

УДК 616.718.4-007.24:616.72-001.5]-08](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872023167-79>

Сучасна тактика лікування післятравматичної позасуглобової деформації стегнової кістки

К. К. Романенко^{1,2}, Я. А. Долуда¹

¹ ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків

² Харківський Національний медичний університет. Україна

The issue of adequate treatment of post-traumatic deformities of long bones has become more urgent due to the large number of injured as a result of combat trauma and the presence of residual displacement of fragments after primary care providing. Objective. On the basis of literature analysis and own clinical experience, present methods of treatment of post-traumatic extra-articular deformity of the distal part of the femur (DF). Methods. The available professional literature, publications in electronic systems Google Scholar, PubMed, ScienceDirect were analyzed. The results of treatment of 38 patients with post-traumatic extra-articular deformities of the DF, in which the fracture line was extended to the area of the joint at the time of the primary injury, were studied. To plan the surgical treatment, the author's 3D-printing technology was used in 12 patients with the most complex cases. A clinical example is given. Results. Key moments of patient examination, principles of correction and approaches to its planning in case of DF multiplanar deformities are defined. The results of 3D-visualization and 3D-printing of the damaged segment during the examination and planning of deformity correction were evaluated. All patients to whom the 3D-modeling technique was applied were operated on, considering the individual characteristics of the deformity. After each stage of surgical treatment, a course of individual rehabilitation treatment was carried out. Positive dynamics of functional results were obtained within 12 months according to SF-36 and AOFAS scales. Conclusions. The use of 3D-modeling during the planning of corrective surgery allows the surgeon to increase the accuracy of the correction and significantly reduce the time of the operation. Well-known and improved methods with individually selected rehabilitation, used for the treatment of post-traumatic extra-articular deformities of the distal femur contribute to faster recovery, avoiding potential complications and achieving positive functional outcome in such patients. Key words. Post-traumatic extra-articular deformity, femur, surgical treatment, 3D-modeling, 3D-printing.

Питання адекватного лікування післятравматичних деформацій довгих кісток набуло більшої актуальності через велику кількість поранених в результаті бойової травми і наявність залишкового зміщення відламків після надання первинної допомоги. Мета. На підставі аналізу літератури та власного клінічного досвіду показати сучасні методики лікування післятравматичної позасуглобової деформації дистального відділу стегнової кістки (СК). Методи. Проаналізовано доступну фахову літературу, публікації в електронних системах Google Scholar, PubMed, ScienceDirect. Вивчено результати лікування 38 пацієнтів із післятравматичними позасуглобовими деформаціями СК, в яких на час первинної травми лінія перелому була поширена на ділянку суглоба. Для планування хірургічного лікування авторську технологію 3D-принту використано у 12 пацієнтів із найскладнішими випадками. Наведено клінічний приклад. Результати. Визначено ключові моменти обстеження пацієнтів, принципи корекції та підходи до її планування в разі деформації СК в різних площинах. Оцінено результати застосування під час обстеження та планування корекції деформації 3D-візуалізації та 3D-друку ушкодженого сегмента. Усіх пацієнтів, яким застосовано методику 3D-моделювання, прооперовано з урахуванням індивідуальних особливостей деформації. Після кожного етапу хірургічного лікування проведений курс індивідуального реабілітаційного лікування. Отримано позитивну динаміку функціональних результатів протягом 12 міс. згідно з результатами обстеження за шкалами SF-36 та AOFAS. Висновки. Використання 3D-моделювання під час планування коригувального хірургічного втручання надає можливість хірургу підвищити точність корекції та значно скоротити час виконання операції. Відомі й удосконалені нами методики з індивідуально підбраною реабілітацією, застосовувані для лікування післятравматичної позасуглобової деформації стегнової кістки сприяють швидшому відновленню, уникненню потенційних ускладнень і досягненню гарних функціональних результатів таких хворих. Ключові слова: післятравматична позасуглобова деформація, стегнова кістка, хірургічне лікування, 3D-моделювання, 3D-друк.

Ключові слова. Післятравматична позасуглобова деформація, стегнова кістка

Вступ

Переломи дистального відділу стегнової кістки (ДВСК) — це периферичні переломи в межах 15 см стегнової кістки [1, 2]. За літературними джерелами, переломи довгих кісток кінцівок є найчастішими ушкодженнями та складають від 33 до 70 % [3, 4] від загальної кількості усіх травм скелета, а в постраждалих із політравмою частка переломів довгих кісток дорівнює 75–90 % [5]. Ушкодження ДВСК становлять 3–6 % усіх переломів стегнової кістки [2, 6–9]. Переломи цієї локалізації, які зрослися з деформацією, так звані «неправильні зрощення», є загалом досить рідкісним явищем [10]. Ризики формування деформації в процесі лікування залежать від характеру перелому (позасуглобовий, частково суглобовий або повністю суглобовий) та рівня фрагментації або втрати кісткової тканини. Загально прийняті критерії «неправильних зрощень» ДВСК включають деформації в корональній і сагітальній площинах і невідповідність довжини кінцівок, а також внутрішньосуглобову та багатоплощинну деформації [10]. Клінічна симптоматика починається за деформації в корональній площині понад 5°, сагітальній — 10°, ротаційній — 10°–15° та вкорочення кінцівки понад 2 см [11–15].

Під час вивчення деформації інформативним є аналіз викривлення за допомогою 3D-моделювання на підставі результатів КТ-досліджень. Сучасні діагностичні передопераційні технології дають можливість не лише порівняти деформовану та неушкоджену кінцівку, а й накласти два зображення одне на одне і в такий спосіб установити вершину деформації та її істинний вигляд, обрати місце остеотомії, спланувати фіксацію відламків [16, 17].

На сьогодні питання адекватного лікування післятравматичних позасуглобових деформацій набуло ще більшої актуальності через велику кількість поранених і наявність залишкового зміщення відламків після надання первинної допомоги. Існує відносна нестача інформації щодо «неправильного зрощення» ДВСК порівняно з рештою стегнової кістки та нижньої кінцівки. Доступна література стосовно переломів ДВСК, здебільшого, зосереджена на невідкладному лікуванні, протезуванні та лікуванні незрощень [1].

Мета: на підставі аналізу літератури та власного клінічного досвіду показати сучасні методи лікування післятравматичної позасуглобової деформації дистального відділу стегнової кістки.

Матеріал і методи

Проаналізовано доступну фахову літературу, а також застосовано пошук публікацій в електронних системах Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, архівах спеціалізованих журналів щодо сучасних тактик лікування післятравматичної позасуглобової деформації стегнової кістки.

Для клінічного аналізу відібрано 38 пацієнтів із різноманітними післятравматичними позасуглобовими деформаціями стегна, в яких під час первинної травми лінія перелому була поширена на ділянку суглоба. Усі вони отримали медичну допомогу у відділі травматології опорно-рухової системи ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України». Для планування корекції деформації виконано комп'ютерну томографію (КТ), проведено обстеження за розробленими нами методиками [11]. Антеверсійну КТ обох нижніх кінцівок використовували для вимірювання ротаційного зміщення [18]. Під час обстеження пацієнтів здійснювали стандартні передньо-задні та бічні рентгенівські знімки стегнової кістки, стегна та коліна. Ступінь артрозу колінного суглоба вимірювали за Келлгреном-Лоуренсом [19]. Для кількісного оцінювання деформації та об'єктивного вимірювання невідповідності довжини нижніх кінцівок виконували двосторонню передньо-задню рентгенографію нижніх кінцівок на всю довжину стоячи з наколінком, спрямованим уперед [20, 21]. Анатомічний задній дистальний стегновий кут (aPDFA за Paley) вимірювали на бічному рентгенівському знімку стегнової кістки, оцінюючи ступінь деформації в сагітальній площині (середнє нормативне значення 83°) за співвідношенням лінії сагітального дистального стегнового суглоба до довгої осі стегнової кістки [21]. Центр поворотного кута отримували рентгенографічно для передопераційного планування за допомогою звичайної рентгенограми, де обчислювали перетин проксимальної та дистальної механічних осей [17, 20]. Проведено клініко-біомеханічне дослідження відновлення функції ушкодженого суглоба кінцівки. Вивчено історії хвороби пацієнтів із післятравматичними деформаціями стегна, яким для планування проведено КТ-дослідження та яких обстежено за розробленими нами методиками [11].

