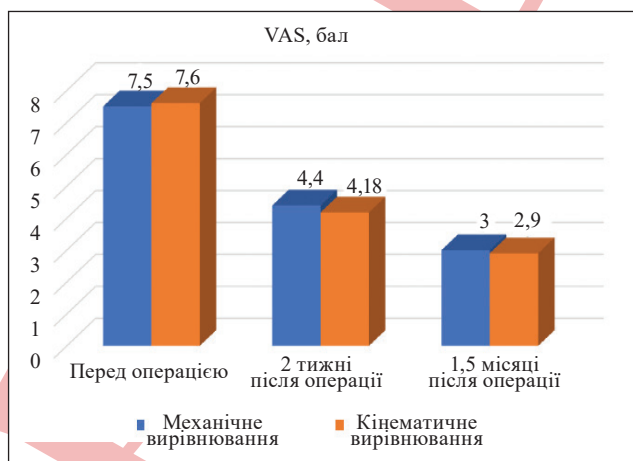


Рис. 2. Показники рівня больового синдрому за шкалою VAS в обох групах до та після оперативного лікування

Проте через 1,5 місяці від початку спостереження різниця між групами вже не досягала рівня статистичної значущості ($p > 0,05$).

Динаміка показників за шкалами VAS та WOMAC до та після виконаного оперативного втручання в пацієнтів двох груп подана на рис. 2, 3.

Аналізуючи клінічні дані виявили наступну динаміку покращення амплітуди рухів у колінному суглобі. У групі 1 середній показник ROM збільшився з $71,02^\circ \pm 7,02^\circ$ (доопераційне вимірювання) до $82,30^\circ \pm 5,18^\circ$ на 14-ту добу після операції, а через 1,5 місяці після втручання він досяг $95,34^\circ \pm 5,44^\circ$. Аналогічно, у групі 2 середній ROM перед операцією становив $69,14^\circ \pm 13,87^\circ$, із подальшим покращенням до $91,14^\circ \pm 5,46^\circ$ на 14-ту добу та до $99,20^\circ \pm 13,19^\circ$ через 1,5 місяці після операції.

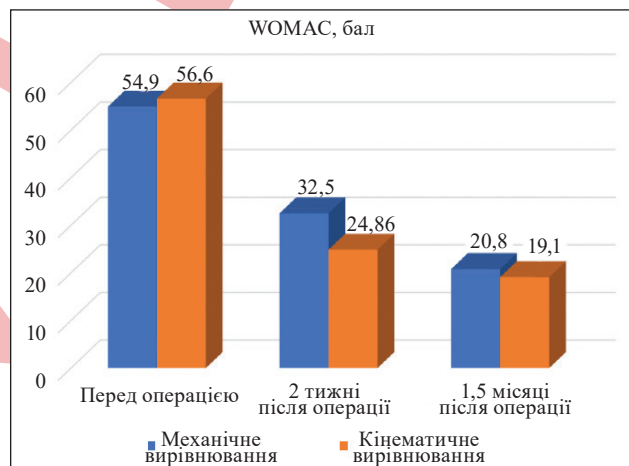


Рис. 3. Показники суб'єктивної оцінки стану колінного суглоба пацієнтом за шкалою Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index (WOMAC) в обох групах до та після оперативного лікування

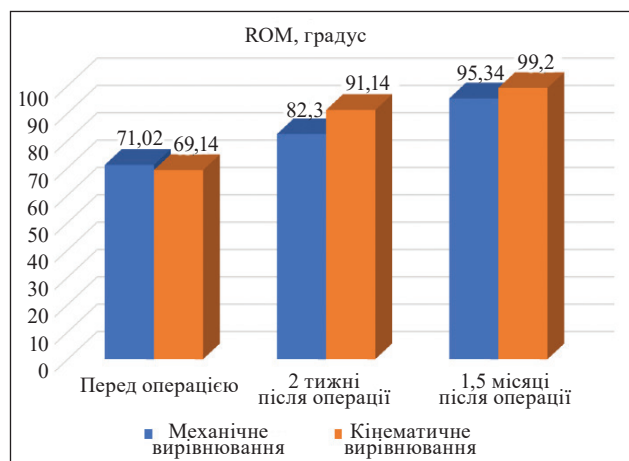


Рис. 4. Амплітуда рухів у колінному суглобі в обох групах до та після оперативного лікування

