

УДК 616.727.2-089.843(045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872025229-37>

Короткострокові результати використання індивідуальних 3D-друкованих базових пластин у зворотному ендопротезуванні плечового суглоба

В. Б. Макаров^{1,2}, М. О. Корж¹

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

² КНП «Міська клінічна лікарня № 16» ДМР, Дніпро, Україна

Objective. To conduct a retrospective analysis of the short-term clinical and radiographic outcomes of reverse total shoulder arthroplasty using custom glenoid base plates in patients with glenoid cavity defects. *Methods.* We retrospectively studied the surgical outcomes of 10 patients with defects of the glenoid cavity who underwent reverse total shoulder arthroplasty using individual glenoid base plates. The average follow-up period post-surgery was (2.6 ± 1.6) years. The mean age of the patients was (62.4 ± 5.6) years, including 7 women (70 %) and 3 men (30 %). Two patients (one woman and one man) underwent RTSA on both shoulders, resulting in a total of 12 RTSA procedures performed on 10 patients. All patients underwent shoulder joint imaging using spiral computed tomography, modeling of the individual base plate implant for the glenoid part of the endoprosthesis, and fabrication of the implant using 3D printing with titanium powder. The function of the shoulder joint was evaluated using the Constant-Murley Shoulder Score (CMS). *Results.* The mean cortical index was 0.38 ± 0.06 . Lateralization and distalization angles were measured at $80^\circ \pm 5.6^\circ$ and $55^\circ \pm 8.2^\circ$, respectively. The average active range of motion for external rotation was $60^\circ \pm 5.5^\circ$, flexion and elevation of the upper limb at the shoulder joint (including the scapula) was $135^\circ \pm 8.4^\circ$, internal rotation was $85^\circ \pm 3.4^\circ$, and abduction of the shoulder joint (including the scapula) was $145^\circ \pm 10.2^\circ$. The mean score on the CMS scale was 85. *Conclusion.* The retrospective analysis demonstrates a significant reduction or complete absence of pain syndrome along with improved functional outcomes in patients after RTSA with glenoid cavity defects when using custom base plates for the glenoid part of the reverse shoulder endoprosthesis. *Keywords.* Reverse total shoulder arthroplasty, RTSA, proximal humerus fracture, glenoid cavity defect, shoulder osteoarthritis, additive technology, 3D printing, porous titanium custom implants, Constant-Murley Score.

Мета. Провести ретроспективний аналіз короткострокових клінічних і рентгенографічних результатів зворотного ендопротезування плечового суглоба з використанням індивідуальних базових пластин у пацієнтів із дефектами суглобової западини лопатки. *Методи.* Вивчено результати хірургічного лікування 10 осіб із дефектами суглобової западини лопатки, яким було проведене RTSA з використанням індивідуальних гленоїдальних базових пластин. Середній післяопераційний термін спостереження — $(2,6 \pm 1,6)$ року. Середній вік пацієнтів становив (7 жінок і 3 чоловіків) $(62,4 \pm 5,6)$ років. Двом особам (жінка та чоловік) виконано RTSA обох плечових суглобів. Отже проведено 12 RTSA 10 хворим. Усім здійснено моделювання та друк на 3D-принтері індивідуального імплантата базової пластини гленоїдальної частини ендопротеза. Функцію плечового суглоба за результатами лікування оцінювали в балах за шкалою Constant-Murley Shoulder Score (CMS). *Результати.* Середній кірковий індекс склав $(0,38 \pm 0,06)$. Кут латералізації склав $80^\circ \pm 5,6^\circ$, дисталізації — $55^\circ \pm 8,2^\circ$. Активний обсяг рухів зовнішньої ротації в середньому склав $60^\circ \pm 5,5^\circ$, згинання та підйому верхньої кінцівки в плечовому суглобі до переду разом із лопаткою — $135^\circ \pm 8,4^\circ$, внутрішньої ротації — $85^\circ \pm 3,4^\circ$, відведення в плечовому суглобі, разом з лопаткою — $145^\circ \pm 10,2^\circ$. Середній бал за шкалою CMS — 85. *Висновок.* Ретроспективний аналіз довів, що в пацієнтів після RTSA з дефектами гленоїдальної западини фіксується зменшення або повна відсутність больового синдрому з одночасним покращенням функціональних показників за умов використання індивідуальних базових пластин гленоїдальної частини зворотного ендопротеза плечового суглоба.

