

ОГЛЯДИ ТА РЕЦЕНЗІЇ

УДК 616.717.4-001.5-06:616.71-007.234]-089.8(045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872023186-99>**Хірургічне лікування переломів проксимального відділу плечової кістки в пацієнтів з остеопорозом. Проблемні питання та перспективи розвитку****М. О. Корж¹, В. Б. Макаров²**¹ ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків² КНП «Міська клінічна лікарня № 16» ДМР, Дніпро, Україна

Fractures of the proximal part of the humerus (FPPH) are the third most common in the elderly after fractures of the femur and radius. Objective. On the basis of analysis of the literature to identify problematic issues of surgical treatment of patients with FPPH and osteoporosis and prospects for improving implants and algorithms treatment. Methods. The material of the study was the scientific papers available in Google search engines, PubMed, Medline, published in specialized sources. Results. It is shown that are used today there are Neer and AO/OTA classifications of FPPH. Conservatively manage of FPPH in 80 % of patients with two-fragmentary fractures according to Neer or type A2/A3 according to AO/OTA. The remaining 20 % patients have three- and four-segment FPPH (types B and C according to AO/OTA), the conservative treatment of which consists of problem, especially in patients with osteopenia and osteoporosis. Surgical treatment of FPPH is recommended in case of fractures types 11B2-3, 11C2-3 in young patients or in the elderly age that requires significant functionality of the upper extremity. Positive results of treatment of FPPH types 11B3, 11C2-3 on the background of osteoporosis obtained after installation LCP-plates with allo- or autograft from the fibula bones, as well as support screws, filling of cavities in the humerus head fragments with bone cement, or using free bone implants are most often used. These methods achieve and support to enable stable repositioning of even complex type fractures 11C2-3. Blocked intramedullary nails of the third generation have improved mechanisms for attaching proximal screws and specific fixation of bone fragments, as well as straight geometry. Primary reverse shoulder arthroplasty in case of type 11C2, 11C3 fractures according to AO/OTA enables to obtain positive results in most patients. Conclusions. Surgical treatment of patients with FPPH is advisable for active patients, it is possible to improve functional results compared to conservative manage and avoid the most complications of it. Key words. Proximal humerus fracture, open reduction and internal fixation, plates with angular stability, LCP, intramedullary locking nails, cement augmentation, fibula allograft and autograft.

Переломи проксимального відділу плечової кістки (ППВПК) є третіми за поширеністю в людей похилого віку після переломів стегнової та променевої кісток. Мета. На підставі аналізу літератури визначити проблемні питання хірургічного лікування пацієнтів із ППВПК та остеопорозом і перспективи вдосконалення імплантатів і алгоритмів лікування. Методи. Матеріалом дослідження були відповідні наукові роботи, доступні в пошукових системах Google, PubMed, Medline, опубліковані в спеціалізованих джерелах. Результати. Показано, що сьогодні використовуваними є класифікації ППВПК Neer та AO/OTA. Консервативно лікують ППВПК у 80 % пацієнтів із двофрагментарними переломами за Neer або типу A2/A3 за AO/OTA. У решти 20 % хворих трапляються три- та чотирифрагментарні ППВПК (типи B і C за AO/OTA), консервативне лікування яких є складною проблемою, особливо на фоні остеопенії та остеопорозу. Хірургічне лікування ППВПК рекомендовано в разі переломів типів 11B2-3, 11C2-3 у молодих пацієнтів або в осіб похилого віку, яким необхідна значна функціональність верхньої кінцівки. Позитивні результати лікування ППВПК типів 11B3, 11C2-3 на фоні остеопорозу отримані після встановлення LCP-пластин і ало- або автоімплантатів із малогомілкової кістки. Медіальні опорні гвинти, заповнення порожнин у кістці й аугментація наконечника гвинта кістковим цементом, застосування кісткових імплантатів є найчастіше застосовуваними методами. Вони дають змогу досягти та підтримувати стабільну репозицію навіть складних переломів типу 11C2-3. Блоквані інтрамедулярні цвяхи третього покоління мають удосконалені механізми кріплення проксимальних гвинтів і специфічну фіксацію фрагментів кістки, а також пряму геометрію. Первинне реверсивне ендопротезування плечового суглоба в разі переломів типів 11C2, 11C3 за AO/OTA дає змогу отримати позитивні результати в більшості пацієнтів. Висновки. Хірургічне лікування пацієнтів із ППВПК доцільне, можна покращити функціональні результати порівняно з консервативним і уникнути післяопераційних ускладнень.

Ключові слова. Перелом проксимального відділу плечової кістки, відкрита репозиція та внутрішня фіксація, пластини з кутовою стабільністю, інтрамедулярні блоквані цвяхи, аугментація цементом, алоімплантат із малогомілкової кістки

Вступ

Переломи проксимального відділу плечової кістки (ППВПК) становлять 5–6 % усіх переломів [1, 2]. Це третій за поширеністю перелом у людей похилого віку [3]. Унаслідок демографічних змін у розвинених державах кількість ППВПК продовжуватиме різко зростати, особливо в жінок [1]. У південній Європі рівень захворюваності становив 89,3 на 100 000 порівняно з 28,2 у чоловіків [4]. В Австралії частота ППВПК зростає зі 28,5 на 100 000 осіб у 2008 році до 45,7 — у 2017 [5]. В Австралії в жінок старших за 85 років у 2017 р. була найвища частота ППВПК — 711,8 випадків на 100 000 осіб [5], а в США у середньому щорічно спостерігається 600 випадків на 1 000 000 осіб. Збільшення захворюваності на ППВПК пов'язане зі зростанням населення похилого та старечого віку [2, 4, 6–9].

ППВПК, зазвичай, діагностують у молодих людей унаслідок високоенергетичної травми, або в людей похилого та старечого віку після низькоенергетичних травм на фоні остеопенії й остеопору [10]. Очікується зростання кількості ППВПК зі старінням населення як третього найпоширенішого типу переломів [11]. Тактика лікування пацієнтів із ППВПК залежить від безлічі чинників, включаючи тип перелому, рівень активності індивідуума, супутніх захворювань, віку, наявності остеопенії чи остеопору [12, 13].

Більшості пацієнтів старших за 65 років із ППВПК проводять консервативне лікування [14]. За наявності показань застосовують хірургічні підходи — відкриту репозицію та внутрішню фіксацію (ORIF), закриту репозицію та черезшкірну фіксацію, блокований інтрамедулярний остеосинтез (БЮС), геміартропластику (ГА), тотальне анатомічне ендопротезування плечового суглоба (TSA) і реверсивне тотальне ендопротезування плечового суглоба (RSA) [15, 16].

Мета: на підставі аналізу літератури визначити проблемні питання хірургічного лікування пацієнтів із переломами проксимального відділу плечової кістки та остеопорозом і перспективи вдосконалення імплантатів та алгоритмів лікування.

Матеріал і методи

Матеріалом дослідження були відповідні наукові роботи, доступні в пошукових системах Google, PubMed, Medline, опубліковані в спеціалізованих джерелах. Глибина пошуку склала 10 років.

Результати та їх обговорення

Класифікація ППВПК вперше була запропонована в 1934 році Codman, який визначив переломи на основі чотирьох анатомічних частин: діафіза плечової кістки, суглобової поверхні, великої та малої горбистості [17]. Проте не було враховано зміщення перелому, не розрізняли хірургічні та анатомічні переломи шийки плечової кістки [18, 19].

Найбільш застосовуваною та загально визнаною є система Neer (1970), за якою переломи розподілено на шість груп: I — мінімальне зміщення, менше за 1 см або за кута менш ніж 45°; II — зрушення проксимального відділу (анатомічна шийка плечової кістки); III — зміщення на рівні хірургічної шийки плечової кістки; IV — пересування великого горбика плечової кістки, що ділиться на дві частини без зміщення на рівні хірургічної шийки, на три частини — зі зміщенням, чотири — з переломом і зрушенням малого горбика; V — зміщення малого горбика, що має такі самі ознаки, як і IV група з поділом на дві, три або чотири частини; VI — переломи, пов'язані з вивихом частини головки, що також підрозділяються на дві, три або чотири частини [18–20].

За АО/ОТА (раніше АО/ASIF) переломи ППВПК класифіковані на основі ураження суглобової поверхні, анатомічного розташування та вивиху [21, 22]: 11A — позасуглобовий, однофокальний, двофрагментарний; 11A1 — великий горбик; 11A2 — хірургічна шийка; 11A3 — вертикальний; 11B — позасуглобовий біфокальний трифрагментарний; 11B1 — хірургічна шийка; 11C — внутрішньосуглобовий або чотирифрагментарний; 11C1 — анатомічна шийка; 11C3 — анатомічна шийка, поєднана з метафізарним переломом.

Подальший розвиток концепція Codman отримала в роботах R. Hertel та співавт. [23, 24]. Вони взяли за основу площину зламу, а не кількість фрагментів. У результаті комбінації цих площин автори виділили 12 основних типів переломів ППВПК (рис. 1).

Відомо, що частота аваскулярного некрозу головки плечової кістки (АНГПК) після осколкових три- та чотирифрагментарних переломів за Neer або типу 11B та 11C за АО/ОТА досягає 77 % [25]. Кровопостачання більшої частини головки плечової кістки відбувається від передньої огинальної артерії плеча, гілки пахової артерії на нижньому краю підлопаткової кістки (рис. 2) [25]. Передня огинальна артерія плеча проходить латерально, утворюючи дугоподібну артерію, яка проходить глибоко до довгої головки сухожилля

двоголового м'язу. Тому важливо обмежити додаткове розсічення тканин, щоб не травмувати її гілки [26]. Із огляду на особливості зміщення відламків і кровопостачання головки плечової кістки виділено чинники, які впливають на її ішемію після внутрішньосуглобового ППВПК (рис. 3) [26, 27], а саме: перехід лінії перелому на метафіз; порушення медіальної стінки (калькара) проксимального відділу плечової кістки; перелом типу В або С; розщеплення головки на осколки (понад 20 % за об'ємом її ураження); кутове її зміщення головки понад 45°; пересування горбистості на понад 10 мм; переломовивих головки.

Інша подібна схема класифікації зосереджена переважно на вальгусних і варусних переломах [28]. За розрахунками, система Hertel-Codman має найвищу міжрейтингову надійність щодо вибору методу лікування та прогнозу, потім — Neer,

далі — Resch і, нарешті, АО/ОТА [23]. Незважаючи на нещодавні модифікації, система класифікації ППВПК АО/ОТА є більш науковою на відміну від інших, але вона складніша через розподіл переломів на 27 типів [21, 22].