Таблиця 3

Відмінності середніх значень хірургічних показників механічного та кінематичного методів вирівнювання

Параметр	Механічне вирівнювання	Кінематичне вирівнювання	p
Тривалість оперативного втручання, хв	$57,4 \pm 11,8$	$55,7 \pm 12,5$	$p > 0,05$
Інтраопераційна крововтрата, мл	$119,6 \pm 18,9$	$122,2 \pm 15,9$	$p > 0,05$
Термін перебування в стаціонарі, днів	$7,0 \pm 1,9$	$6,0 \pm 1,7$	$p > 0,05$
Частота виконання м'якотканинних релізів, %	44	8	$p < 0,05$

На 14-ту добу після оперативного втручання в обох групах відзначалося достовірне збільшення максимальної амплітуди рухів у прооперованому суглобі ($p < 0,05$). Водночас через 1,5 місяці різниця між показниками ROM виявилася статистично незначущою ($p > 0,05$).

Динаміка збільшення амплітуди рухів у колінному суглобі до та після виконаного оперативного втручання у пацієнтів двох груп наведена на рис. 4.

Аналіз основних хірургічних параметрів, таких як тривалість операції і госпіталізації, обсяг інтраопераційної крововтрата, не виявив суттєвої різниці між групами. Водночас потреба у виконанні додаткових релізів зв'язкового апарата з метою вирівнювання згинально-розгинального проміжку була істотно вищою в групі механічного вирівнювання. Середня тривалість операції становила ($55,7 \pm 12,5$) хвилин у групі кінематичного вирівнювання та ($57,4 \pm 11,8$) у групі механічного ($p > 0,05$). Обсяг крововтрата був схожим: ($119,6 \pm 18,9$) мл для механічного та ($122,2 \pm 15,9$) для кінематичного вирівнювання ($p > 0,05$). Середній термін перебування у стаціонарі був дещо коротшим у групі кінематичного вирівнювання ($6,0 \pm 1,7$) днів порівняно з групою механічного ($7,0 \pm 1,9$) ($p > 0,05$), що, ймовірно, пов'язано з кращим функціональним відновленням та зниженням больового синдрому. Додаткові м'якотканинні релізи виконувалися в 8 % оперативних втручань у групі кінематичного вирівнювання і в 44 % випадків у групі механічного ($p < 0,05$) (табл. 3).

Обговорення

У ході дослідження обидві техніки позиціонування компонентів ендопротеза — як кінематична, так і механічна — продемонстрували рівноцінну точність під час встановлення компонентів та ефективність за основними хірургічними показниками. Зокрема, середній час операції, обсяг інтраопераційної крововтрата і тривалість госпіталізації не мали статистично значущих відмінностей між групами: ($57,4 \pm 11,8$) хв проти ($55,7 \pm 12,5$); ($119,6 \pm 18,9$) мл проти ($122,2 \pm 15,9$); ($7,0 \pm 1,9$) про-

ти ($6,0 \pm 1,7$) днів відповідно ($p > 0,05$) (табл. 2). Отримані результати узгоджуються з даними зарубіжних досліджень, у яких також не має суттєвих розбіжностей між цими техніками за вказаними параметрами [7, 17, 18].

Водночас ми виявили, що кінематичне вирівнювання потребувало значно меншої кількості додаткових м'якотканинних релізів — 8 порівняно з 44 % у групі механічного вирівнювання ($p < 0,05$). Цей результат відповідає теоретичним передумовам концепції кінематичного вирівнювання, відповідно до яких відновлення індивідуальної анатомічної осі суглоба мінімізує потребу у втручанні в зв'язковий апарат. Отримані дані також узгоджуються з результатами окремих рандомізованих досліджень і метааналізів, які повідомляють про зниження частоти релізів у разі застосування кінематичної техніки [19–21].

Рання функціональна динаміка засвідчила перевагу кінематичного методу: на 14-ту добу після операції приріст амплітуди згинання в цій групі становив 43 %, що перевищувало аналогічний показник у групі механічного вирівнювання (34 %; $p < 0,05$). Проте через 1,5 місяця після втручання статистично значущої різниці між групами вже не виявлялося. Подібна тенденція спостерігалася й щодо больового синдрому за шкалою VAS: на 14-й день інтенсивність болю в групі кінематичного вирівнювання була достовірно нижчою ($p < 0,05$), проте наприкінці періоду спостереження показники в обох групах вирівнювалися ($p > 0,05$).