Ключові слова. Зворотне ендопротезування плечового суглоба, перелом проксимального відділу плечової кістки, дефект гленоїдальної западини, остеоартроз плечового суглоба, адитивні технології, 3D-друк, пористі титанові індивідуальні імплантати, Constant-Murley Score

Вступ

Зворотне ендопротезування плечового суглоба (RTSA) є ефективним методом хірургічного лікування багатофрагментарних переломів проксимального відділу плечової кістки на фоні зниження мінеральної щільності кісткової тканини та їх наслідків, особливо в пацієнтів похилого віку [1]. Протягом останніх десятирічь спостерігається збільшення використання RTSA у світі, з одночасним зростанням кількості різних видів зворотних ендопротезів плечового суглоба [2]. Незважаючи на вже існуючий досвід RTSA протягом 40 років, складні втрати кістки суглобової частини лопатки, її деформації залишаються значною проблемою [3]. Викривлення та дефекти гленоїдальної западини можуть виникати внаслідок важких дегенеративних або посттравматичних змін, уроджених аномалій, пухлин або після первинного тотального ендопротезування плеча. Відсутність достатньої площі контакту з базовою пластиною гленоїдального компонента ендопротеза та низька якість кістки призводять до ранньої нестабільності, порушення функцій і болювого синдрому [3, 4].

Для вирішення цього складного питання використовуються різні підходи: ексцентричне розширення фрезами гленоїдальної западини, кісткова ауто- або алопластика, використання металевих базових пластин із альтернативним розташуванням центрального гвинта чи металевих базових пластин із пористими поверхнею чи аугментами [5]. Проте клінічні результати під час їхнього використання залишаються неоднозначними. Високий рівень ускладнень, включаючи нестабільність імплантата, відсутність його інтеграції спонукає на пошук нових методик вирішення проблеми дефектів суглобової западини лопатки [6].

У декількох літературних джерелах уже наведено задовільні короткострокові клінічні та рентгенологічні результати RTSA з використанням індивідуальних імплантатів, отриманих за допомогою адитивних технологій [4–7]. Упровадження комп'ютерного моделювання з подальшим 3Д-друком із титанового порошку для створення індивідуального базового компонента гленоїдальної западини для заміщення дефектів є одним із перспективних напрямів вирішення цього питання.

Мета: ретроспективно проаналізувати короткострокові клінічні та рентгенографічні результати зворотного ендопротезування плечового суглоба з використанням індивідуальних базових

пластин у пацієнтів із дефектами суглобової западини лопатки.

Матеріал і методи

До ретроспективного дослідження увійшли 10 хворих із дефектами суглобової западини лопатки, яким проведене RTSA з використанням індивідуальних базових пластин. Виконання дослідження схвалено комісією з біоетики ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України» (22.04.2019, протокол № 191, 20.02.2023, протокол № 229). Усі пацієнти надали письмову інформовану згоду, підтверджуючи свою добровільну участь і розуміння процедур дослідження, потенційних ризиків і переваг. Середній післяопераційний термін спостереження — $(2,6 \pm 1,6)$ року (від 2 до 5), а середній вік пацієнтів — (7 жінок, 3 чоловіки) $(62,4 \pm 5,6)$ року (від 50 до 70). Двом хворим (жінка та чоловік) проведено RTSA обох плечових суглобів. Отже, виконано 12 RTSA у 10 пацієнтів.

Хірургічне лікування хворих здійснено в період 2019–2025 р. на базі КНП «Міська клінічна лікарня № 16» (Дніпро, Україна). Усі пацієнти відповідали таким умовам включення:

- вік не менше 50 років;
- перелом ПБПК типу 11-B або 11-C за класифікацією АО/ОТА або його наслідками [8];
- остеоартроз плечового суглоба III ст. із наявністю дефекту гленоїдальної западини;
- виражене зниження мінеральної щільності кісткової тканини зі значенням кіркового індексу (KI) $\leq 0,4$.

У 8 осіб (3 чоловіки та 5 жінок) дефект гленоїдальної западини обумовлений посттравматичними змінами, у 2 (жінки) — остеоартритом плечового суглоба.

Усім хворим у передопераційному періоді проводили стандартне клінічне обстеження та рентгенологічне дослідження ПБПК травмованої верхньої кінцівки. Для виявлення особливостей зміщення уламків ПБПК і дефектів гленоїдальної западини всім пацієнтам виконували спіральну комп'ютерну томографію (СКТ).