Розрахунок 3D-моделей проводили переважно віртуально за допомогою стандартних комп'ютерних програм із 3D-реконструкцією, але технологію 3D-друку використано 12 пацієнтам

із найбільш складними випадками післятравматичних деформацій нижніх кінцівок. Здійснено передопераційне планування зі застосуванням моделей ушкодженого та контралатерального сегмента, виготовлених методом 3D-друку в масштабі 1 : 1 [16, 17].

Вид первинної травми оцінювали за класифікацією АО/ОТА [22]. Аналіз динаміки клінічних даних під час лікування проводили за SF-36 та AOFAS [23].

Матеріали дослідження розглянуто та схвалено локальним комітетом із біоетики при ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України» (протокол № 222 від 20.12.2021).

Результати та їх обговорення

Аналіз джерел наукової інформації

За результатами клінічного дослідження, проведеного М. К. Zehntner і співавт. [24], симптоматичні ускладнення переломів стегнової кістки під час лікування виникали за варусної/вальгусної деформації понад 5° у 26 % випадків, прокурвації чи рекурвації понад 5° — 22 %, ротаційної деформації більше ніж 5° — 19 %. Ротаційні деформації діафіза стегнової кістки (включаючи дистальну її третину), які перевищували 15°, зафіксовані у 20–30 % пацієнтів після лікування інтрамедулярним стрижнем [25, 26]. За малоінвазивного накісткового остеосинтезу переломів ДВСК частота ротаційних зрощень понад 10° досягала 35–43 % [14, 18, 27]. Варусний колапс більше ніж 5° спостерігали в 42 % пацієнтів, яким встановлювали лише опорну пластину латерального виростка [28]. Артрозні ускладнення колінного суглоба після внутрішньосуглобових дистальних переломів стегнової кістки становили 23–36 % [29–31]. Проте, окрім внутрішньосуглобової деформації, серед причин таких високих показників ускладнень названі: механічне ушкодження під час травматичної події, загибель і дисфункція хондроцитів, а також запальна клітинно-опосередкована відповідь [29, 31]. Переломи ДВСК є відносно поширеною травмою, котра супроводжується численними потенційними ускладненнями. М. Zlowodzki і співавт. [32] проаналізували 1 670 переломів ДВСК і визначили частоту вторинних хірургічних утручань з усіх причин на рівні 16,8 %, включаючи 6 % незрощень, при цьому післятравматичні деформації стегнової кістки окремо не виділяли.

Післятравматична деформація ДВСК призводить не лише до дисфункції нижньої кінцівки пацієнта, а й до косметично-естетичних проблем.

Усі типи деформації стегнової кістки можуть спричинювати зміни біомеханіки колінного суглоба або контактного тиску та призвести до розвитку післятравматичного артрозу. Пацієнти зазвичай помічають ротаційні деформації в 15° або більше, які пов'язані з ушкодженням суглобового хряща, спотворенням біомеханіки колінного суглоба та загальним зниженням функції [12, 14]. Ротаційне неправильне положення стегнової кістки також ускладнює підйом сходами, біг чи спорт [12].

Аналіз деформації будь-якого ступеня за допомогою 3D-моделювання показав, що зміщення опорної осі назад за умов надвиросткової ротації більше ніж 30°–45° призводить до хибного розташування у фронтальній площині орієнтації колінного суглоба [33]. Крім того, наколінково-стегновий контактний тиск зростає нелінійно зі збільшенням ротаційних деформацій понад 20° [34]. У разі деформації в корональній площині варусне або вальгусне викривлення ДВСК призводить до збільшення контактних сил у медіальному або латеральному відділах коліна, відповідно, може спричинити прогресування змін у суглобовому хрящі та передчасний остеоартроз [17, 21, 35]. Деформація в сагітальній площині призводить до *genu curvatum* або *genu procurvatum*, що спричинює біль, втрату згинання/розгинання коліна, відчуття нестабільності та м'язової слабкості [11, 17, 36]. Крім того, дистальний вигин стегнової кістки може призвести до кульгавості внаслідок обмеження фази хитання ходьби, тоді як деформація рекурсу може спричинити задній поштовх і хворобливу ходьбу [37]. Симптоматичні розбіжності в довжині ніг більше ніж 2 см пов'язані зі слабкістю чотириголового м'яза, асиметрією ходи, відчуттям дисбалансу та болем у попереку [11, 38]. Нарешті, внутрішньосуглобові деформації можуть потенційно призвести до прямого механічного руйнування залученої суглобової поверхні та сприяти зазначеним 23–36 % частоти післятравматичних артрозів після внутрішньосуглобових дистальних переломів стегнової кістки [29, 30, 39].

Серед профілактичних першочергових заходів для запобігання формуванню деформації стегнової кістки є своєчасне зрощення перелому та відновлення довжини й осі кінцівки, усунення ротаційного зміщення. Ротаційні деформації є поширеним типом після лікування переломів стегнової кістки. Розроблено методи оцінювання інтраопераційного та післяопераційного ротаційного профілю. Багато з них ґрунтуються на порівнянні

з інтактною контралатеральною стегною кісткою [16, 40]. Профілактика деформації в корональній площині можлива за допомогою вірного відновлення механічної осі [41]. У стандартних випадках це лінія, яка проходить посередині великогомілкової осі повністю розігнутого коліна, а вальгусний кут 5° – 7° відповідає середній різниці між анатомічною інтрамедулярною віссю стегнової кістки та механічною віссю нижньої кінцівки [42]. Профілактика деформації в сагітальній площині є найважчою. Рекурваційне викривлення дистального виросткового сегмента відбувається за рахунок деформуючої сили литкового м'яза, яку необхідно компенсувати [43]. Ризик невідповідності довжини ноги через укорочення або, рідше, подовження стегнової кістки можна зменшити за допомогою одного з двох методів, якщо пряме вправлення перелому неможливо досягти для порівняння, яке часто буває за багатоуламкових переломів. Порівняння довжини кінцівки на основі пальпації рівня колінних чашечок, п'яткових подушечок або медіальних кісточок може забезпечити приблизну оцінку симетричної довжини кінцівки. Це залежить від симетричного розташування головок стегнової кістки відносно осі операційного столу і може бути виконано з контралатеральною кінцівкою. Об'єктивне використання інтраопераційної рентгеноконтрастної лінійки для вимірювання контралатеральної та іпсилатеральної стегнової кістки в проксимальній і дистальній контрольних точках (тобто від великого вертлюга до медіального виростка стегнової кістки, дистальної поверхні суглоба) забезпечує найточніше відтворення симетричної довжини стегнової кістки.

Найважливішим інструментом під час оцінювання та діагностики дистальних деформацій стегнової кістки може бути детальний анамнез. Його слід починати з питань щодо початкового стану здоров'я, статусу куріння, уживання наркотичних препаратів, супутніх захворювань, статусу житла, рівня фізичної активності до травми, професії та хобі. Це допоможе краще оцінити очікування пацієнтів щодо результатів і зрозуміти напрямок подальших обговорень стосовно управління реалістичними очікуваннями. Під час первинної консультації з приводу деформації необхідно встановити механізм травми та детально обговорити процес лікування. На часовій шкалі слід висвітлити терміни операції, час до досягнення повного навантаження нижньої кінцівки, початкову ідентифікацію грубої деформації або симптомів, пов'язаних із неправильним

зрощенням, а також час і тривалість реабілітації. Будь-яке довготривале загоєння рани, відкритий перелом, дренаж, післяопераційна терапія пероральними антибіотиками або додаткові операції, процедури чи лікування післяопераційного доступу необхідно зафіксувати та повідомити пацієнту потенційний ризик порушення зрощення перелому.