Оцінка за опитувальником WOMAC засвідчила перевагу кінематичного вирівнювання на всіх етапах спостереження. Загальне покращення становило 37,5 бала проти 34,1 у групі механічного вирівнювання, а за компонентом «біль/дискомфорт» — 4,7 проти 4,5 бала відповідно ($p < 0,05$).

Висновки

Використання кінематичного вирівнювання технологічно зменшує потребу у виконанні додаткових м'якотканинних релізів, дозволяючи зберегти індивідуальну кінематику суглоба, що

сприяє зниженню больового синдрому та швидшому функціональному відновленню в перші два тижні після операції. Водночас через 1,5 місяці після втручання відмінності між групами стають статистично незначущими, що підкреслює доцільність подальших досліджень із тривалішим періодом спостереження для визначення довгострокових результатів і потенційних ускладнень.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Перспективи подальших досліджень. Вивчення ефективності кінематичного та механічного вирівнювання з аналізом клінічних результатів і можливих ускладнень протягом року після первинного ендопротезування колінного суглоба.

Інформація про фінансування. Стаття фінансована власним коштом.

Внесок авторів. Мороз М. Д. — написання статті, збір, аналіз і статистична обробка клінічного матеріалу; Козак Р. А. — участь у написанні статті, аналіз результатів дослідження, оформлення висновків; Костогриз О. А. — керівництво дослідженням, критичний перегляд і затвердження остаточного варіанта статті; Бондарь В. І. — виконання рентгенометрії, співставлення та порівняння клініко-рентгенологічних показників.