Дослідження плечового суглоба виконували на спіральному комп'ютерному томографі AQUILION (Toshiba, Японія) з отриманням зрізів для побудови тривимірної моделі і подальшого моделювання індивідуального імплантата базової пластини гленоїдальної частини ендопротеза. На етапі співпраці з інженерами визначалися можливі розміри імплантата, його розташування,

напрямки проведення та кількість гвинтів для фіксації. Створювався також пристрій з пластика, що підлягає стерилізації, для коректної орієнтації та проведення осрової шпичі в гленоїдальну западину. Потім, згідно з отриманими моделями, на 3D-принтерах друкувалися імплантати з порошку титану.

Особливості методики оперативного втручання

Під загальною анестезією в положенні «пляжного крісла» виконувався дельтопекторальний доступ у всіх випадках. Особлива увага на акуратному звільненні м'яких тканин від фрагментів плечової кістки та рубців, як міжфрагментарних, так і між фрагментами плечової кістки та гленоїдальною западиною у випадку застарілих переломів ПВПК. Обов'язковим є необхідність мобілізації ПВПК так, щоб була можливість зробити правильний зріз головки плеча за направляючими, із наступним встановленням ретрактора для зміщення донизу плечової кістки. Залежно від конкретної ситуації можливе проведення мобілізації дельтоподібного м'яза від акроміона. Завжди ретельно видаляють рубцеві тканини в субакроміальному просторі, а також рубці, які заповнюють дефект гленоїдальної западини зі залишками суглобової губи та сухожилка довгої головки біцепса. В усіх випадках для проведення центральної шпичі використовувався надрукований на 3D-принтері пластиковий направляючий пристрій. Після чого на шпичю надягався пластиковий імплантат базової опори аналогічний титановому для визначення його орієнтації, розташування та необхідності видалення м'яких тканин і кістки (але слід уникати надмірного видалення). Далі за допомогою імпактору досягалася пресс-фіт-фіксація надрукованого пористого імплантата. Візуальне підтвердження повної установки проводилося за допомогою перевірки наявності зазору в отворах для гвинтів та легкого ручного тестування з використанням гачка. Імплантат у всіх випадках щільно розташовувався без хитання, для досягнення додаткової початкової його стабільності проводилася фіксація 3,5 мм титановими гвинтами згідно з 3D-плануванням. Далі на конус Морзе базової пластини встановлювалася металева гленосфера, покрита алмазоподібною плівкою (DLC) (рис. 1) із подальшим встановленням плечового компонента ендопротеза та стандартним завершенням хірургічної операції. Усі RTSA виконувалися одним і тим самим хірургом. Додаткове закріплення базової пластини цемент-



Рис. 1. Гленосфера, яка покрита DLC

том не використовувалося в жодному випадку. Ретроверсія ніжки ендопротеза: 10° у 12 випадках.

Реабілітаційний протокол застосовано стандартний. Післяопераційна фіксація верхньої кінцівки у всіх пацієнтів проводилася пов'язкою типу Дезо 4 тижні. Пасивні рухи в ліктьовому та плечовому суглобах дозволені на 2–3 добу після операції під контролем інструктора фізіотерапевта, активні — через 3–4 тижні. Після операції пацієнтів запрошували на контрольні огляди через 3, 6 і 12 місяців, а також щорічно для рентгенографічного оцінювання в двох проєкціях.

Під час використання стандартних зворотних ендопротезів плеча латералізація й офсет залежать від гемісфери та дизайну плечового компонента, а також вкладок. У наших випадках індивідуальне тривимірне біомеханічне моделювання дозволило закладати латералізацію в базову пластину.

Мінеральну щільність кісткової тканини у всіх пацієнтів оцінювали за рентгенограмами плечової кістки в передньо-задній проєкції з обчисленням KI [9]. Наявність дефекту шийки лопатки оцінювалася відповідно до класифікації Nerot-Sirveaux [10, 11].

Латералізація та дисталізація вимірювалися за допомогою кутів, описаних Boutsiadis та співавт. [12].

Рентгенологічна характеристика ознак лізису кісткової тканини навколо гленоїдальної западини проводилася відповідно до класифікації Souter's-Deutsch [13].