Після ретельного збору анамнезу фізикальне обстеження слід починати з огляду загального зовнішнього вигляду пацієнта, гігієни та стану тіла. Необхідно провести повну перевірку ходьби й одночасно оцінити нижні кінцівки в положенні лежачи та стоячи, відзначити розташування та зовнішній вигляд розрізів або ран. Грубі деформації можуть бути очевидними, але пацієнт може вказати на тонші симптоми деформації. Необхідно звернути увагу на положення стоп по відношенню одна до одної як лежачи, так і стоячи. Атрофія чотириголового м'яза може бути очевидною, але вимірювання окружності стегна в заданій контрольній точці (на 10 см вище за верхній полюс наколінка) забезпечить об'єктивніші показники. Ротаційні деформації можна додатково обстежити, проаналізувавши внутрішню та зовнішню ротації стегна сидячи. Перевірка кута виступу вертлюга — це надійний метод об'єктивного вимірювання двосторонньої антеверсії стегнової кістки та будь-яких ротаційних аномалій [11, 17, 44]. Вона виконується в положенні пацієнта лежачи на животі шляхом пальпації великого вертлюга зі згинутим до 90° колінним суглобом.

Довжину ноги можна виміряти в положенні лежачи на спині на оглядовому столі, порівнюючи положення п'яткових подушечок і медіальної кісточки під час повного розгинання коліна та порівняльної пальпації колінної чашечки за рівного згинання коліна на 90° . Слід звернути увагу на будь-яку контрактуру іпсилатерального згинання колінного суглоба або сагітальну деформацію, оскільки це може посилити сприйману нерівність кінцівок [45].

Ізольовані ротаційні деформації усувають за допомогою різних методик. Під час планування корекції цього типу деформації визначають ступінь аксіальної деротації за допомогою КТ або антеверсійної КТ обох нижніх кінцівок. Фіксація деротаційної остеотомії стегнової кістки може бути виконана за допомогою інтрамедулярного стрижня, дистальної фіксувальної пластини стегнової кістки або апарата зовнішньої фіксації залежно від прохідності каналу, рівня остеотомії, наявного обладнання та якості кістки [46–48].

Місце для деротаційної остеотомії можна вибрати відповідно до вподобань хірурга та придатності м'яких тканин без остаточної переваги однієї з технік. Це здійснюють через надвиросткову зону метафіза кістки або метадіафізарного з'єднання, або через місце попереднього перелому [46–48]. За допомогою післяопераційної КТ виявлено менше ніж 4° залишкової деформації в усіх пацієнтів. Середній час до консолідації становив 10–12 міс. [48].

Кінцевою метою корекції деформації корональної площини є відновлення механічної осі нижньої кінцівки до нормативного значення [39]. Ступінь корекції визначається необхідністю для відновлення центра механічної осі до центра колінного суглоба [42]. Визначають за допомогою математичного моделювання, яке дає змогу повніше оцінити деформацію і стан суглобів, тобто провести адекватне планування лікування. Додаткові можливості для планування надає візуалізація ушкодженого сегмента за допомогою об'ємної моделі в реальному розмірі, виготовленої методом 3D-друку в масштабі 1 : 1 [49, 50]. Варіанти корекції корональної площини включають: медіальну клиноподібну остеотомію чи бічну з закриваючим клином (варусна деформація); медіальну остеотомію з закриваючим клином чи бічну з відкриваючим (вальгусна деформація); куполоподібну остеотомію, косу в сагітальній площині, подвійну косу та кісткову пластику за методом Ілізарова з поступовою корекцією [20, 51, 52]. Плюси та мінуси відкритої та закритої клиноподібної остеотомії добре описані та часто екстрапольовані з нативних деформацій колінного суглоба або літератури про високу остеотомію великогомілкової кістки [20, 53–56]. Важливо враховувати, що закриваюча клиноподібна остеотомія забезпечує кращий контакт кістки для стабільності та зрощення [56], але ціною потенційного вкорочення стегнової кістки [52]. Надвиросткова купольна та коса сагітальна остеотомії стегнової кістки мають потенціал для покращення кісткового контакту без істотної зміни довжини кінцівки, хоча їхнього задокументованого використання за деформаціях ДВСК бракує [20, 52, 54, 55]. За природних варусних або вальгусних деформацій ДВСК, які призводять до іпсилатерального остеоартрозу колінного суглоба, рекомендують виконувати корекцію в корональній площині [56]. Незважаючи на те, що параліч малогомілкового нерва є рідкісним, але серйозним ускладненням, він може бути пов'язаний з корекцією важкої вальгусної деформації. Тому слід розглядати

одночасну профілактичну декомпресію малогомілкового нерва в пацієнтів із тяжкими хронічними вальгусними деформаціями [57, 58].

Багато з наведених принципів щодо корекції в корональній площині застосовують у разі деформацій у сагітальній (*procurvatum/recurvatum*). До хірургічного втручання слід визначити ступень деформації та кількісно оцінити необхідну корекцію, а її аналіз здійснити під час операції.

Власний досвід використання 3D-візуалізації та 3D-друку

Загально відоме латинське прислів'я «Qui bene diagnostic bene curat» українською звучить як «Хто гарно діагностує — гарно лікує». Це повністю актуально для післятравматичних деформацій довгих кісток. Підкреслюючи необхідність системного підходу до лікування пацієнтів із такою патологією, важливо пам'ятати про необхідність детального аналізу деформованого сегмента, чому може сприяти використання різноманітних сучасних технологій, наприклад, 3D-ініціалізації. Зокрема, оцінено результати застосування розробленої сучасної тактики лікування післятравматичної позасуглобової деформації стегнової кістки. Для 3D-друку її ушкодженого сегмента віртуально накладали його зображення на відбиток контралатерального, розвернутого на 180° , із наступним аналізом сумарного зображення. Встановлено, що така методика надає додаткову інформацію, яка полегшує планування хірургічного втручання [16]. Навіть проведення адекватного рентгенологічного дослідження та КТ з обчисленням кутів деформації в різних площинах інколи може не дати всієї необхідної інформації (рис. 1).

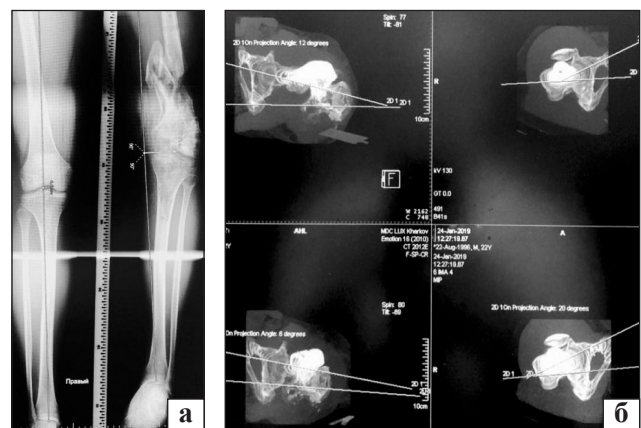


Рис. 1. Рентгенограми і КТ-скани хворого С. після обчислення кутів деформації у прямій (а) та аксіальній (б) проєкціях