Нещодавно запропонована класифікація Mayo [29] для ППВПК спрямована на ідентифікацію конкретних моделей переломів і застосування критеріїв зміщення до кожної з них. Вона містить 7 загальних моделей переломів: ізольовані великого чи малого горбика, хірургічної шийки, компресійні з поворотом головки у варусному та задньомедіальному або у вальгусному напрямках, із вивихом головки плечової кістки (вивих головки), роздвоєнням (розкол голови) або вдавненням (компресія головки). Запропоновано виконувати хірургічне втручання в категоріях із червоним фоном, а консервативне — із зеленим (рис. 4).

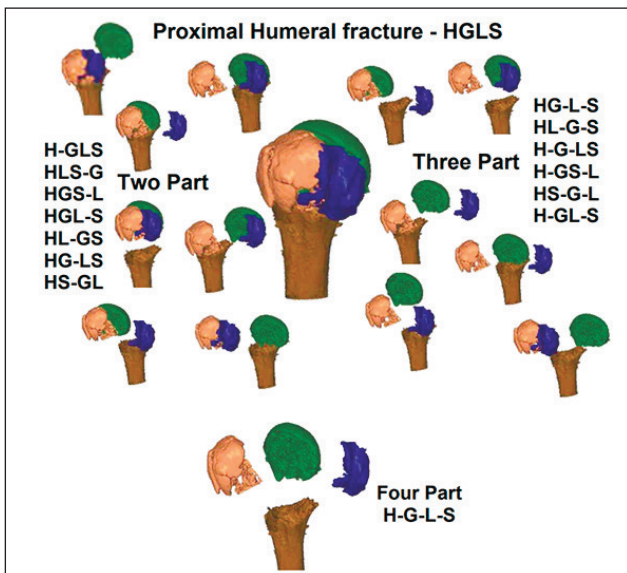


Рис. 1. Класифікація HGLS для ППВПК (за [23, 24])

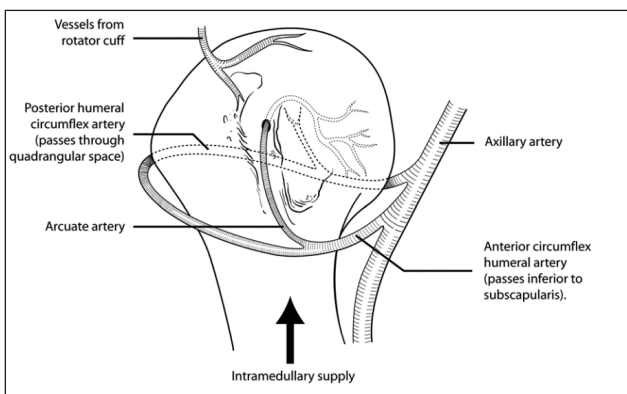


Рис. 2. Кровопостачання проксимального відділу плечової кістки. Найчастіше травмують дугоподібну артерію в біципітальній борозні [25–27]

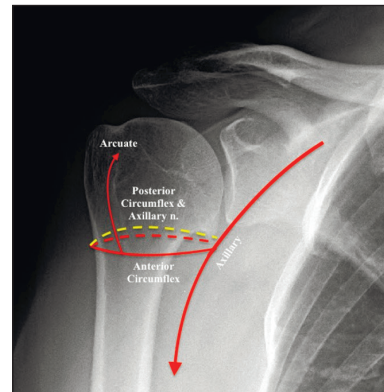


Рис. 3. Рентгенограми правого плечового суглоба в передньо-задній проекції: дугоподібна артерія є гілкою передньої огинальної артерії плеча і піднімається вздовж міжгорбкової борозни до входу в головку плечової кістки. Задня огинальна артерія плеча проходить разом із пахвовим нервом [25–27]

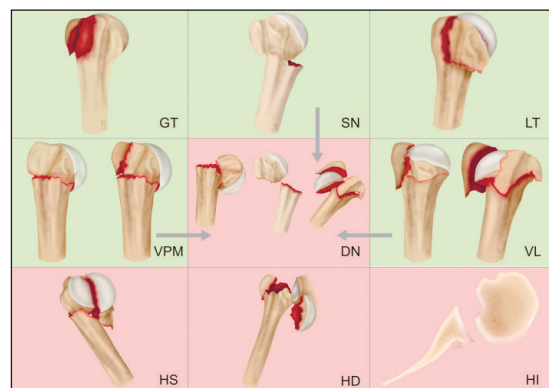


Рис. 4. Класифікація ППВПК за Mayo [29]: GT — ізольований великого горбика; SN — хірургічної шийки; LT — малого горбика; VPM — варусний задньомедіальний; DN — на рівні хірургічної шийки; VL — вальгусний; HS — розколювання головки; HD — розколювання і вивих головки; HI — імпресійний перелом головки

Консервативне лікування ППВПК застосовують у разі мінімального зміщення відламків (до 2–3 мм) [32, 33] або високій загрозі життю за умов хірургічного втручання. Короткочасна іммобілізація у таких хворих є ефективною з позитивними клінічними результатами [34]. Загальним підходом є іммобілізація пов'язкою типу Дезо з подальшою ранньою та прогресивною фізіотерапевтичною реабілітацією [35]. Рання мобілізація (через 14 днів після перелому) дає змогу отримати значно кращі результати (на основі болю, функції та діапазону рухів) порівняно з пізнішою [36–38]. Проте деякі фахівці вважають, що немає суттєвої різниці результатів хірургічного та консервативного лікування в людей старших за 65 років із дво- та трифрагментарними переломами за Neer [38]. У результаті метааналізу, до якого включено 7 рандомізованих контрольованих досліджень

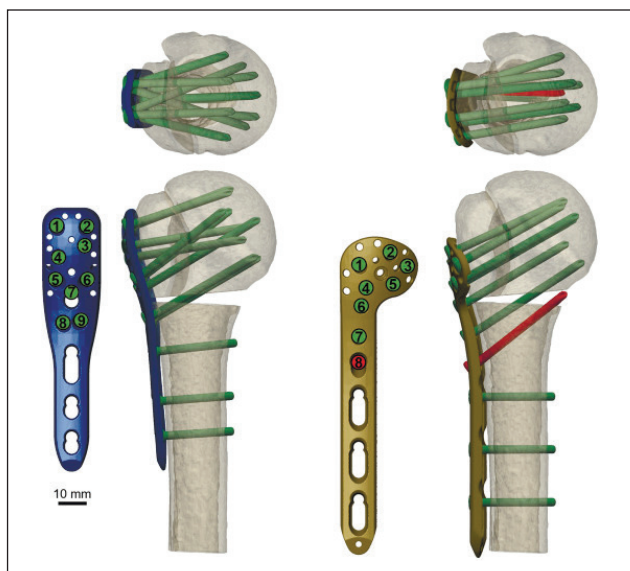


Рис. 5. Два типи LCP-пластин для хірургічного лікування трифрагментарного ППВПК [46, 47]

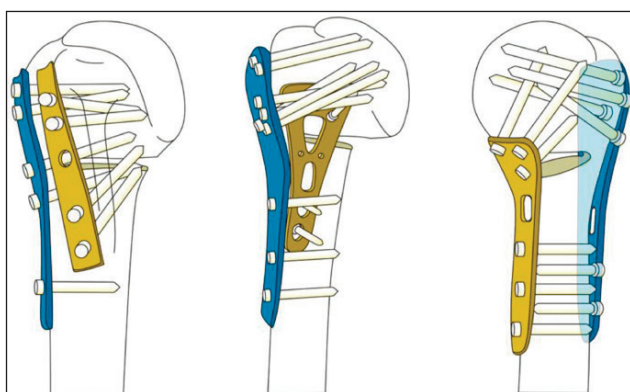


Рис. 6. Переломи ППВПК типу 11C2-11C3. Відновлення медіальної опори з фіксацією двома блокованими пластинами (за [48])

і 15 обсерваційних, підтверджено, що функціональний результат не залежав від методу (хірургічне чи консервативне) лікування [39]. До ускладнень консервативної методики ППВПК належить неправильна консолидація і, як наслідок, розвиток контрактури й артрофіброзу, дисфункція обертальної манжети плеча, іноді — незрощення [40]. Таким чином, ефективність і показання до консервативного лікування ППВПК залишаються предметом дискусій.

Хірургічне лікування ППВПК може бути рекомендованим зі зміщенням типу 11B2-3, 11C2-3, які виникли в молодих пацієнтів або в старших у разі високого функціонального статусу [41]. Відкрита репозиція та внутрішня фіксація ППВПК типу В та С (АО/ОТА), незважаючи на розроблення методів фіксації та імплантатів, може бути неефективною через остеопороз [42]. «Золотим стандартом» у більшості пацієнтів із ППВПК, особливо в разі зміщення горбків, є фіксація різними видами LCP-пластин [43–45]. Але їхні біомеханічні характеристики й конфігурація, а також дизайн гвинтів постійно обговорюються й удосконалюються. Наприклад, деякі автори вважають однаково біомеханічне обґрунтованим використання двох типів LCP-пластин (рис. 5) зі збільшеною кількістю гвинтів, розміщенням задніх гвинтів у поєднанні з калькарними гвинтами [46], але результати моделювання вимагають клінічного підтвердження [47].

За умов складних ППВПК і зміщення понад 8–10 мм для підтримання стабільності фіксації блокованої пластини та відновлення медіальної опори пропонують використовувати калькарні гвинти, кістковий трансплантат, аугментацію кістковим цементом, подвійну фіксацію пластинами (рис. 6) [48, 49].

Визначено, що загальний рівень ускладнень після ORIF у пацієнтів старших за 60 років становив 44 %; незадовільних результатів, які обумовили виконання повторної операції, — 34 % (незалежно від використання кісткового алотрансплантата). Удосконалення техніки фіксації та показань до операції ППВПК із використанням різних метало-конструкцій (рис. 7) є актуальним [50].

Після вивчення передньо-задніх рентгенограм плеча виявлено наявність значних варіацій латерального кута проксимального відділу плечової кістки, що не корелювали з кутом між шийкою та діафізом плечової кістки. Цей кут плечової кістки був більшим, ніж пластини, і схильний до варусного зменшення та медіального колапсу. Середній латеральний кут на простих рентгенограмах становив $12,9^\circ \pm 2,2^\circ$, а висота від

найбільш проксимальної точки до кутової (GT) — $(44,4 \pm 4,7)$ мм. Кути згину трьох пластин дорівнювали 8° і 10° , висота від проксимального краю пластини до точки згину — 42,4; 42,0; 43,8 мм. У 98 % випадків латеральний кут більший, ніж кут згину пластин. У 43 % випадків висота GT була меншою за висоту пластин, а коли її застосовували до 3D-моделі, середній зазор між GT та нею становив $(4,8 \pm 2,8)$ мм [51].