У 3 хворих унаслідок травми спостерігався багатофрагментарний перелом ПВПК одночасно з переломом гленоїдальної западини: ІВ типу за класифікацією Ideberg-Goss [14] у 1 пацієнтки, ІІ типу — в 2-х. Через відсутність хірургічного лікування в перші місяці після травми сформувався післятравматичний дефект гленоїдальної западини.

Підсумовуючи зазначимо, що ми ці випадки розглядали в межах концепції післятравматичного остеоартриту плечового суглоба з дефектом гленоїдальної западини, що підлягає класифікації за Walch [15].

Функцію плечового суглоба за результатами лікування оцінювали в балах за шкалою Constant-Murley Shoulder Score (CMS) [16] — функціональною шкалою з максимальним загальним балом 100, що відображає оптимальну функцію плеча. Аналіз результатів лікування здійснювали через 3, 6 і 12 міс. після хірургічного втручання. Бали за системою CMS для кожного пацієнта визначали з точністю до цілого з огляду на цілочисленність шкали.

Статистичний аналіз. Кількісні оцінки визначалися як середнє ($\bar{x}$) $\pm$ середнє квадратичне відхилення середнього арифметичного (SE). Відмінності між функціональними результатами в балах CMS оцінювали за допомогою критерію Тьюкі на рівні значущості $p < 0,05$ на основі результатів одностороннього дисперсійного аналізу (ANOVA).

Результати та їх обговорення

Виконано 10 пацієнтам 12 RTSA. Середній післяопераційний термін спостереження — $(2,6 \pm 1,6)$ року (від 2 до 5). На момент останнього контролю в жодного з прооперованих не зафіксовано ускладнень, які вплинули на кінцевий результат.

KI визначено на рівні $0,38 \pm 0,06$ (0,30–0,40). Тип перелому 11-С за АО/ОТА спостерігався у 8 пацієнтів, остеоартроз плечового суглоба III ст. — у 2-х.

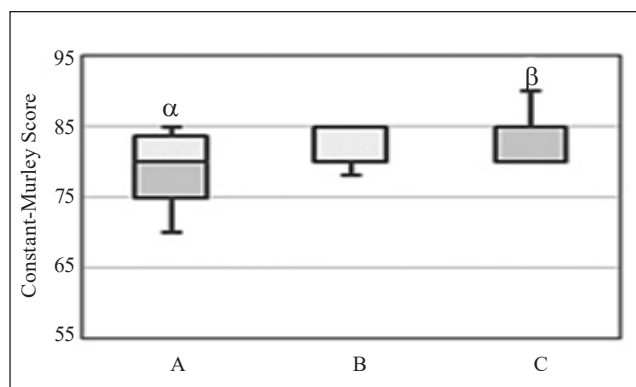


Рис. 2. Динаміка змін функціональних результатів пацієнтів за середніми балами CMS через 3 (А), 6 (В) та 12 (С) міс. після операції; верхня і нижня межі прямокутника — лінії 25 і 75 % кватилів; горизонтальна лінія всередині прямокутника — медіана; темний і світлий колір позначають відповідно 50 і 75 % кватилі; межі вертикальних ліній — мінімальне та максимальне значення; різні літери позначають результати, які мають статистично значущі ($p < 0,05$) відмінності

Згідно з класифікацією дефектів гленоїдальної западини за Walch у 2 осіб спостерігався тип B1, у 2 — B2 і у 6 — тип C [15].

Латералізація та дисталізація [12] зазначена на рівні: кут латералізації — $80^\circ \pm 5,6^\circ$, дисталізації — $55^\circ \pm 8,2^\circ$.

У 2 хворих рентгенологічна характеристика ознак лізису кісткової тканини навколо базової пластини показала через 2 роки II ст. відповідно до класифікації Souter's-Deutsch [13] без ознак порушення функції та больового синдрому.

Скапулярна виїмка, яка є специфічним ускладненням реверсивного ендопротезування плеча за період спостереження не мала місця в жодному випадку.

Активний обсяг рухів зовнішньої ротації в середньому склав $60^\circ \pm 5,5^\circ$, згинання та підйому верхньої кінцівки в плечовому суглобі до переду разом із лопаткою — $135^\circ \pm 8,4^\circ$, внутрішньої ротації — $85^\circ \pm 3,4^\circ$, відведення в плечовому суглобі, разом із лопаткою — $145^\circ \pm 10,2^\circ$. Усі пацієнти задоволені результатом операції. Середній бал за шкалою CMS — 85.