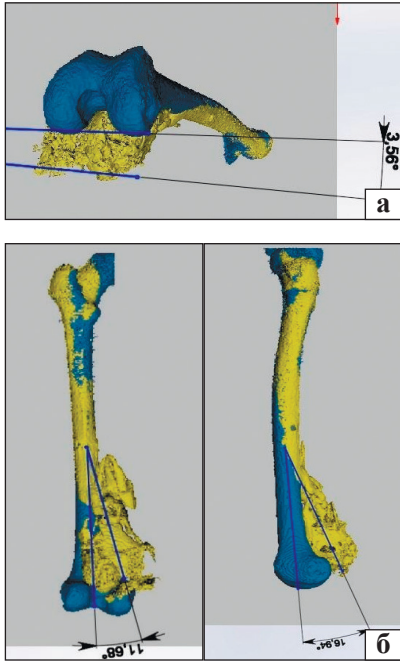


Рис. 2. КТ-скани хворого С. після накладання віртуальних 3D-моделей ушкодженого сегмента на контралатеральний та обчислення відповідних кутів деформації в аксіальній (а), прямій (б) та боковій (в) проєкціях

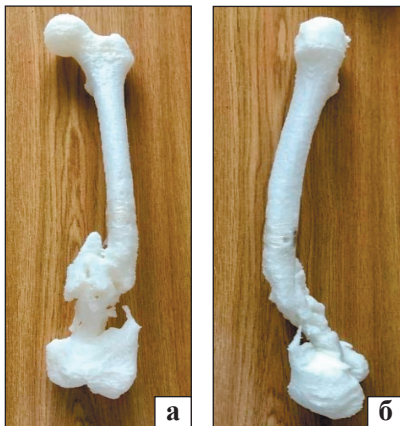


Рис. 3. Загальний вигляд роздрукованої моделі ушкодженого сегмента хворого С. спереду (а) і збоку (б)

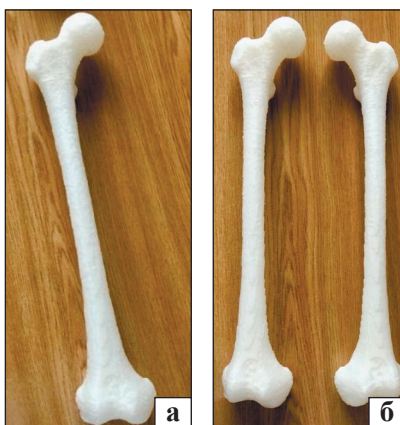


Рис. 4. Загальний вигляд роздрукованої моделі контралатерального сегмента хворого С. до обертання на 180° (а) та після нього (б)

Обчислення кутів деформації в різних площинах частково можна отримати за порівняння ушкодженого та контралатерального сегментів, використовуючи методику накладання їх віртуальних 3D-моделей одна на одну (рис. 2).

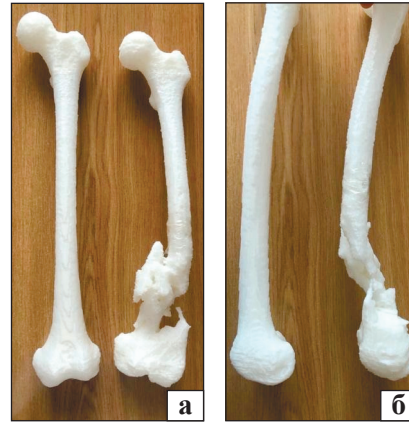


Рис. 5. Порівняння обох сегментів хворого С. Загальний вигляд роздрукованої на 3D-принтері моделі ушкодженого сегмента та моделі контралатерального сегмента: вигляд спереду (а) і збоку (б)

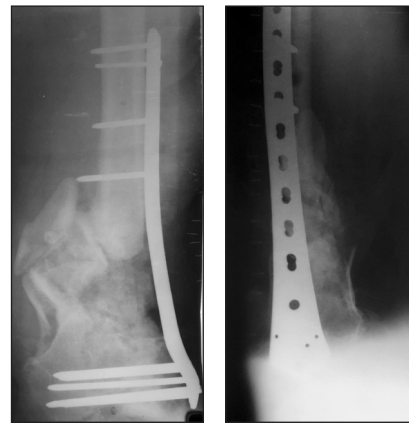


Рис. 6. Рентгенограми хворого С. на етапі лікування (кісткова пластика)



Рис. 7. Рентгенограми хворого С. на етапі лікування (ревізія, дебридмент, спейсер)

Ще більше інформації можна отримати за використання 3D-друку (друк у масштабі 1 : 1) ушкодженого (рис. 3) та контралатерального (рис. 4, а) сегментів із ротацією останнього на 180° відносно поздовжньої осі (рис. 4, б).

Наявність роздрукованої на 3D-принтері моделі ушкодженого сегмента також дає змогу імітувати хірургічне втручання й оцінити його ймовірний результат (рис. 5).

Усіх пацієнтів, в лікуванні яких на етапі передопераційного планування виконано КТ-дослідження зі запропонованою методикою 3D-моделювання,

у подальшому прооперовано з урахуванням індивідуальних особливостей деформації. Після кожного етапу хірургічного лікування проведений курс індивідуального реабілітаційного лікування з урахуванням м'язового дисбалансу кінцівок і попереку, що дало змогу отримати позитивну динаміку функціональних результатів прооперованих протягом 12 міс. згідно з даними обстеження за шкалами SF-36 та AOFAS.

Таблиця 1

Результати, відмічені пацієнтом до хірургічного лікування (за SF-36)

№ запитання	Бал	Розрахунковий бал за SF-36
1'	3	3,4
2	3	2
3	А	1
	Б	1
	В	1
	Г	2
	Д	2
	Е	1
	Ж	2
	З	2
	И	2
4	А	2
	Б	2
	В	1
	Г	2
5	А	1
	Б	1
	В	2
6'	2	4
7'	3	4,2
8'	3	4
9	А'	2
	Б	3
	В	4
	Г'	3
	Д'	3
	Е	3
	Ж	5
	З'	4
И	5	
10	3	3
11	А	5
	Б'	1
	В	5
	Г'	2

Клінічний приклад

Пацієнт С. 22 роки надійшов 04.01.2019 із діагнозом: осколковий перелом нижньої третини лівої стегнової кістки, який зрісся зі залишковою деформацією (*varus* 15°, *antecurvatio* 23°, внутрішня ротація 14°), стан після неодноразових оперативних утручань із приводу ран лівого стегна, змішана, згинально-розгинальна контрактура лівого колінного суглоба, еквіно-аддукто-половарусна деформація лівої стопи, нейропатія маломілкового нерва, укорочення лівої нижньої кінцівки на 3,5 см, порушення функції опори та ходьби. Травма отримана внаслідок здавлювання вантажним контейнером у порту м. Одеса (рис. 1).

Професія пацієнта не пов'язана з надмірним фізичним навантаженням. Для оцінювання показників життя пацієнта до операції застосовано шкалу SF-36, результати наведено в табл. 1.

Унаслідок спостереження ми отримали оцінки показників життя пацієнта, які подано в табл. 2.

Пацієнту проведено комплексне лікування, спрямоване на загоєння дефектів шкіри — перев'язки, перемонтаж АЗФ, пластика дефекту вільним шкірним клаптом. Подальше лікування проводили з використанням розробленої методики 3D-моделювання. Після ретельного передопераційного планування виконано хірургічне втручання — ревізія зони деформації, остеотомія, вирівнювання осі стегнової кістки, фіксація за допомогою DFP (Synthes), кісткова авто-/алопластика (рис. 6).