Розроблено LCP-пластини з різбовими штифтами, через які ортогонально проходять

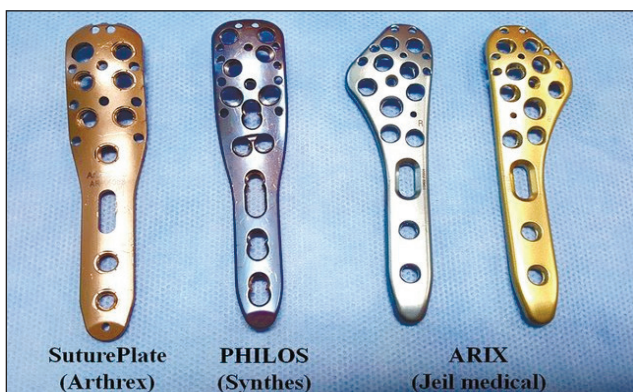


Рис. 7. Типи фіксувальних пластин для лікування ППВПК (за [51])



Рис. 8. LCP-пластина з різбовими штифтами, через які ортогонально проходять різбові перехресні гвинти (жовтого кольору) для створення тривимірного каркаса та підвищення здатності різбових штифтів чинити опір осьовому зміщенню за умов остеопорозу (за [52])



Рис. 9. Використання інтрамедулярного нітинолового кейджа для реконструкції ППВПК (за [53–56])

перехресні гвинти для створення тривимірного каркаса для зачеплення кісток. На біомеханічній моделі доведено, що перехресні елементи значно підвищили здатність штифтів до опору осьовому зміщенню остеопоротичної кістки (рис. 8). Тобто, вони сприяють стабільності проксимальних фіксувальних пластин в остеопоротичній кістці [52].

У випадку переломів типу 11C2-11C3 на фоні остеопорозу реверсивне первинне тотальне ендпротезування плечового суглоба є найдоцільнішим варіантом хірургічного лікування. Проте воно має недоліки в пацієнтів віком 40–60 років через більший рівень активності та можливу необхідність виконання ревізійної операції. Цим хворим пропонують використовувати інтрамедулярний нітиноловий кейдж зі встановленням додаткових гвинтів через нього та горбки за необхідності (рис. 9) [53, 54].

Через рік спостереження виявлено низький відсоток повторного зміщення перелому та вирізання гвинта (не більш ніж 11 %). Проте відмічено вищий за очікуваний рівень аваскулярного некрозу порівняно з іншими дослідженнями з використанням подібної конструкції фіксації (4–14 %), тому визначення переваг та недоліків його застосування необхідні додаткові дослідження з тривалішим терміном спостереження [55, 56].

Деякі автори [57, 58] вважають, що успішне хірургічне лікування переломів 11B3, 11C2-3 з використанням LCP-пластин на фоні остеопорозу за проведення ORIF можливо завдяки застосуванню ендостального імплантата. Ало- або автотрансплантат із малогомілкової кістки відносно технічного легко імплантується в діяфіз плечової кістки і відіграє роль опори, що покращує стабільність реконструкції. Це зводить до мінімуму найпоширеніші ускладнення — вторинне зміщення, прорізування та міграцію гвинтів, імпресію відламків і, як наслідок, розвиток аваскулярного некрозу головки плечової кістки (рис. 10).

Таким чином, LCP-пластина в поєднанні з інтрамедулярною кірковою кістковою опорою може забезпечити майже вдвічі більшу механічну стабільність і міцність для конструкцій, ніж самостійно. Кістковий імплантат забезпечує підтримку медіальної колони та зменшує варусний момент головки плечової кістки, запобігає міграції фрагментів і зменшує деформації за умов ранньої мобілізації [58].

Калькарний гвинт відіграє ключову роль у медіальній підтримці та покращенні варусної стабільності незалежно від використання ало- або

автотрансплантатів. ППВПК у пацієнтів похилого та старечого віку здебільшого спостерігають у разі перелому з великим горбиком (GT). Фрагменти цієї локалізації іноді важко застосовувати як анатомічний орієнтир для правильного положення пластини та гвинта. Установлення сухожилка великого грудного м'яза є альтернативним орієнтиром для відповідного положення пластини та кільцевого гвинта. Доведено найвищу ймовірність розташування калькарного гвинта в правильному місці (72 %) за умов розміщення подовженого комбінованого отвору пластини PHILOS на 3 мм вище за верхній край прикріплення сухожилка великого грудного м'яза [59].

Задля зменшення відсотка незадовільних результатів ORIF LCP-пластинами в пацієнтів із ППВПК на фоні остеопенії та остеопорузу пропонують використовувати їх у поєднанні з остеопластичним матеріалом (сульфатом кальцію) та остеосинтезом великого горбика за допомогою високоміцних швів [60]. Досить часто вальгусні ППВПК типу 11C супроводжуються не лише зміщенням, а й компресією губчастої кістки головки плечової кістки, що унеможливує досягнення анатомічної репозиції без заповнення порожнини в центральній частині головки. Тому пропонують заповнювати дефекти головки плечової кістки цементом на основі поліметилметакрилату (ПММА) або суміші ПММА і фосфату кальцію [61, 62]. Проте ПММА гальмує процеси консолідації фрагментів кістки внаслідок високої температури полімеризації та розвитку в подальшому рубцевої тканини на межі «кістка – цемент». З цією метою розроблено біоактивні цементами (кальцій фосфатні), які показали позитивні результати *in vitro* [63]. Але вони надто швидко втрачають механічні властивості, тому деякі дослідники

вирішили комбінувати β -трикальційфосфат (26 %) з ПММА [64, 65]. Ця комбінація матеріалів дасть змогу як запобігти ранній післяопераційній міграції фрагментів головки плечової кістки, так і збільшити стабільність фіксації пластини [65].

З наведеного можна дійти висновку, що немає повністю задовільної техніки ORIF. Найважливішим і критичним руховим завданням для пацієнта з ППВПК після успішної операції є підйом із сидіння за допомогою опори на травмовану руку. За цієї дії виникає пікова сила навантаження приблизно в 1,8 разу більша за вагу тіла [66]. До проксимального відділу плечової кістки прикладається зусилля під різними векторами в 1 413 Н для пацієнта вагою 80 кг. Завдяки використанню інноваційної цементної техніки руйнівна сила для системи «кістка – імплантат» склала 1 686 Н, а стандартна методика витримує лише 471 Н. Зазначимо, що під час підйому прямої руки до кута 90° результуюча сила в плечовому суглобі дорівнює близько 600 Н, а під час підняття ваги 1,1 кг — 2 070 Н [67]. Комбінований цемент (26 % β -трикальційфосфату з ПММА) неможливо легко видалити, але можна просвердлити для розміщення гвинтів. Це дає змогу використовувати звичайну техніку PHILOS. Крім того, специфічні властивості цього кісткового замітника сприяють формуванню кісток [63, 64].

Показано, що цементна аугментація ПММА у пацієнтів похилого віку з ППВПК на фоні остеопорузу демонструє клінічно еквівалентні короткострокові результати до 6 міс. порівняно з аугментацією за допомогою кісткового імплантата або без аугментації, незважаючи на старший вік та вищу частоту серйозніших переломів. Техніка видається безпечною без специфічних побічних ефектів, і її можна додати до арсеналу хірурга для лікування цих переломів [68, 69].

Доведено, що додавання кісткового цементу для аугментації гвинтів, спрямованих вперед, не збільшує жорсткість і навантаження на ушкодження, але зменшує рух на межі кістки й імплантата. Таким чином, автори вважають доцільним використовувати цю методику для зниження ризику вторинного зміщення уламків головки [70, 71].

Використання комп'ютерних технологій (програма ANSYS) дозволяє на етапі доклінічних досліджень перевіряти гіпотези поліпшення надійності фіксації в разі переломів ППВПК. Наприклад, за допомогою методу скінченних елементів доведено, що розміщення калькарних гвинтів у поєднанні з хорошим медіальним

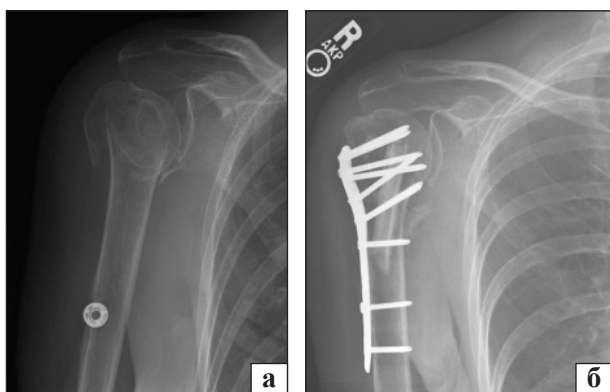


Рис. 10. Рентгенограма перелому типу 11C3 (а) та після ORIF зі встановленням LCP-пластини та алотрансплантата малоомілкової кістки (за [57])

кірковим контактом у варусній фіксації замикальною пластиною положенні ППВПК із медіальним проміжком може забезпечити оптимальну стабільність фіксації [72]. У разі фіксації пластиною ППВПК калькар є важливою опорною точкою для гвинтів, що забезпечує необхідну підтримку медіальної колони. Проксимальне розміщення шурупів на калькар небажане, а дистальне розташування імплантата може покращити стабільність конструкції. Успішна реконструкція ППВПК є невід'ємною частиною анатомічної репозиції в поєднанні з підтримкою медіальної колони. На основі анатомічних особливостей можна точно ідентифікувати відповідні кісткові структури проксимального відділу плечової кістки та позначити розташування штифта на 3D-моделі, що є простим, практичним та індивідуальним підходом [73–75].

Медіальні опорні гвинти, заповнення дефектів кістки й аугментація наконечника гвинта кістковим цементом, а також застосування кісткових трансплантатів є наразі найчастіше застосовуваними методами. Усі згадані стратегії мають позитивний вплив на досягнення та підтримку стабільної репозиції, навіть за складних переломів. Необхідні подальші клінічні дослідження з більшою кількістю пацієнтів і вищим рівнем доказовості для розроблення стандартизованого алго-

ритму лікування стосовно цементної аугментації та кісткової пластики. Хоча ці заходи, ймовірно, матимуть стабілізуючий ефект на фіксацію пластики, її загальне використання поки що не може бути рекомендовано [76].