Список літератури

1. OECD (2023), "Hip and knee replacement", in Health at a Glance 2023: OECD Indicators, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/ela77af6-en>
2. Kahlenberg, C. A., Nwachukwu, B. U., McLawhorn, A. S., Cross, M. B., Cornell, C. N., & Padgett, D. E. (2018). Patient satisfaction after total knee replacement: A systematic review. *HSS Journal®: The musculoskeletal journal of hospital for special surgery*, 14(2), 192–201. <https://doi.org/10.1007/s11420-018-9614-8>
3. Bourne, R. B., Chesworth, B. M., Davis, A. M., Mahomed, N. N., & Charron, K. D. (2010). Patient satisfaction after total knee arthroplasty: Who is satisfied and who is not? *Clinical orthopaedics & related research*, 468(1), 57–63. <https://doi.org/10.1007/s11999-009-1119-9>
4. Matassi, F., Pettinari, F., Frasca, F., Innocenti, M., & Civinini, R. (2023). Coronal alignment in total knee arthroplasty: A review. *Journal of orthopaedics and traumatology*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s10195-023-00702-w>
5. Karasavvidis, T., Pagan Moldenhauer, C. A., Lustig, S., Vighorchik, J. M., & Hirschmann, M. T. (2023). Definitions and consequences of current alignment techniques and phenotypes in total knee arthroplasty (TKA) — there is no winner yet. *Journal of experimental orthopaedics*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40634-023-00697-7>
6. Tian, G., Wang, L., Liu, L., Zhang, Y., Zuo, L., & Li, J. (2022). Kinematic alignment versus mechanical alignment in total knee arthroplasty: An up-to-date meta-analysis. *Journal of orthopaedic surgery*, 30(3). <https://doi.org/10.1177/10225536221125952>
7. Liu, B., Feng, C., & Tu, C. (2022). Kinematic alignment versus mechanical alignment in primary total knee arthroplasty: An updated meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s13018-022-03097-2>
8. Blakeney, W., Clément, J., Desmeules, F., Hagemester, N., Rivière, C., & Venditoli, P. (2018). Kinematic alignment in total knee arthroplasty better reproduces normal gait than mechanical alignment. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 27(5), 1410–1417. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5174-1>
9. Maderbacher, G., Keshmiri, A., Krieg, B., Greimel, F., Grifka, J., & Baier, C. (2018). Kinematic component alignment in total knee arthroplasty leads to better restoration of natural tibiofemoral kinematics compared to mechanic alignment. *Knee Surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 27(5), 1427–1433. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5105-1>
10. Luo, Z., Zhou, K., Peng, L., Shang, Q., Pei, F., & Zhou, Z. (2019). Similar results with kinematic and mechanical alignment applied in total knee arthroplasty. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 28(6), 1720–1735. <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05584-2>
11. Konan, S., Howell, S., & Oussedik, S. (2015). Alignment targets in total knee arthroplasty. *Total knee arthroplasty. Springer, cham*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-17554-6_13
12. Rivière, C., Harman, C., Boughton, O., & Cobb, J. (2020). The kinematic alignment technique for total knee arthroplasty. *Personalized hip and knee joint replacement*, 175–195. https://doi.org/10.1007/978-3-030-24243-5_16
13. Callies, T., Ettinger, M., & Windhagen, H. (2022). Kinematic alignment in total knee arthroplasty. *Basics in primary knee arthroplasty*, 323–341. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58178-7_29
14. Kianian, S., Bansal, J., Lee, C., Zhang, K., & Bergese, S. D. (2024). Perioperative multimodal analgesia: A review of efficacy and safety of the treatment options. *Anesthesiology and perioperative science*, 2(1). <https://doi.org/10.1007/s44254-023-00043-1>
15. Paley, D. (2002). Normal lower limb alignment and joint orientation. *Principles of deformity correction*, 1–18. https://doi.org/10.1007/978-3-642-59373-4_1
16. Mulpur, P., Hippalgaonkar, K., & Gurava Reddy, A. V. (2022). Radiological assessment of total knee arthroplasty. *Knee arthroplasty*, 93–111. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8591-0_9
17. Luo, Z., Zhou, K., Peng, L., Shang, Q., Pei, F., & Zhou, Z. (2020). Similar results with kinematic and mechanical alignment applied in total knee arthroplasty. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 28(6), 1720–1735. <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05584-2>
18. Sappey-Marini, E., Pauvert, A., Batailler, C., Swan, J., Cheze, L., Servien, E., & Lustig, S. (2020). Kinematic versus mechanical alignment for primary total knee arthroplasty with minimum 2 years follow-up: A systematic review. *SICOT-J*, 6, 18. <https://doi.org/10.1051/sicotj/2020014>
19. Laende, E. K., Richardson, C. G., & Dunbar, M. J. (2019). A randomized controlled trial of tibial component migration with kinematic alignment using patient-specific instrumentation versus mechanical alignment using computer-assisted surgery in total knee arthroplasty. *The bone & joint journal*, 101-B(8), 929–940. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.101b8.bjj-2018-0755.r3>
20. McEwen, P. J., Dlska, C. E., Jovanovic, I. A., Doma, K., & Brandon, B. J. (2020). Computer-assisted kinematic and mechanical Axis total knee arthroplasty: A prospective randomized controlled trial of bilateral simultaneous surgery. *The journal of arthroplasty*, 35(2), 443–450. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2019.08.064>
21. MacDessi, S. J., Griffiths-Jones, W., Chen, D. B., Griffiths-Jones, S., Wood, J. A., Diwan, A. D., & Harris, I. A. (2020). Restoring the constitutional alignment with a restrictive kinematic protocol improves quantitative soft-tissue balance in total knee arthroplasty: A randomized controlled trial. *The bone & joint journal*, 102-B(1), 117–124. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.102b1.bjj-2019-0674.r2>

Стаття надійшла до редакції 20.05.2025	Отримано після рецензування 15.07.2025	Прийнято до друку 30.07.2025
---	---	---------------------------------

EVALUATION OF THE EFFICACY OF KINEMATIC AND MECHANICAL ALIGNMENT IN PRIMARY TOTAL KNEE ARTHROPLASTY DURING THE EARLY POSTOPERATIVE PERIOD

M. D. Moroz ¹, R. A. Kozak ¹, O. A. Kostogryz ¹, V. I. Bondar ²

¹ SI «Institute of Traumatology and Orthopedics of the NAMS of Ukraine», Kyiv

² Diagnostic Center «M24», Kyiv, Ukraine

✉ Mykola Moroz: moroznd@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0003-4134-1322>

✉ Roman Kozak: ra.kozak@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5132-027X>

✉ Oleh Kostogryz, MD, DMSci: arztkostogryz@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-9533-9247>

✉ Volodymyr Bondar: bondar_cooper@ukr.net; <https://orcid.org/0009-0001-1695-0778>