Таблиця 2

Результати показників життя пацієнта (за SF-36)

Показник	Підрахунок	Нормалізована шкала
Фізичне функціонування (PF)	$\frac{((1 + 1 + 1 + 2 + 2 + 1 + 2 + 2 + 2 + 3) - 10)}{20} \cdot 100 = 35$	35
Рольове фізичне функціонування (RP)	$\frac{((2 + 2 + 1 + 2 - 4)/4)}{4} \cdot 100 = 75$	75
Біль (BP)	$\frac{((4,2 + 4 - 2)/10)}{10} \cdot 100 = 62$	62
Загальне здоров'я (GH)	$\frac{((3,4 + 5 + 5 + 5 + 5 - 5)/20)}{20} \cdot 100 = 92$	92
Життєва активність (VT)	$\frac{((5 + 3 + 5 + 5 - 4)/20)}{20} \cdot 100 = 70$	70
Соціальне функціонування (SF)	$\frac{((4 + 3 - 2)/8)}{8} \cdot 100 = 62,5$	62,5
Рольове емоційне функціонування (RE)	$\frac{((1 + 1 + 2 - 3)/3)}{3} \cdot 100 = 33,3$	33,3
Психічне здоров'я (MH)	$\frac{((3 + 4 + 4 + 3 + 3 - 5)/25)}{25} \cdot 100 = 68$	48

Також усунуто варусний компонент деформації (у коронарній площині), антекурвацію (прокурвація у сагітальній площині) та ротаційне зміщення.

Раннє гнійне ускладнення в період до 4 тижнів обумовило виконання хірургічного втручання: ревізія, дебридмент, встановлення спейсеру з антибіотиками (Coral G + Vx2) (рис. 7).

Таблиця 3

Результати, відмічені пацієнтом, через 5 міс. після хірургічного лікування (за SF-36)

№ запитання	Бал, зазначений пацієнтом	Розрахунковий бал за SF-36
1'	2	4,4
2	1	2
3	А	1
	Б	2
	В	2
	Г	2
	Д	2
	Е	2
	Ж	2
	З	3
	И	3
4	А	1
	Б	2
	В	1
	Г	2
5	А	2
	Б	1
	В	2
6'	2	4
7'	1	6
8'	2	4
9	А'	2
	Б	4
	В	5
	Г'	2
	Д'	3
	Е	5
	Ж	5
	З'	2
И	5	
10	3	3
11	А	5
	Б'	1
	В	5
	Г'	2

Через 5 міс. після ревізійного втручання клінічних і лабораторних ознак інфекції не виявлено. Проте нейропатія клінічно проявляла себе як важка мотосенсорна дистальна нейропатія *n. peroneal* та *n. suralis*, помірна дистальна нейропатія *n. tibialis*. Виявлено сформовану еквінусу установку стопи. Це потребувало подальшого лікування (рис. 8).

На момент контрольного огляду (через 5 міс. після операції) пацієнт ходив з опорою на палицю. Відчував невпевненість під час ходьби на довгі дистанції (понад 500 м). Отримував функціональну реабілітацію колінного суглоба. Результати через 5 міс. після операції подано в табл. 3.

Оцінка показників життя пацієнта через 5 міс. після операції наведена в табл. 4.

Після проведеного дослідження виконано черговий етап хірургічного лікування — видалено кістковий цемент із дистального відділу лівої стегнової кістки, проведено декортикацію, кісткову автопластику трансплантатом із правої маломілкової кістки контралатеральної кінцівки (рис. 9), а через 2 міс. здійснено ахілотомію (із подовженням на 10 см) та потрійний артродез лівої стопи (рис. 10).

Під час планового огляду проведений контроль формування кісткового регенерату стегнової кістки, функцію двохопального стояння та колінного суглоба (рис. 10).

Таблиця 4

Результати показників життя пацієнта через 5 міс. після операції (за SF-36)

Показник	Підрахунок	Нормалізована шкала
Фізичне функціонування (PF)	$((1 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 3 + 3 + 3 - 10)/20) \cdot 100 = 60$	60
Рольове фізичне функціонування (RP)	$((1 + 2 + 1 + 2 - 4)/4) \cdot 100 = 50$	50
Біль (BP)	$((6 + 4 - 2)/10) \cdot 100 = 62$	80
Загальне здоров'я (GH)	$((4,4 + 5 + 5 + 5 + 4 - 5)/20) \cdot 100 = 92$	92
Життєва активність (VT)	$((5 + 3 + 5 + 5 - 4)/20) \cdot 100 = 70$	70
Соціальне функціонування (SF)	$((4 + 3 - 2)/8) \cdot 100 = 62,5$	62,5
Рольове емоційне функціонування (RE)	$((2 + 1 + 2 - 3)/3) \cdot 100 = 66,7$	66,7
Психічне здоров'я (MH)	$((4 + 5 + 5 + 5 + 5 - 5)/25) \cdot 100 = 76$	76



Рис. 8. Вигляд лівої нижньої кінцівки хворого С.: рентгенограми лівої нижньої кінцівки у двох стандартних ортогональних проєкціях (а), зовнішній вигляд після неодноразових хірургічних утручань (б)



Рис. 9. Рентгенограми хворого С.: видалення кісткового цементу з дистального відділу лівої стегнової кістки, декортикація, кісткова автопластика трансплантатом із правої малогомілкової кістки контралатеральної кінцівки



Рис. 10. Рентгенограми хворого С. на етапі лікування (ахілотомія (із подовженням на 10 см) та потрійний артродез лівої стопи)

Після формування кісткового блока та трисуглобового артродезу відновлено двонопорне стояння та ходьба хворого (рис. 11).

На момент контрольного огляду через 9 міс. рентгенологічно визначено гіпертрофічний кіст-

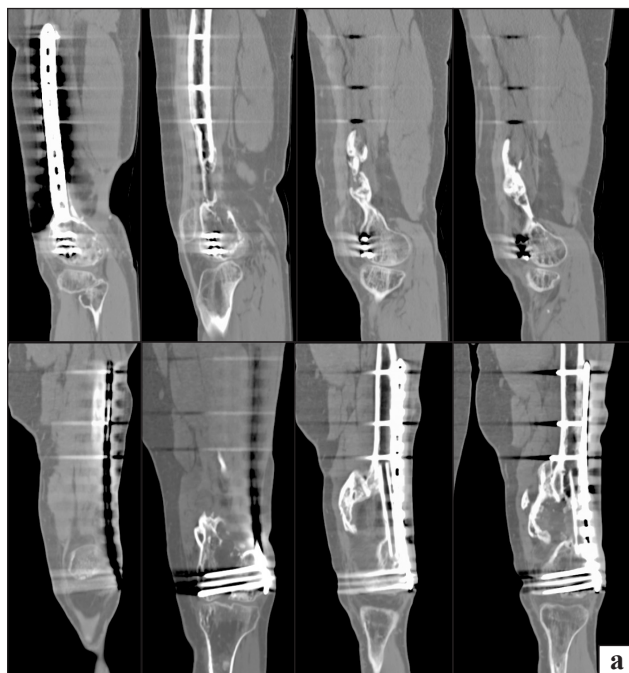


Рис. 11. Результати клінічного та КТ-дослідження хворого С. на контрольному огляді: а) КТ-скани лівого стегна, формування кісткового регенерату стегнової кістки; б) відновлене двонопорне стояння та функція колінного суглоба

ковий мозоль, пацієнт значною мірою відновив обсяг рухів у колінному суглобі, ходив самостійно без додаткової опори (рис. 12). Результати опитування пацієнтів через 9 міс. після операції подано в табл. 5, показників життя — в табл. 6.

Таким чином, ми можемо простежити динаміку стану пацієнта до хірургічного лікування та через 5 і 9 міс. після нього (табл. 7).

Вісім показників якості життя пацієнта відображають різні сфери його життєдіяльності. Ґрунтуючись на них, можна зробити висновки про його стан на різних етапах лікувального процесу.