Хірургічне лікування ППВПК методом закритої репозиції та черезшкірної фіксації

Мінімально інвазивні методики, включаючи закриту репозицію та черезшкірне фіксування спицями, можуть мати переваги перед звичайною відкритою фіксацією. Проте черезшкірна техніка спричинює ризик травми важливих анатомічних структур навколо плеча. Латеральні спиці треба проводити дистально, щоб уникнути ушкодження передньої гілки пахвового нерва та проникнення в хрящ головки плечової кістки. Існує ризик травми *v. cefalica*, сухожилка двоголового м'яза плеча та шкірно-м'язового нерва під час проведення передніх спиць. Спиці, що проходять через великий горбик, слід розташовувати так, щоб рука оберталася назовні, спрямовувати їх у точку, яка міститься на відстані 20 мм від нижньої сторони головки плечової кістки без зайвого проникнення в кірковий шар плечової кістки [77]. Закрита репозиція та черезшкірне фіксування ППВПК є технічно складною процедурою, але вона може бути успішною за дотримання 5 умов: нормальна мінеральна щільність кістки;

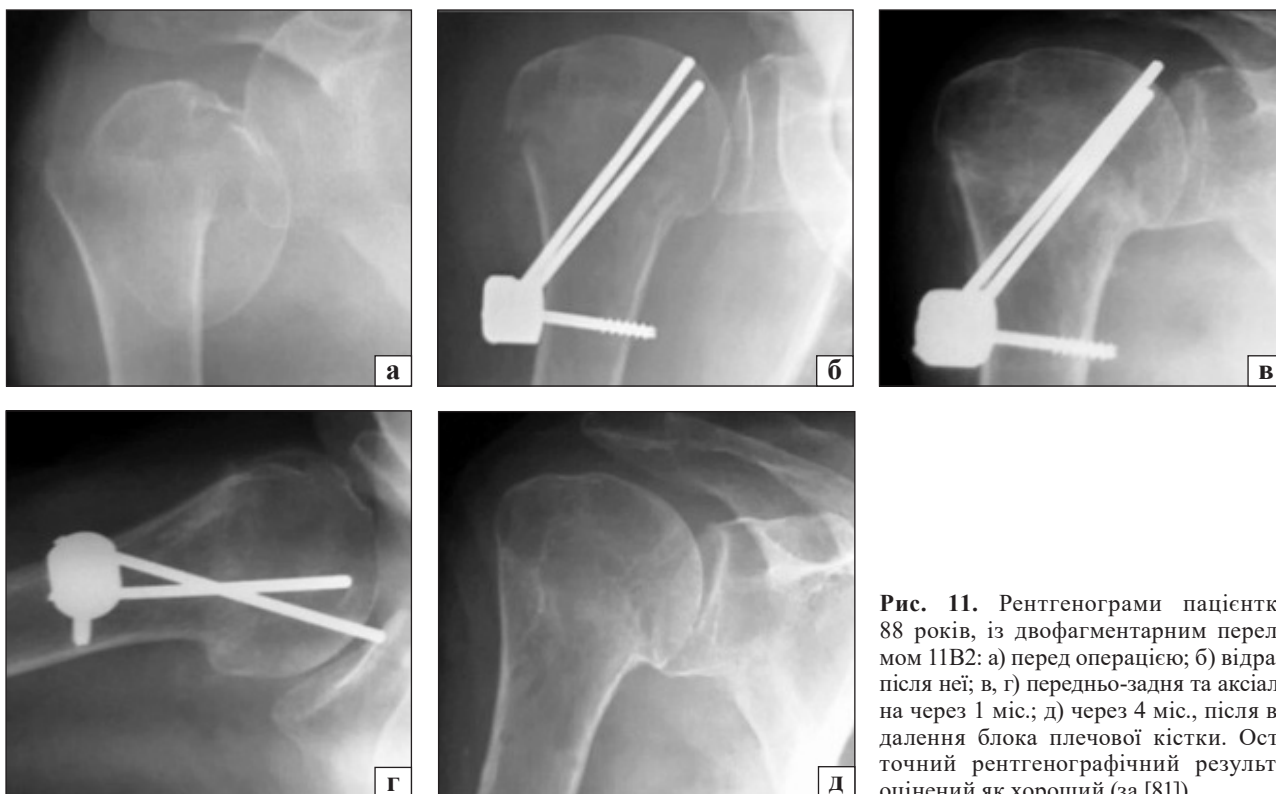


Рис. 11. Рентгенограми пацієнтки, 88 років, із двофрагментарним переломом 11В2: а) перед операцією; б) відразу після неї; в, г) передньо-задня та аксіальна через 1 міс.; д) через 4 міс., після видалення блока плечової кістки. Остаточний рентгенографічний результат оцінений як хороший (за [81])

мінімальна фрагментація; стійке закрите скорочення не більше ніж 5 мм; інтактний медіальний калькар (медіальна стінка проксимального відділу плечової кістки), добрий психоемоційний контакт із пацієнтом для виконання реабілітаційних заходів і догляду за спицями. Протипоказаннями до цієї методики за ППВПК є низька якість кістки та осколковий характер перелому 11C2-11C3 [78, 79]. Використання цих методів останнім часом втратило популярність, оскільки більшість хірургів віддають перевагу відкритій редуційній

внутрішній фіксації в молодих пацієнтів, де рекомендовано хірургічне втручання [80].

Хірургічне лікування ППВПК методом закритої репозиції та спицями з фіксацією у накістковому блоці (Humerusblock) — це відносно нова концепція [81]. Ідеологія накісткового блока в проксимальному відділі плечової кістки полягає в напівжорсткій фіксації спиць або штифтів, яка буде оптимальною для консолідації простих двофрагментарних метафізарних переломів 11CA3- 11B1-B2 (рис. 11).

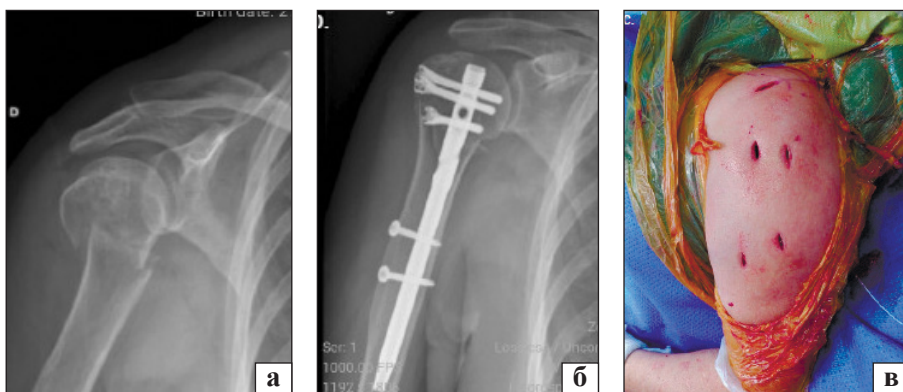


Рис. 12. Рентгенограми (а, б) та зовнішній інтраопераційний вигляд (в) плеча пацієнта з переломом типу 11B2: а) до операції; б) БІОС (за [87])

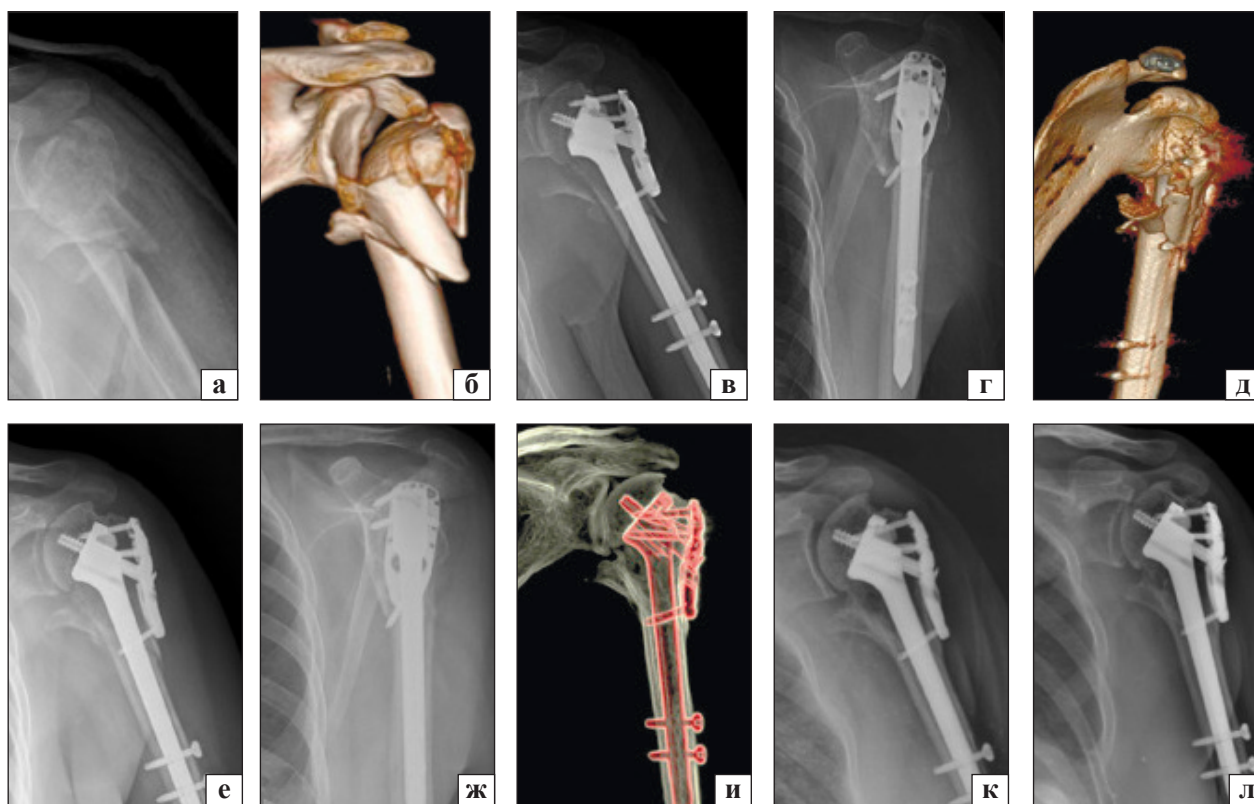


Рис. 13. Рентгенограми та КТ-скани плеча пацієнта з використанням пристрою ISNP: а) передопераційна передньо-задня проекція; б) тривимірна КТ, реконструкція плеча, перелом 11C3 з подрібненою медіальною стінкою; в, г) післяопераційні рентгенограми; д) тривимірна КТ, вирівнювання головки та діафіза, незважаючи на зменшену медіальну кіркову пластинку; е, ж) рентгенограми через 3 міс. після операції; и) тривимірна КТ, консолідація перелому без втрати репозиції; к) рентгенограми через 6 міс.; л) через 12 міс., консолідація зміщеної медіальної кіркової пластинки до діафіза плечової кістки (за [90])

Імплантат складається з двох спиць 2 мм, які вводять у метафізарну зону після репозиції фрагментів ППВПК з боку в напрямку діафіза плечової кістки і блокують у ньому (Humerusblock) [81–83].

Хірургічне лікування ППВПК блокованим інтрамедулярним цвяхом

Історично блокований інтрамедулярний остеосинтез (БІОС) рідко використовували для хірургічного лікування ППВПК через можливість додаткової травми сухожилків і м'язів обертальної манжети плеча, ятрогенного перелому та міграції проксимального гвинта [84]. Проте сучасні інтрамедулярні блоковані цвяхи (ІБЦ) включають удосконалені механізми кріплення проксимальних гвинтів зі специфічною фіксацією фрагментів, а також пряму геометрію, яка дозволяє вставляти цвях медіально від закріплення сухожилка надостового м'яза. Покращення конструкції ІБЦ привело до відновлення їхнього використання для фіксації ППВПК [85, 86].

Лікування переломів зі значним зміщенням типів 11С2–11С3 залишається суперечливим. За умов застосування антеградних цвяхів першого та другого покоління виявлено високі показники повторних операцій та ускладнень, особливо ятрогенних ушкоджень обертальної манжети плеча. Тому фахівці не рекомендують ІБЦ для лікування три- та чотирифрагментарних переломів на фоні остеопорозу [87]. Розроблено антеградне кріплення третього покоління ІБЦ із коротким форматом цвяха меншого діаметра з точкою входу в м'язовій частині надостової кістки, що забезпечує високу швидкість консолідації, хороші клінічні результати та низький рівень ускладнень (рис. 12) [87].

Слід зазначити, що не існує жодних об'єктивних критеріїв, які допомогли б хірургам обирати між ІБЦ і фіксацією пластиною для три- або чотирифрагментарних ППВПК. Деякі дослідники рекомендують у випадку неушкодженого медіального

калькару застосовувати LCP-пластини, а в інших — будь-яку техніку за умови дотримання загальних правил внутрішньої фіксації (репозиція горбиків, варусна корекція головки та стабілізація калькарної ділянки) [88].

У результаті порівняльного дослідження за системою Constant та ASES клінічних ефектів хірургічного лікування ППВПК не встановлено різниці між використанням ІМЦ MultiLoc і пластиною Philos у пацієнтів похилого віку. Проте автори вважають, що застосування цвяха MultiLoc є кращим завдяки меншій крововтраті, тривалості операції, частоти ускладнень і повторних операцій зі зміною на RSA [89].

Анатомічна репозиція медіальної колони та горбиків, а також метафізарна опора були визнані ключовими елементами фіксації для досягнення позитивних функціональних результатів у пацієнтів із ППВПК і остеопорозом. Автори пропонують комбінований пристрій ISNPs для хірургічного лікування переломів типів 11С2, 11С3 із низькою якістю кістки (рис. 13) [90].

Незважаючи на обладдйливі перші клінічні результати, потрібне вдосконалення дизайну ISNP. Наприклад, слід виготовити кілька моделей ISNP для різних розмірів тіла або типів переломів. Також необхідні подальші рандомізовані контрольовані дослідження з більшими розмірами вибірки.

Біомеханічні дослідження різних типів ІБЦ показали суперечливі результати, але в більшості з них продемонстровано кращі властивості ІБЦ у разі простих ППВПК типу 11А2. Доведено, що використання криволінійних блокованих цвяхів спричинює вищий ризик ускладнень [91]. Сучасні дослідження свідчать, що фіксувальні пластини й інтрамедулярні цвяхи мають подібну ефективність з огляду на функціональність і загальний рівень ускладнень. Не виявлено переваг зазначених

Таблиця

Алгоритм вибору методики лікування пацієнтів із ППВПК

Тип перелому за Neer	Вік пацієнта, роки		
	18–60	61–70	Понад 70
Перелом великого горбика	LCP	LCP	LCP
Двофрагментарні	LCP/БІОС	LCP	LCP
Трифрагментарні	LCP	LCP	LCP
Чотирифрагментарні	За технічної можливості:		
	LCP / анатомічний ендопротез	LCP / реверсивний ендопротез	LCP / реверсивний ендопротез
Багатофрагментарні переломовивихи	LCP / анатомічний ендопротез	Реверсивний ендопротез	

пристроїв один перед одним у разі зміщених проксимальних переломів плечової кістки. Блокований антероградний інтрамедулярний остеосинтез за умов остеопорозу не рекомендований для складних переломів і має значний недолік, пов'язаний із додатковим ушкодженням надостьового м'яза [92, 93]. Найпоширенішими ускладненнями після встановлення ІБЦ у пацієнтів із ППВПК є посттравматичний артрофіброз, незрощення, остеонекроз, рання неспроможність фіксації й інфекція [94, 95].

Обираючи метод лікування ППВПК, хірург повинен орієнтуватися на тип перелому, рівень активності пацієнта, супутні захворювання або травми, наявність остеопенії й остеопорозу, соціальні чинники. Зазвичай, консервативне лікування рекомендовано для стабільних переломів із мінімальним зміщенням [96]. Крім того, хірургічне втручання ППВПК недоцільно проводити пацієнтам похилого та старечого віку, із субкомпенсованою або декомпенсованою патологією внутрішніх органів або значними когнітивними порушеннями. Найбільші ризики ускладнень під час операції у хворих із ППВПК пов'язані з тяжким системним остеопорозом на фоні ендокринної патології, цукрового діабету, імунодефіциту, хронічного вживання стероїдів, зловживання тютюну, алкоголю та наркотиків та за наявності ревматоїдного артрити [97, 98]. Таким чином, під час планування хірургічного лікування пацієнта з ППВПК слід враховувати такі чинники: тип перелому, фізіологічний і психічний стан, супутні патології, наявність остеопенії й остеопорозу, можливість покращити функціональні результати порівняно з консервативним лікуванням. Крім того, необхідно уникнути можливих ускладнень оперативного втручання ППВПК, серед яких одним із важких (за умов відкритої репозиції та внутрішньої фіксації) є АНГПК. Первинне ендпротезування плечового суглоба для лікування чотирифрагментарних переломів за Neer або 11C2, 11C3 за АО/ОТА дає змогу отримати позитивні результати в більшості хворих [94–98]. У результаті проспективного сліпого рандомізованого контрольованого паралельного дослідження виникли сумніви щодо переваг як ORIF, так і геміартропластики перед консервативним лікуванням пацієнтів старших за 60 років із три- та чотирифрагментарними переломами без вивихів. Навпаки, у розвідках рівня доказовості I і II визначено перевагу ORIF порівняно з геміартропластикою. Тобто, результати виявилися суперечливими, що підкреслює необ-

хідність створення уніфікованих підходів до вибору методу лікування. Зокрема, запропонований алгоритм лікування ППВПК із урахуванням класифікації Neer та віку пацієнта (таблиця) [99–101].

Висновки

Серед наведених класифікацій ППВПК використовуваними є системи Neer та АО/ОТА, класифікації Hertel-Codman та Mayo потребують подальших клінічних підтверджень.

Консервативне лікування ППВПК проводять у 80 % пацієнтів із двофрагментарними переломами за Neer або типів А2/А3 за АО/ОТА. У решті 20 % осіб трапляються три- та чотирифрагментарні ППВПК (типи В і С за АО/ОТА), коли застосування своєї методики призводить до ускладнень, особливо на фоні остеопенії й остеопорозу. Тобто до неправильної консолідації і, як наслідок, розвитку контрактури й артрофіброзу, дисфункції обертальної манжети плеча, іноді — незрощення.

Хірургічне лікування ППВПК рекомендовано в разі переломів типів 11B2-3, 11C2-3 у молодих пацієнтів або в осіб похилого віку, яким необхідна значна функціональність верхньої кінцівки. «Золотим стандартом» лікування більшості пацієнтів із ППВПК, особливо в разі зміщення горбків, є фіксація різними видами LCP-пластин. Проте їхні біомеханічні характеристики, конфігурація та дизайн гвинтів постійно вдосконалюють. Позитивні результати хірургічного втручання ППВПК типів 11B3, 11C2-3 на фоні остеопорозу отримані після встановлення LCP-пластин і ало- або автоімплантатів із малогомілкової кістки.

У разі вальгусних ППВПК типу 11C2-3, які супроводжуються не лише зміщенням, а й компресією губчастої кістки головки плечової кістки, заповнення кісткових дефектів цементом на основі ПММА, або сумішшю ПММА з кальційфосфатом є клінічно ефективним методом лікування.

Медіальні опорні гвинти, заповнення порожнин у кістці й аугментація наконечника гвинта кістковим цементом, а також застосування кісткових трансплантатів є наразі найчастіше застосовуваними методами. Хоча доказів недостатньо, усі згадані стратегії дають змогу досягти та підтримувати стабільну репозицію навіть складних переломів типу 11C2-3.

Блокований інтрамедулярні цвяхи третього покоління мають удосконалені механізми кріплення проксимальних гвинтів і специфічну фіксацію фрагментів кістки, а також пряму геометрію, яка дозволяє встановлювати цвях медіально до закріплення сухожилка надостьового м'яза. Проте

хірургічне лікування ППВПК типу 11С2-11С3 зі значним зміщенням із використанням ІБЦ залишається суперечливим.

Хірургічне лікування пацієнтам із ППВПК слід проводити, коли можна покращити функціональні результати порівняно з консервативним і уникнути післяопераційних ускладнень. Найважчим із них після відкритої репозиції та внутрішньої фіксації є асептичний некроз головки плечової кістки.