Таблиця 5

Результати, зазначені пацієнтом, через 9 міс. після хірургічного втручання (за SF-36)

№ запитання	Бал	Розрахунковий бал за SF-36	
1'	1	5	
2	1	1	
3	А	2	2
	Б	3	3
	В	3	3
	Г	2	2
	Д	3	3
	Е	2	2
	Ж	3	3
	З	3	3
	И	3	3
4	А	2	2
	Б	2	2
	В	2	2
	Г	2	2
5	А	2	2
	Б	2	2
	В	2	2
6'	1	5	
7'	1	6	
8'	1	6	
9	А'	1	6
	Б	5	5
	В	6	6
	Г'	2	5
	Д'	2	5
	Е	6	6
	Ж	6	6
	З'	2	5
И	6	6	
10	5	5	
11	А	5	5
	Б'	1	5
	В	5	5
	Г'	1	5

Зокрема, визначено очевидну позитивну динаміку фізичного функціонування, яка стала вдвічі кращою, ніж до хірургічного лікування. На проміжному етапі зазначено спад рольового фізичного функціонування, тобто пацієнт став обмежувати повсякденне навантаження: роботу, виконання буденних обов'язків (через призначений лікарем ортопедичний режим на післяопераційному етапі); зафіксовано позитивну

Таблиця 6

Результати показників життя пацієнта через 9 міс. після операції (за SF-36)

Показник	Підрахунок	Нормалізована шкала
Фізичне функціонування (PF)	$((2 + 3 + 3 + 2 + 3 + 2 + 3 + 3 + 3 + 3) - 10) / 20 \cdot 100 = 85$	85
Рольове фізичне функціонування (RP)	$((2 + 2 + 2 + 2 - 4) / 4) \cdot 100 = 100$	100
Біль (BP)	$((6 + 6 - 2) / 10) \cdot 100 = 100$	100
Загальне здоров'я (GH)	$((5 + 5 + 5 + 5 + 5 - 5) / 20) \cdot 100 = 100$	100
Життєва активність (VT)	$((6 + 5 + 6 + 6 - 4) / 20) \cdot 100 = 95$	95
Соціальне функціонування (SF)	$((5 + 5 - 2) / 8) \cdot 100 = 100$	100
Рольове емоційне функціонування (RE)	$((2 + 2 + 2 - 3) / 3) \cdot 100 = 100$	100
Психічне здоров'я (MH)	$((5 + 6 + 5 + 6 + 5 - 5) / 25) \cdot 100 = 56$	88

Таблиця 7

Порівняльні результати показників життя пацієнта після лікування (за SF-36)

Показник	До операції	Через 5 місяців	Через 9 місяців
Фізичне функціонування (PF)	35,0	60,0	85,0
Рольове фізичне функціонування (RP)	75,0	50,0	100,0
Біль (BP)	62,0	80,0	100,0
Загальне здоров'я (GH)	92,0	92,0	100,0
Життєва активність (VT)	70,0	70,0	95,0
Соціальне функціонування (SF)	62,5	62,5	100,0
Рольове емоційне функціонування (RE)	33,3	66,7	100,0
Психічне здоров'я (MH)	48,0	76,0	88,0

динаміку больової чутливості, яка сприятливо позначається на результаті лікування.

Таким чином, своєчасне та повноцінне планування операції у пацієнтів з ушкодженнями ДВСК дозволяє запобігти формуванню післятравматичної деформації, а в разі її наявності — реалізувати якісніше лікування та реабілітацію хворого, що покращить показники життя.

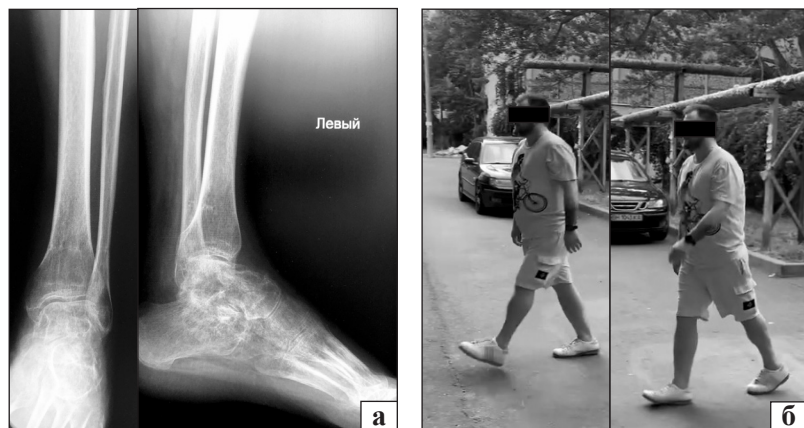


Рис. 12. Результати клінічного та рентгенологічного дослідження хворого С. на контрольному огляді: а) рентгенограма лівої стопи, формування кісткового блока та трисуглобового артродезу; б) відновлення двохопорного стояння та ходьби

Висновки

Найбільш інформативним методом візуалізації, який дає змогу оцінити деформацію стегнової кістки та стан суміжних суглобів, провести адекватне планування хірургічного втручання, є 3D-друк. Ця методика дозволяє змодельовати хірургічне втручання та оцінити ймовірні результати. Використання 3D-моделювання під час планування коригувального хірургічного втручання надає можливість хірургу підвищити точність корекції та значно скоротити час виконання операції.

Відомі й удосконалені нами методики з індивідуально підбраною реабілітацією, застосовувані сьогодні, під час лікування післятравматичної позасуглобової деформації стегнової кістки сприяють швидшому відновленню, уникненню потенційних ускладнень і досягненню позитивних результатів функціонального лікування таких хворих.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури

1. Agarwal A. Distal femoral nonunions / A. Agarwal // Nonunions / A. Agarwal. — New York : Springer, 2018. — P. 243–272.
2. Gangavali A. K. Management of distal femur fractures in adults: an overview of options / A. K. Gangavali, C. O. Nwachuku // The Orthopedic clinics of North America. — 2016. — Vol. 47 (1). — P. 85–96. — DOI: 10.1016/j.ocl.2015.08.011.
3. [Physical rehabilitation for femoral fractures] / S. B. Noreyko, I. P. Zenchenkov, R. P. Fedoryshin, M. V. Saveliev // Science and education (Ukraine). — 2014. — No. 4. — P. 115–118. (in Ukrainian)
4. [Prevalence of bone fractures and results of their treatment in Ukraine (a clinical-epidemiological study)] / M. Korzh, S. Gerasimenko, V. Klimovitskiy [et al.] // Orthopaedics, traumatology and prosthetics. — 2010. — No. 3. — P. 5–14. — DOI: 10.15674/0030-5987201035-14. (in russian)
5. Naumenko L. [Age-specific peculiarities in fractures of the distal radial epimetaphysis] / L. Naumenko, O. Pogrebnyy, O. Vinnik // Orthopaedics, traumatology and prosthetics. — 2011. — No. 4. — P. 13–16. — DOI: 10.15674/0030-59872011413-16. (in russian)
6. Epidemiology of diaphyseal and distal femoral fractures in

Rochester, Minnesota, 1965–1984 / T. J. Arneson, L. G. Melton 3rd, D. G. Lewallen, W. M. O'Fallon // Clinical orthopaedics and related research. — 1988. — No. 234. — P. 188–194.