Первинне реверсивне ендопротезування плечового суглоба для лікування чотирифрагментарних переломів за Neer або 11С2, 11С3 за АО/ОТА дає змогу отримати позитивні результати в більшості пацієнтів.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури

- Epidemiology of proximal humeral fractures: a detailed survey of 711 patients in a metropolitan area / D. Passaretti, V. Candela, P. Sessa, S. Gumina // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2017. — Vol. 26 (12). — P. 2117–2124. — DOI: 10.1016/j.jse.2017.05.029.
- Nationwide trends in management of proximal humeral fractures: an analysis of 77,966 cases from 2008 to 2017 / A. S. McLean, N. Price, S. Graves [et al.] // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2019. — Vol. 28(11). — P. 2072–2078. — DOI: 10.1016/j.jse.2019.03.034.
- Trends in surgical management of proximal humeral fractures in adults: a nationwide study of records in Germany from 2007 to 2016 / A. Klug, Y. Gramlich, D. Wincheringer [et al.] // *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. — 2019. — Vol. 139 (12). — P. 1713–1721. — DOI: 10.1007/s00402-019-03252-1.
- Trending a decade of proximal humerus fracture management in older adults / A. H. Patel, J. H. Wilder, S. A. Ofa [et al.] // *JSES International*. — 2021. — Vol. 6 (1). — P. 137–143. — DOI: 10.1016/j.jseint.2021.08.006.
- Epidemiology of proximal humerus fractures / S. Iglesias-Rodríguez, D. M. Domínguez-Prado, A. García-Reza [et al.] // *Journal of Orthopaedic Surgery*. — 2021. — Vol. 16 (1). — Article ID : 402. — DOI: 10.1186/s13018-021-02551-x.
- Trends in incidence of proximal humerus fractures, surgical procedures and outcomes among elderly hospitalized patients with and without type 2 diabetes in Spain (2001-2013) / M. A. Martínez-Huedo, R. Jiménez-García, E. Mora-Zamorano [et al.] // *BMC Musculoskeletal Disorders*. — 2017. — Vol. 18 (1). — Article ID : 522. — DOI: 10.1186/s12891-017-1892-7.
- Operative versus non-operative treatment for 2-part proximal humerus fracture: A multicenter randomized controlled trial / A. P. Launonen, B. O. Sumrein, A. Reito [et al.] // *PLoS Medicine*. — 2019. — Vol. 16 (7). — Article ID : e1002855. — DOI: 10.1371/journal.pmed.1002855.
- Proximal humerus fractures: epidemiology and trends in surgical management of hospital-admitted patients in Portugal / M. Relvas Silva, D. Linhares, M. J. Leite [et al.] // *JSES International*. — 2022. — Vol. 6 (3). — P. 380–384. — DOI: 10.1016/j.jseint.2021.12.003.
- Proximal humeral fractures in Finland : trends in the incidence and methods of treatment between 1997 and 2019 / O. K. Leino, K. K. Lehtimäki, K. Makela [et al.] // *The bone & joint journal*. — 2022. — Vol. 104-B (1). — P. 150–156. — DOI: 10.1302/0301-620X.104B1.BJJ-2021-0987.R1.
- Trends in surgical management of proximal humeral fractures in adults: a nationwide study of records in Germany from 2007 to 2016 / A. Klug, Y. Gramlich, D. Wincheringer [et al.] // *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. — 2019. — Vol. 139 (12). — P. 1713–1721. — DOI: 10.1007/s00402-019-03252-1.
- Nationwide trends in management of proximal humeral fractures: an analysis of 77,966 cases from 2008 to 2017 / A. S. McLean, N. Price, S. Graves [et al.] // *Journal of shoulder and elbow surgery*. — 2019. — Vol. 28 (11). — P. 2072–2078. — DOI: 10.1016/j.jse.2019.03.034.
- Evidence-based algorithm to treat patients with proximal humerus fractures—a prospective study with early clinical and overall performance results / C. Spross, J. Meester, R. A. Maz-zucchelli [et al.] // *Journal of shoulder and elbow surgery*. — 2019. — Vol. 28 (6). — P. 1022–1032. — DOI: 10.1016/j.jse.2019.02.015.
- Outcomes of management of proximal humeral fractures with patient-specific, evidence-based treatment algorithms / C. Spross, V. Zdravkovic, M. Manser [et al.] // *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. — 2021. — Vol. 103 (20). — P. 1906–1916. — DOI: 10.2106/JBJS.20.01309.
- Proximal humeral fractures in Sweden—a registry-based study / B. O. Sumrein, T. T. Huttunen, A. P. Launonen [et al.] // *Osteoporosis International*. — 2017. — Vol. 28 (3). — P. 901–907. — DOI: 10.1007/s00198-016-3808-z.
- Arthroplasty treatment of proximal humerus fractures: 14-year trends in the United States / W. W. Schairer, B. U. Nwachukwu, S. Lyman, L. V. Gulotta // *The Physician and sportsmedicine*. — 2017. — Vol. 45 (2). — P. 92–96. — DOI: 10.1080/00913847.2017.1311199.
- Revision rates and associated risk factors after shoulder arthroplasty / N. Walter, D. W. Lowenberg, S. M. Kurtz [et al.] // *Journal of clinical medicine*. — 2022. — Vol. 11 (24). — Article ID : 7256. — DOI: 10.3390/jcm11247256.
- Codman E. A. *The Shoulder: rupture of the supraspinatus tendon and other lesions in or about the subacromial bursa* / E. A. Codman. — T. Todd Company; Arlington, TX, USA, 1934.
- Neer C. S. 2nd. *Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation* / C. S. Neer // *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. — 1970. — Vol. 52 (6). — P. 1077–1089.
- Reproducibility of three classifications of proximal humeral fractures / F. Carrerra Eda, A. Wajnsztein, M. Lenza, N. A. Netto // *Einstein (Sao Paulo)*. — 2012. — Vol. 10 (4). — P. 473–479. — DOI: 10.1590/s1679-45082012000400014. (in English, Portuguese)
- Interobserver and intraobserver agreement of three-dimensionally printed models for the classification of proximal humeral fractures / H. Bougher, P. Buttner, J. Smith [et al.] // *JSES International*. — 2020. — Vol. 5 (2). — P. 198–204. — DOI: 10.1016/j.jseint.2020.10.019.
- Muller M. E. *The comprehensive classification of fractures of long bones* / M. E. Muller. — Springer; Berlin/Heidelberg, Germany, 1990.
- Müller U., Grützner P.A., Studier-Fischer S. *Orthopädie und Unfallchirurgie update* / U. Müller, P. A. Grutzner, S. Studier-Fischer // *GeJorg. Thieme Verl.* — 2020. — Vol. 15. — P. 127–140. — DOI: 10.1055/a-0816-1543.
- Proximal humeral fracture classification systems revisited / A. Majed, I. Macleod, A. M. Bull [et al.] // *Journal of shoulder and elbow surgery*. — 2011. — Vol. 20 (7). — P. 1125–1132. — DOI: 10.1016/j.jse.2011.01.020.
- A comprehensive classification of proximal humeral fractures: HGLS system / A. V. Sukthankar, D. T. Leonello, R. W. Hertel [et al.] // *Journal of shoulder and elbow surgery*. — 2013. — Vol. 22 (7). — P. e1–e6. — DOI: 10.1016/j.jse.2012.09.018.