7. Court-Brown C. M. Epidemiology of adult fractures: a review / Court- C. M. Brown, B. Caesar // Injury. — 2006. — Vol. 37 (8). — P. 691–697. — DOI: 10.1016/j.injury.2006.04.130.
8. Elsoe R. Population-based epidemiology and incidence of distal femur fractures / R. Elsoe, A. A. Ceccotti, P. Larsen // International orthopaedics. — 2018. — Vol. 42 (1). — P. 191–196. — DOI: 10.1007/s00264-017-3665-1.
9. Distal femoral fractures: the need to review the standard of care / J. R. A. Smith, R. Halliday, A. L. Aquilina [et al.] // Injury. — 2015. — Vol. 46 (6). — P. 1084–1088. — DOI: 10.1016/j.injury.2015.02.016.
10. The challenge of nonunion and malunion in distal femur surgical revision / G. Rollo, P. Pichierri, P. Grubor [et al.] // Medicinski glasnik : official publication of the Medical Association of Zenica-Doboj Canton, Bosnia and Herzegovina. — 2019. — Vol. 16 (2). — P. 292–301. DOI: 10.17392/1016-19.
11. [The clinical significance of posttraumatic malunions of lower extremities long bones] / K. Romanenko, Ya. Doluda, D. Prozorovskiy, V. Pariy // Orthopaedics, traumatology an prosthetics. — 2020. — No. 4. — P. 72–79. — DOI: 10.15674/0030-59872020472-79. (in Ukrainian)
12. Rotational malalignment after intramedullary nailing of femoral fractures / R. L. Jaarsma, D. F. Pakvis, N. Verdonshot [et al.] // Journal of orthopaedic trauma. — 2004. — Vol. 18 (7). — P. 403–409. — DOI: 10.1097/00005131-200408000-00002.
13. Gordon J. E. (2019). Leg length discrepancy: the natural history (and what do we really know) / J. E. Gordon, L. E. Davis // Journal of pediatric orthopedics. — 2019. — Vol. 39 (6, Suppl. 1). — P. S10–S13. — DOI: 10.1097/BPO.0000000000001396.
14. Does MIPO of fractures of the distal femur result in more rotational malalignment than ORIF? A retrospective study / M. Lill, R. Attal, A. Rudisch [et al.] // European journal of trauma and emergency surgery. — 2016. — Vol. 42 (6). — P. 733–740. — DOI: 10.1007/s00068-015-0595-8.
15. Tetsworth K. Post-traumatic reconstruction: femoral malunion / K. Tetsworth, S. Prodger // Limb lengthening and reconstruction surgery / Eds. S. R. Rozbruch, S. Ilizarov. — New York : Informa, 2007. — P. 177–184.
16. Romanenko K. 3D-print in the planning of surgical treatment in the case of extraarticular deformity of lower limbs / K. Romanenko, D. Prozorovskiy, Ya. Doluda // Orthopaedics, traumatology and prosthetics. — 2021. — No. 2. — P. 45–50. — DOI: 10.15674/0030-59872021245-50. (in Ukrainian & English)
17. Romanenko K. [Posttraumatic deformities of the bones, forming knee joint: general evaluation and treatment tactics] / K. Romanenko // Orthopaedics, traumatology and prosthetics. — 2020. — No. 2. — P. 92–98. — DOI: 10.15674/0030-

- 59872020292-98. (in Ukrainian)
18. Malalignment after minimally invasive plate osteosynthesis in distal femoral fractures / J. W. Kim, C. W. Oh, J. K. Oh [et al.] // *Injury*. — 2017. — Vol. 48 (3). — P. 751–757. — DOI: 10.1016/j.injury.2017.01.019.
 19. Kohn M. D. Classifications in brief: Kellgren-Lawrence classification of osteoarthritis / M. D. Kohn, A. A. Sassoon, N. D. Fernando // *Clinical orthopaedics and related research*. — 2016. — Vol. 474 (8). — P. 1886–1893. — DOI: 10.1007/s11999-016-4732-4.
 20. El Ghazaly S. A. Femoral supracondylar focal dome osteotomy with plate fixation for acute correction of frontal plane knee deformity / S. A. El Ghazaly, el-H. M. El-Moatasem // *Strategies in trauma and limb reconstruction*. — 2015. — Vol. 10 (1). — P. 41–47. — DOI: 10.1007/s11751-015-0218-2.
 21. Medial open-wedge osteotomy with double-plate fixation for varus malunion of the distal femur / Q. F. He, H. X. Wang, H. Sun [et al.] // *Orthopaedic surgery*. — 2019. — Vol. 11 (1). — P. 82–90. — DOI: 10.1111/os.12421.
 22. Fracture and dislocation classification compendium — 2018 / J. F. Kellam, E. G. Meinberg, J. Agel [et al.] // *Journal of Orthopaedic Trauma*. — 2018. — Vol. 32 (Suppl. 1). — P. S1–S170. — DOI: 10.1097/BOT.0000000000001063.
 23. Paley D. Principles of deformity correction / D. Paley. — 2002. — 806 p.
 24. Alignment of supracondylar/intercondylar fractures of the femur after internal fixation by AO/ASIF / M. K. Zehntner, D. G. Marchesi, H. Burch, R. Ganz // *Journal of orthopaedic trauma*. — 1992. — Vol. 6 (3). — P. 318–326. DOI: 10.1097/00005131-199209000-00009.
 25. Anneberg M. Malalignment in plate osteosynthesis / M. Anneberg, O. Brink // *Injury*. — 2018. — Vol. 49 (Suppl. 1). — P. S66–S71. — DOI: 10.1016/S0020-1383(18)30307-3.
 26. Bråten M. Torsional deformity after intramedullary nailing of femoral shaft fractures. Measurement of anteversion angles in 110 patients / M. Bråten, T. Terjesen, I. Rossvoll // *The Journal of bone and joint surgery. British volume*. — 1993. — Vol. 75 (5). — P. 799–803. — DOI: 10.1302/0301-620X.75B5.8376444.
 27. Buckley R. Lower limb malrotation following MIPO technique of distal femoral and proximal tibial fractures / R. Buckley, K. Mohanty, D. Malish // *Injury*. — 2011. — Vol. 42 (2). — P. 194–199. — DOI: 10.1016/j.injury.2010.08.024.
 28. Davison B. L. Varus collapse of comminuted distal femur fractures after open reduction and internal fixation with a lateral condylar buttress plate / B. L. Davison // *American journal of orthopedics (Belle Mead, N.J.)*. — 2003. — Vol. 32 (1). — P. 27–30.
 29. Davis J. T. Posttraumatic arthritis after intra-articular distal femur and proximal tibia fractures / J. T. Davis, M. I. Rudloff // *The Orthopedic clinics of North America*. — 2019. — Vol. 50 (4). — P. 445–459. — DOI: 10.1016/j.ocl.2019.06.002.
 30. Intra-articular fractures of the distal femur: a long-term follow-up study of surgically treated patients / M. V. Rademakers, G. M. Kerkhoffs, I. N. Siersevelt [et al.] // *Journal of orthopaedic trauma*. — 2004. — Vol. 18 (4). — P. 213–219. — DOI: 10.1097/00005131-200404000-00004.
 31. Pathogenesis and prevention of posttraumatic osteoarthritis after intra-articular fracture / M. L. Schenker, R. L. Mauck, J. Ahn, S. Mehta // *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. — 2014. — Vol. 22 (1). — P. 20–28. — DOI: 10.5435/JAAOS-22-01-20.
 32. Operative treatment of acute distal femur fractures: systematic review of 2 comparative studies and 45 case series (1989 to 2005) / M. Zlowodzki, M. Bhandari, D. J. Marek [et al.] // *Journal of orthopaedic trauma*. — 2006. — Vol. 20 (5). — P. 366–371. — DOI: 10.1097/00005131-200605000-00013.
 33. Gugenheim J. J. The effects of femoral shaft malrotation on lower extremity anatomy / J. J. Gugenheim, R. A. Probe, M. R. Brinker // *Journal of orthopaedic trauma*. — 2004. — Vol. 18 (10). — P. 658–664. — DOI: 10.1097/00005131-200411000-00002.
 34. The influence of fixed rotational deformities of the femur on the patellofemoral contact pressures in human cadaver knees / T. Q. Lee, S. H. Anzel, K. A. Bennett [et al.] // *Clinical orthopaedics and related research*. — 1994. — No. 302. — P. 69–74.
 35. Total knee arthroplasty following prior distal femoral fracture / E. C. Papadopoulos, J. Parvizi, C. H. Lai, D. G. Lewallen // *Knee*. — 2002. — Vol. 9 (4). — P. 267–274. — DOI: 10.1016/S0968-0160(02)00046-7.
 36. Sagittal plane deformity after temporary epiphysiodesis of the distal femur for correcting limb length discrepancy / H. Furuhashi, H. Kaneko, K. Iwata, T. Hattori // *Journal of orthopaedic science*. — 2019. — Vol. 25 (3). — P. 472–476. — DOI: 10.1016/j.jos.2019.05.002.
 37. Collinge C. A. Pitfalls in the application of distal femur plates for fracture / C. A. Collinge, M. J. Gardner, B. D. Crist // *Journal of orthopaedic trauma*. — 2011. — Vol. 25 (11). — P. 695–706. — DOI: 10.1097/BOT.0b013e31821d7a56.
 38. Giles L. G. Low-back pain associated with leg length inequality / L. G. Giles, J. R. Taylor // *Spine (Phila Pa 1976)*. — 1981. — Vol. 6 (5). — P. 510–521. — DOI: 10.1097/00007632-198109000-00014.
 39. Sherman S. L. JCF. Distal femoral varus osteotomy for the management of valgus deformity of the knee / S. L. Sherman, S. F. Thompson, J. C. F. Clohisy // *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. — 2018. — Vol. 26 (9). — P. 313–324. — DOI: 10.5435/JAAOS-D-16-00179.
 40. Volume fusion of CT images to measure femoral symmetry / P. Bakhshayesh, O. Sandberg, V. Kumar [et al.] // *Surgical and radiologic anatomy*. — 2019. — Vol. 42 (6). — P. 635–639. — DOI: 10.1007/s00276-019-02389-3.
 41. An innovative method of assessing the mechanical axis deviation in the lower limb in standing position / J. Kamath, R. S. Danda, N. Jayasheelan, R. Singh // *Journal of clinical and diagnostic research*. — 2016. — Vol. 10 (6). — P. RC11–RC13. — DOI: 10.7860/JCDR/2016/17324.8042.
 42. Trunk control, motion and alignment after total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis / T. Van Criekinge, P. Winnock de Grave, T. Luyckx, K. Claeys // *Gait & posture*. — 2022. — Vol. 94. — P. 173–188. — DOI: 10.1016/j.gaitpost.2022.03.006.
 43. Beltran M. J. Management of distal femur fractures with modern plates and nails: state of the art / M. J. Beltran, J. L. Gary, C. A. Collinge // *Journal of orthopaedic trauma*. — 2015. — Vol. 29 (4). — P. 165–172. — DOI: 10.1097/BOT.0000000000000302.
 44. Measuring lower extremity rotational alignment: a review of methods and case studies of clinical applications / Y. C. Shih, M. M. Chau, E. A. Arendt, T. F. Novacheck // *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. — 2020. — Vol. 102 (4). — P. 343–356. — DOI: 10.2106/JBJS.18.01115.
 45. Total hip arthroplasty in patients with multifactorial perceived limb length discrepancy / A. M. Haleem, K. F. Wiley, R. Kuchinad, S. F. Rozbruch // *The Journal of arthroplasty*. — 2017. — Vol. 32 (10). — P. 3044–3051. — DOI: 10.1016/j.arth.2017.04.036.
 46. Compression nailing for posttraumatic rotational femoral deformities: open versus minimally invasive technique / T. Mückley, C. Lerch, O. Gonschorek [et al.] // *International orthopaedics*. — 2005. — Vol. 29 (3). — P. 168–173. — DOI: 10.1007/s00264-005-0647-5.
 47. Nelitz M. Femoral derotational osteotomies / M. Nelitz // *Current reviews in musculoskeletal medicine*. — 2018. — Vol. 1 (2). — P. 272–279. — DOI: 10.1007/s12178-018-9483-2.
 48. Derotation of post-traumatic femoral deformities by close intramedullary sawing / J. P. Stahl, V. Alt, R. Kraus [et al.] //