25. Internal fixation of proximal humeral fractures / J. W. Harrison, D. W. Howcroft, J. G. Warner, S. P. Hodgson // *Acta orthopaedica Belgica*. — 2007. — Vol. 73 (1). — P. 1–11.
26. Predictors of humeral head ischemia after intracapsular fracture of the proximal humerus / R. Hertel, A. Hempfing, M. Stiehler, M. Leunig // *Journal of shoulder and elbow surgery*. — 2004. — Vol. 13 (4). — P. 427–433. — DOI: 10.1016/j.jse.2004.01.034.
27. Schumaier A. Proximal humerus fractures: evaluation and management in the elderly patient / A. Schumaier, B. Grawe // *Geriatric orthopaedic surgery & rehabilitation*. — 2018. — Vol. 9. — Article ID : 2151458517750516. — DOI: 10.1177/2151458517750516.
28. Classification of proximal humeral fractures based on a pathomorphologic analysis / H. Resch, M. Tauber, R. J. Neviasser [et al.] // *Journal of shoulder and elbow surgery*. — 2016. — Vol. 25 (3). — P. 455–462. — DOI: 10.1016/j.jse.2015.08.006.
29. Classification of proximal humerus fractures according to pattern recognition is associated with high intraobserver and interobserver agreement / A. M. Foruria, N. Martinez-Catalan, B. Pardos [et al.] // *JSES International*. — 2022. — Vol. 6 (4). — P. 563–568. — DOI: 10.1016/j.jseint.2022.03.005.
30. Classification and treatment of proximal humerus fractures: inter-observer reliability and agreement across imaging modalities and experience / A. Foroohar, R. Tosti, J. M. Richmond [et al.] // *Journal of orthopaedic surgery and research*. — 2011. — Vol. 6. — Article ID : 38. — DOI: 10.1186/1749-799X-6-38.
31. Neer C. S. Four-segment classification of proximal humeral fractures: purpose and reliable use / C. S. Neer // *Journal of shoulder and elbow surgery*. — 2002. — Vol. 11. — P. 389–400. — DOI: 10.1067/mse.2002.124346.
32. Outcomes for type C proximal humerus fractures in the adult population: comparison of nonoperative treatment, locked plate fixation, and reverse shoulder arthroplasty / S. A. Samborski, B. E. Haws, S. Karnyski [et al.] // *JSES International*. — 2022. — Vol. 6 (5). — P. 755–762. — DOI: 10.1016/j.jseint.2022.05.006.
33. Proximal humeral fractures in Sweden—a registry-based study / B. O. Sumrein, T. T. Huttunen, A. P. Launonen [et al.] // *Osteoporosis International*. — 2017. — Vol. 28 (3). — P. 901–907. — DOI: 10.1007/s00198-016-3808-z.
34. How age and gender influence proximal humerus fracture management in patients older than fifty years / A. H. Patel, J. H. Wilder, S. A. Ofa [et al.] // *JSES International*. — 2021. — Vol. 6 (2). — P. 253–258. — DOI: 10.1016/j.jseint.2021.11.007.
35. Operative versus nonoperative treatment of proximal humeral fractures: a systematic review, meta-analysis, and comparison of observational studies and randomized controlled trials / R. B. Beks, Y. Ochen, H. Frima [et al.] // *Journal of shoulder and elbow surgery*. — 2018. — Vol. 27 (8). — P. 1526–1534. — DOI: 10.1016/j.jse.2018.03.009.
36. Jawa A. Treatment of proximal humeral fractures: a critical analysis review / A. Jawa, D. Burnikel // *JBJS reviews*. — 2016. — Vol. 4 (1). — Article ID : e2. — DOI: 10.2106/JBJS.RVW.O.00003.
37. Court-Brown C. M. Impacted Valgus Fractures (B1.1) of the proximal humerus. the results of non-operative treatment / C. M. Court-Brown, H. Cattermole, M. M. McQueen // *The Journal of bone and joint surgery. British volume*. — 2002. — Vol. 84 (4). — P. 504–508. — DOI: 10.1302/0301-620x.84b4.12488.
38. Surgical vs nonsurgical treatment of adults with displaced fractures of the proximal humerus: The PROFHER Randomized Clinical Trial / A. Rangan, H. Handoll, S. Brealey [et al.] // *JAMA*. — 2015. — Vol. 313 (10). — P. 1037–1047. — DOI: 10.1001/jama.2015.1629.
39. Operative versus nonoperative treatment of proximal humeral fractures: a systematic review, meta-analysis, and comparison of observational studies and randomized controlled trials / R. B. Beks, Y. Ochen, H. Frima [et al.] // *Journal of shoulder and elbow surgery*. — 2018. — Vol. 27 (8). — P. 1526–1534. — DOI: 10.1016/j.jse.2018.03.009.
40. Correlation of radiological parameters to functional outcome in complex proximal humerus fracture fixation: A study of 127 cases / J. Dheenadhayalan, V. D. Prasad, A. Devendra, S. Rajasekaran // *Journal of Orthopaedic Surgery*. — 2019. — Vol. 27 (2). — DOI: 10.1177/2309499019848166.
41. Operative treatment of proximal humeral fractures with reverse total shoulder arthroplasty in patients ≥ 65 years old: a critical analysis review / C. C. Lin, E. Karlin, M. A. Boin [et al.] // *JBJS Review*. — 2022. — Vol. 10 (5). — DOI: 10.2106/JBJS.RVW.21.00245.
42. Jo Y. H. Surgical trends in elderly patients with proximal humeral fractures in South Korea: a population-based study / Y. H. Jo, K. H. Lee, B. G. Lee // *BMC Musculoskeletal Disorders*. — 2019. — Vol. 20 (1). — Article ID : 136. — DOI: 10.1186/s12891-019-2515-2.
43. Fracture line morphology of greater tuberosity fragments of neer three- and four-part proximal humerus fractures / J. Ju, M. Ma, Y. Zhang [et al.] // *Orthopaedic surgery*. — 2022. — DOI: 10.1111/os.13523. — Epub ahead of print.
44. Effect of osteoporosis on proximal humerus fractures / A. Taskesen, A. Gocer, K. Uzel, Y. U. Yaradilmis // *Geriatric orthopaedic surgery & rehabilitation*. — 2020. — Vol. 11. — Article ID : 2151459320985399. — DOI: 10.1177/2151459320985399.
45. The reliability of the Neer classification for proximal humerus fractures: a survey of orthopedic shoulder surgeons / M. Chelli, G. Gasbarro, V. Lavoue [et al.] // *JSES International*. — 2022. — Vol. 6 (3). — P. 331–337. — DOI: 10.1016/j.jseint.2022.02.006.
46. Comparison of optimal screw configurations in two locking plate systems for proximal humerus fixation - a finite element analysis study / D. Mischler, S. Babu, G. Osterhoff [et al.] // *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. — 2020. — Vol. 78. — Article ID : 105097. — DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2020.105097.
47. The influence of screw length on predicted cut-out failures for proximal humeral fracture fixations predicted by finite element simulations / J. W. A. Fletcher, M. Windolf, L. Grunwald [et al.] // *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. — 2019. — Vol. 139 (8). — P. 1069–1074. — DOI: 10.1007/s00402-019-03175-x.
48. The plate fixation strategy of complex proximal humeral fractures / Q. Sun, X. Wu, L. Wang, M. Cai // *International orthopaedics*. — 2020. — Vol. 44 (9). — P. 1785–1795. — DOI: 10.1007/s00264-020-04544-7.
49. Current concepts in locking plate fixation of proximal humerus fractures / C. J. Laux, F. Grubhofer, C. M. L. Werner [et al.] // *Journal of orthopaedic surgery and research*. — 2017. — Vol. 12 (1). — Article ID : 137. — DOI: 10.1186/s13018-017-0639-3.
50. Locking plate fixation of proximal humerus fractures in patients older than 60 years continues to be associated with a high complication rate / J. D. Barlow, A. L. Logli, S. P. Steinmann [et al.] // *Journal of shoulder and elbow surgery*. — 2020. — Vol. 29 (8). — P. 1689–1694. — DOI: 10.1016/j.jse.2019.11.026.
51. Why locking plates for the proximal humerus do not fit well / H. Kim, Y. G. Chung, J. S. Jang [et al.] // *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. — 2022. — Vol. 142 (2). — P. 219–226. — DOI: 10.1007/s00402-020-03676-0.
52. Cross-elements to enhance fixation in osteoporotic bone with application to proximal humeral locking plates: a biomechanical study / E. Gonzalez-Hernandez, W. S. Pietrzak, S. Jain, H. E. Lapica // *Journal of shoulder and elbow surgery*. — 2020. — Vol. 29 (8). — P. 1606–1614. — DOI: 10.1016/j.jse.2019.12.017.
53. Macy J. Fixation of a proximal humeral fracture using a novel intramedullary cage construct following a failed conservative treatment / J. Macy // *Case reports in orthopedics*. — 2017. — Vol. 2017. — Article ID : 4347161. — DOI: 10.1155/2017/4347161.
54. Intramedullary cage fixation for proximal humerus fractures

- has low reoperation rates at 1 year: results of a multicenter study / L. H. Goodnough, S. T. Campbell, T. C. Githens [et al.] // *Journal of orthopaedic trauma*. — 2020. — Vol. 34 (4). — P. 193–198. — DOI: 10.1097/BOT.0000000000001712.
55. Three- and 4-part proximal humeral fracture fixation with an intramedullary cage: 1-year clinical and radiographic outcomes / J. L. Hudgens, J. Jang, K. Aziz [et al.] // *Journal of shoulder and elbow surgery*. — 2019. — Vol. 28 (6S). — P. S131–S137. — DOI: 10.1016/j.jse.2019.05.002.
 56. Favorito P. Proximal humeral fractures treated with an intramedullary cage and plate: clinical and radiographic outcomes at a minimum of 1 year postoperatively / P. Favorito, B. Kohrs, D. Donnelly // *Journal of shoulder and elbow surgery*. — 2021. — Vol. 30 (12). — P. 2786–2794. — DOI: 10.1016/j.jse.2021.05.001.
 57. Endosteal strut augment reduces complications associated with proximal humeral locking plates / A. S. Neviasser, C. M. Hettrich, B. S. Beamer [et al.] // *Clinical orthopaedics and related research*. — 2011. — Vol. 469 (12). — P. 3300–3306. — DOI: 10.1007/s11999-011-1949-0.
 58. Intramedullary cortical bone strut improves the cyclic stability of osteoporotic proximal humeral fractures / C. K. Hsiao, Y. J. Tsai, C. Y. Yen [et al.] // *BMC Musculoskeletal Disorders*. — 2017. — Vol. 18 (1). — Article ID :64. — DOI: 10.1186/s12891-017-1421-8.
 59. The proximal humeral locking plate positioning to the pectoralis major tendon in achieving the proper calcar screw location: a cadaveric study / N. Kulkamthorn, N. Rungrattanawilai, T. Tarunotai [et al.] // *Journal of orthopaedic surgery and research*. — 2022. — Vol. 17 (1). — Article ID :6. — DOI: 10.1186/s13018-021-02892-7.
 60. Proximal humeral fractures: the role of calcium sulphate augmentation and extended deltoid splitting approach in internal fixation using locking plates / K. Somasundaram, C. P. Huber, V. Babu, H. Zadeh // *Injury*. — 2013. — Vol. 44 (4). — P. 481–487. — DOI: 10.1016/j.injury.2012.10.030.
 61. Fragility fracture care and orthogeriatric comanagement / C. Kammerlander, H. K. Doshi, W. Bocker, M. Gosch // *BioMed research international*. — 2016. — Vol. 2016. — Article ID :2056376. — DOI: 10.1155/2016/2056376.
 62. Mechanical quantification of local bone quality in the humeral head: a feasibility study / A. Scola, F. Gebhard, S. Weckbach [et al.] // *The open orthopaedics journal*. — 2013. — Vol. 7. — P. 172–176. — DOI: 10.2174/1874325001307010172.
 63. The biocompatibility of porous vs non-porous bone cements: a new methodological approach / C. Dall'Oca, T. Maluta, F. Cavani [et al.] // *European journal of histochemistry*. — 2014. — Vol. 58 (2). — Article ID :2255. — DOI: 10.4081/ejh.2014.2255.
 64. Evaluation of biocompatibility, osteointegration and biomechanical properties of the new Calcemex® cement: An in vivo study / T. Maluta, U. Lavagnolo, L. Segalla [et al.] // *European journal of histochemistry*. — 2022. — Vol. 66 (1). — Article ID :3313. — DOI: 10.4081/ejh.2022.3313.
 65. Jabran A. Biomechanical analysis of plate systems for proximal humerus fractures: a systematic literature review / A. Jabran, C. Peach, L. Ren // *Biomedical engineering online*. — 2018. — Vol. 17 (1). — Article ID :47. — DOI: 10.1186/s12938-018-0479-3.
 66. Anglin C. Glenohumeral contact forces / C. Anglin, U. P. Wyss, D. R. Pichora // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part H, Journal of engineering in medicine*. — 2000. — Vol. 214 (6). — P. 637–644. — DOI: 10.1243/0954411001535660.
 67. In vivo glenohumeral contact forces--measurements in the first patient 7 months postoperatively / G. Bergmann, F. Graichen, A. Bender [et al.] // *Journal of biomechanics*. — 2007. — Vol. 40 (10). — P. 2139–2149. — DOI: 10.1016/j.jbiomech.2006.10.037.
 68. A novel technique for treatment of metaphyseal voids in proximal humerus fractures in elderly patients / S. Hristov, L. Visscher, J. Winkler [et al.] // *Medicina (Kaunas)*. — 2022. — Vol. 58 (10). — Article ID :1424. — DOI: 10.3390/medicina58101424.
 69. Does cement augmentation of the screws in angular stable plating for proximal humerus fractures influence the radiological outcome: a retrospective assessment / D. Knierzinger, U. Crepez-Eger, C. Hengg, F. Kralinger // *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. — 2020. — Vol. 140 (10). — P. 1413–1421. — DOI: 10.1007/s00402-020-03362-1.
 70. Screw augmentation reduces motion at the bone-implant interface: a biomechanical study of locking plate fixation of proximal humeral fractures / B. Schliemann, R. Seifert, S. B. Rosslenbroich [et al.] // *Journal of shoulder and elbow surgery*. — 2015. — Vol. 24 (12). — P. 1968–1973. — DOI: 10.1016/j.jse.2015.06.028.
 71. Screws with larger core diameter and lower thread pitch increase the stability of locked plating in osteoporotic proximal humeral fractures / B. Schliemann, N. Risse, A. Frank [et al.] // *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. — 2019. — Vol. 63. — P. 21–26. — DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2019.02.006.
 72. Biomechanical effect of medial cortical support and medial screw support on locking plate fixation in proximal humeral fractures with a medial gap: a finite element analysis / P. Yang, Y. Zhang, J. Liu [et al.] // *Acta orthopaedica et traumatologica turcica*. — 2015. — Vo. 49 (2). — P. 203–209. — DOI: 10.3944/AOTT.2015.14.0204.
 73. Calcar screw position in proximal humerus fracture fixation: Don't miss high! / S. Mehta, M. Chin, J. Sanville [et al.] // *Injury*. — 2018. — Vol. 49 (3). — P. 624–629. — DOI: 10.1016/j.injury.2018.02.007.
 74. Digital analysis of external fixation area of proximal humerus fractures in elderly patients / B. Xing, Y. Zhang, X. Hou [et al.] // *BMC Musculoskeletal Disorders*. — 2021. — Vol. 22 (1). — Article ID :991. — DOI: 10.1186/s12891-021-04826-0.
 75. Application of a lateral intertubercular sulcus plate in the treatment of proximal humeral fractures: a finite element analysis / D. Li, W. Lv, W. Chen [et al.] // *BMC Surgery*. — 2022. — Vol. 22 (1). — Article ID :98. — DOI: 10.1186/s12893-022-01557-4.
 76. Augmentation of plate osteosynthesis for proximal humeral fractures: a systematic review of current biomechanical and clinical studies / N. Biermann, W. C. Prall, W. Bocker [et al.] // *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. — 2019. — Vol. 139 (8). — P. 1075–1099. — DOI: 10.1007/s00402-019-03162-2.
 77. Technique of Kirschner wire reduction and fixation of displaced two-part valgus angulated proximal humerus fractures at the surgical neck / M. Seyhan, B. Kocaoglu, U. Nalbantoglu [et al.] // *Journal of orthopaedic trauma*. — 2012. — Vol. 26 (6). — P. e46–e50. — DOI: 10.1097/BOT.0b013e3182254ecc.
 78. Radiographic evaluation of the consolidation of humerus surgical neck fractures treated with percutaneous fixation / I. F. Simionato, J. P. F. Brunelli, M. T. Ferreira [et al.] // *Revista brasileira de ortopedia (Sao Paulo)*. — 2020. — Vol. 55 (3). — P. 347–352. — DOI: 10.1055/s-0039-3402463.
 79. A novel technique of proximal humerus fixation / M. N. Baig, M. Diack, B. Murphy, K. Kaar // *Cureus*. — 2020. — Vol. 12 (4). — Article ID : e7706. — DOI: 10.7759/cureus.7706.
 80. Factors influencing surgical management of proximal humerus fractures: do shoulder and trauma surgeons differ? / K. A. Hao, D. A. Patch, L. A. Reed [et al.] // *Journal of shoulder and elbow surgery*. — 2022. — Vol. 31 (6). — P. e259–e269. — DOI: 10.1016/j.jse.2021.11.016.
 81. The amount of humeral head impaction of proximal humeral fractures fixed with the Humerusblock device / S. Carbone, P. Moroder, V. Arceri [et al.] // *International orthopaedics*. — 2014. — Vol. 38 (7). — P. 1451–1459. — DOI: 10.1007/s00264-

- 014-2327-9.
82. Minimally invasive treatment of displaced proximal humeral fractures in patients older than 70 years using the Humerusblock / R. Bogner, R. Ortmaier, P. Moroder [et al.] // *BioMed research international*. — 2016. — Vol. 2016. — Article ID : 6451849. — DOI: 10.1155/2016/6451849.
 83. Midterm outcome and complications after minimally invasive treatment of displaced proximal humeral fractures in patients younger than 70 years using the Humerusblock / M. Tauber, C. Hirzinger, T. Hoffelner [et al.] // *Injury*. — 2015. — Vol. 46 (10). — P. 1914–1920. — DOI: 10.1016/j.injury.2015.05.017.
 84. Sobel A. D. Fixation of a proximal humerus fracture with an intramedullary nail / A. D. Sobel, K. N. Shah, E. S. Paxton // *Journal of orthopaedic trauma*. — 2017. — Vol. 31 (Suppl 3). — P. S47–S49. — DOI: 10.1097/BOT.0000000000000909.
 85. Is locking nailing of humeral head fractures superior to locking plate fixation? / G. Gradl, A. Dietze, M. Kaab [et al.] // *Clinical orthopaedics and related research*. — 2009. — Vol. 467 (11). — P. 2986–2993. — DOI: 10.1007/s11999-009-0916-5.
 86. Is antegrade nailing a proper option in 2- and 3-part proximal humeral fractures? / S. Congia, A. Palmas, G. Marongiu, A. Capone // *Musculoskeletal surgery*. — 2020. — Vol. 104 (2). — P. 179–185. — DOI: 10.1007/s12306-019-00610-5.
 87. Antegrade nailing versus locking plate of 2-and 3-part proximal humerus fractures / G. R. Gomes, R. A. Maciel, J. I. Almeida Neto [et al.] // *Acta ortopedica brasileira*. — 2022. — Vol. 30 (5). — Article ID : e256113. — DOI: 10.1590/1413-785220223005e256113.
 88. Fixation of 4-part fractures of the proximal humerus: Can we identify radiological criteria that support locking plates or IM nailing? Comparative, retrospective study of 107 cases / F. Gadea, L. Favard, P. Boileau [et al.] // *Orthopaedics & traumatology, surgery & research*. — 2016. — Vol. 102 (8). — P. 963–970. — DOI: 10.1016/j.otsr.2016.09.015.
 89. MutiLoc nail versus Philos Plate in treating proximal humeral fractures: a retrospective study among the elderly / G. Bu, W. Sun, J. Li [et al.] // *Geriatric orthopaedic surgery & rehabilitation*. — 2021. — Vol. 12. — Article ID : 21514593211043961. — DOI: 10.1177/21514593211043961.
 90. Technique and clinical results of a new intramedullary support nail and plate system for fixation of 3- or 4- part proximal humeral fractures in older adults / X. Bai, Z. Zhu, Z. Chang [et al.] // *BMC Musculoskeletal Disorders*. — 2022. — Vol. 23 (1). — Article ID : 1033. — DOI: 10.1186/s12891-022-05998-z.
 91. Locking intramedullary nails versus locking plates for the treatment of proximal humerus fractures / M. E. C. Gracitelli, E. A. Malavolta, J. H. Assunção [et al.] // *Expert review of medical devices*. — 2017. — Vol. 14 (9). — P. 733–739. — DOI: 10.1080/17434440.2017.1364624.
 92. Locking plates versus intramedullary nails in the management of displaced proximal humeral fractures: a systematic review and meta-analysis / Q. Sun, W. Ge, G. Li [et al.] // *International orthopaedics*. — 2018. — Vol. 42 (3). — P. 641–650. — DOI: 10.1007/s00264-017-3683-z.
 93. Efficacy comparison of intramedullary nails, locking plates and conservative treatment for displaced proximal humeral fractures in the elderly / W. Ge, Q. Sun, G. Li [et al.] // *Clinical interventions in aging*. — 2017. — Vol. 12. — P. 2047–2054. — DOI: 10.2147/CIA.S144084.
 94. Influence of fracture reduction on the functional outcome after intramedullary nail osteosynthesis in proximal humerus fractures / A. Hättich, T. J. Harloff, H. Sari [et al.] // *Journal of clinical medicine*. — 2022. — Vol. 11 (22). — Article ID : 6861. — DOI: 10.3390/jcm11226861.
 95. Operative versus nonoperative treatment of proximal humeral fractures: A systematic review, meta-analysis, and comparison of observational studies and randomized controlled trials / R. B. Beks, Y. Ochen, H. Frima [et al.] // *Journal of shoulder and elbow surgery*. — 2018. — Vol. 27. — P. 1526–1534. — DOI: 10.1016/j.jse.2018.03.009.
 96. Functional outcome after minimally displaced fractures of the proximal part of the humerus / K. J. Koval, M. A. Gallagher, J. G. Marsicano [et al.] // *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. — 1997. — Vol. 79 (2). — P. 203–207. — DOI: 10.2106/00004623-199702000-00006.
 97. Cummings S. R. Epidemiology and outcomes of osteoporotic fractures / S. R. Cummings, L. J. Melton // *Lancet*. — 2002. — Vol. 359. — P. 1761–1767. — DOI: 10.1016/S0140-6736(02)08657-9.
 98. Volgas D. A. Nonunions of the humerus / D. A. Volgas, J. P. Stannard, J. E. Alonso // *Clinical orthopaedics and related research*. — 2004. — No. 419. — P. 46–50. — DOI: 10.1097/00003086-200402000-00008.
 99. Age-independent clinical outcome in proximal humeral fractures: 2-year results using the example of a precontoured locking plate / R. O. Dey Hazra, J. Illner, K. Szweczyk [et al.] // *Journal of clinical medicine*. — 2022. — Vol. 11 (2). — Article ID : 408. — DOI: 10.3390/jcm11020408.
 100. Latest trends in the current treatment of proximal humeral fractures - an analysis of 1162 cases at a level-1 trauma centre with a special focus on shoulder surgery / R. O. Dey Hazra, R. M. Blach, A. Ellwein [et al.] // *Zeitschrift fur Orthopadie und Unfallchirurgie*. — 2022. — Vol. 160 (3). — P. 287–298. — DOI: 10.1055/a-1333-3951. (in English, German)
 101. Failure and revision rates of proximal humeral fracture treatment with the use of a standardized treatment algorithm at a level-1 trauma center / J. C. Katthagen, M. Huber, S. Grabowski [et al.] // *Journal of orthopaedics and traumatology*. — 2017. — Vol. 18 (3). — P. 265–274. — DOI: 10.1007/s10195-017-0457-8.

Стаття надійшла до редакції 12.02.2023

SURGICAL TREATMENT OF THE PROXIMAL HUMERUS FRACTURES IN PATIENTS WITH OSTEOPOROSIS. PROBLEMATIC ISSUES AND DEVELOPMENT PROSPECTS

M. O. Korzh¹, V. B. Makarov²¹ Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv² Municipal non-profit enterprise «City Clinical Hospital № 16» of the Dnipro City Council. Ukraine

✉ Mykola Korzh, MD, Prof. in Traumatology and Orthopaedics: mykola.korzh47@gmail.com

✉ Vasyly Makarov, MD, PhD in Orthopaedics and Traumatology: vasylymakarov2010@gmail.com