- Injury. — 2006. — Vol. 37 (2). — P. 145–151. — DOI: 10.1016/j.injury.2005.06.042.
49. Three-dimensional printing in orthopaedic surgery: current applications and future developments / C. M. Wixted, J. R. Peterson, R. J. Kadakia, S. B. Adams // *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. Global research & reviews.* — 2021. — Vol. 5 (4). — P. e20.00230–e20.0023011. — DOI: 10.5435/JAOSGlobal-D-20-00230.
 50. 3D printing-assisted osteotomy treatment for the malunion of lateral tibial plateau fracture / P. Yang, D. Du, Z. Zhou [et al.] // *Injury.* — 2016. — Vol. 47 (12). — P. 2816–2821. — DOI: 10.1016/j.injury.2016.09.025.
 51. Distal femoral medial opening wedge osteotomy for post-traumatic, distal femoral varus deformity / M. S. Cha, S. Y. Song, K. H. Jung, Y. J. Seo // *Knee surgery & related research.* — 2019. — Vol. 31 (1). — P. 61–66. — DOI: 10.5792/ksrr.18.023.
 52. Double oblique osteotomy: a technique for correction of post-traumatic deformities of the distal femur / M. A. Miranda, J. P. DeAngelis, G. H. Canizares, J. W. Mast // *Journal of orthopaedic trauma.* — 2018. — Vol. 32(S1). — P. S60–S65. — DOI: 10.1097/BOT.0000000000001090.
 53. Osteotomies around the knee: patient selection, stability of fixation and bone healing in high tibial osteotomies / J. M. Brinkman, P. Lobenhoffer, J. D. Agneskirchner [et al.] // *The Journal of bone and joint surgery. British volume.* — 2008. — Vol. 90 (12). — P. 1548–1557. — DOI: 10.1302/0301-620X.90B12.21198.
 54. Distal femoral dome varus osteotomy: surgical technique with minimal dissection and external fixation / D. Luna-Pizarro, F. Moreno-Delgado, J. C. De la Fuente-Zuno, G. Meraz-Lares // *Knee.* — 2012. — Vol. 19 (2). — P. 99–102. — DOI: 10.1016/j.knee.2011.01.005.
 55. Mathematically directed single-cut osteotomy for correction of tibial malunion / B. J. Sangeorzan, B. P. Sangeorzan, S. T. Hansen Jr, R. P. Judd // *Journal of orthopaedic trauma.* — 1989. — Vol. 3 (4). — P. 267–275. — DOI: 10.1097/00005131-198912000-00001.
 56. Distal femoral valgus osteotomy: bone healing time in single plane and biplanar technique / J. A. van der Woude, S. Spruijt, B. T. van Ginneken, R. J. van Heerwaarden // *Strategies in trauma and limb reconstruction.* — 2016. — Vol. 11 (3). — P. 177–186. — DOI: 10.1007/s11751-016-0266-2.
 57. Assayag M. J. Femur: essential tips, techniques, and pearls / M. J. Assayag // *The art of limb alignment: Taylor spatial frame* // Ed. J. E. Herzenberg. — 1st ed. — Baltimore : Rubin Institute for Advanced Orthopedics, 2018. — P. 201–212.
 58. Surgical decompression of the peroneal nerve in the correction of lower limb deformities: a cadaveric study / M. P. Nogueira, A. J. Hernandez, C. A. M. Pereira [et al.] // *Journal of Limb Lengthening & Reconstruction.* — 2016. — Vol. 2 (2). — P. 76–81. — DOI: 10.4103/2455-3719.190708.

Стаття надійшла до редакції 16.01.2023

MODERN TREATMENT OF POST-TRAUMATIC EXTRA-ARTICULAR DEFORMITY OF THE FEMUR

K. K. Romanenko ^{1,2}, Ya. A. Doluda ¹

¹Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv

²Kharkiv National Medical University, Ukraine

✉ Kostiantyn Romanenko, MD, PhD in Traumatology and Orthopaedics: romanen_kost@yahoo.com,

✉ Yaroslav Doluda, MD, PhD in Traumatology and Orthopaedics: dol-yaroslav@yandex.ua