Клінічний приклад

Пацієнт С., 60 років, надійшов до відділення політравми КНП «МКЛ № 16» ДМР з діагнозом: застарілий переломовивих правого і лівого плечових суглобів із вираженою привідною контрактурою та больовим синдромом (АО/ОТА 11-С3, KI = 0,3), 2 міс. після травми, дефект суглобової поверхні гленоїдальної западини за Walch тип C (рис. 3, 4).

За даними СКТ проведено як індивідуальне проектування пластикових 3D-кондукторів під осьову спицю, так і індивідуальне моделювання та виготовлення пористої гленоїдальної опорної пластини під гемісферу ендопротеза Evolutis (рис. 5, 6).

Під загальною та провідниковою анестезією пацієнтові С. на першому етапі виконано: первинне тотальне гібридне реверсивне ендопротезування правого плечового суглоба з індивідуальною пористою титановою опорною 3D-пластиною з урахуванням заміщення дефектів гленоїдальної западини (рис. 7, 8).

Імобілізація пов'язкою типу Дезо тривала 4 тижні. Пасивні рухи в плечовому суглобі під контролем інструктора з лікувальної фізкультури розпочато на 1-му тижні після операції, активні — через 4 тижні. Функція правого плечового суглоба відновилася: показник за Constant-Murley через 3 міс. після операції дорівнював 80 балів, через 6 міс. — 85 балів (рис. 8).



Рис. 3. Фото рентгенограм пацієнта С., 60 років, 11-С3, 2 міс. після травми, дефект суглобової поверхні гленоїдальної западини правого (а) та лівого (б) плечових суглобів

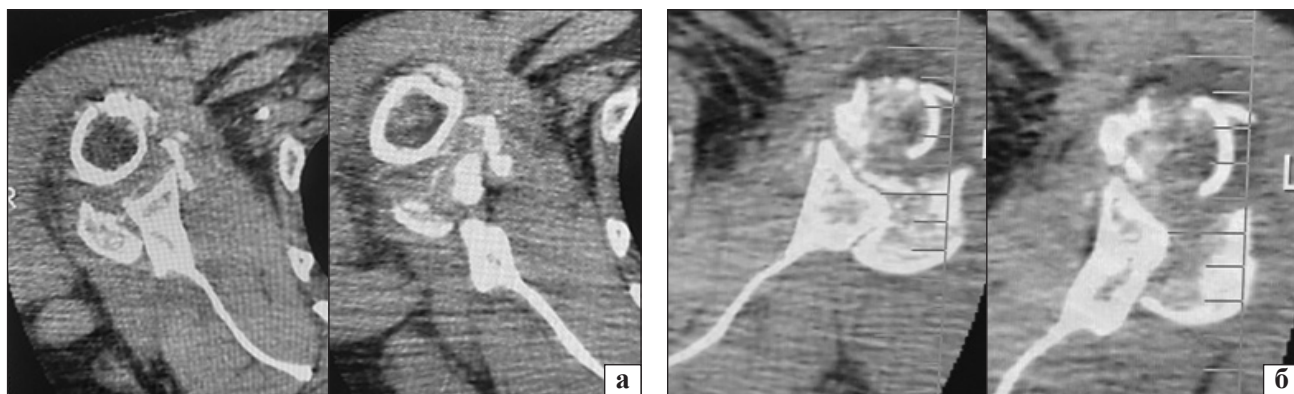


Рис. 4. Фото СКТ-сканів пацієнта С., 60 років, 11-С3, 2 міс. після травми, дефект суглобової поверхні гленоїдальної западини правого (а) та лівого (б) плечових суглобів

На другому етапі через 8 міс. під загальною та проводниковою анестезією пацієнтові С. виконано первинне тотальне гібридне реверсивне ендопротезування лівого плечового суглоба Evolutis з індивідуальною пористою титановою опорною 3D-пластиною з урахуванням заміщення дефектів гленоїдальної западини (рис. 9–12).

Використання 3D-моделювання з урахуванням дефекту гленоїдальної суглобової поверхні та створення індивідуальної гленоїдальної частини реверсивного ендопротеза плечової кістки з трабекулярного титану дозволили отримати відмінний стійкий результат — 85 балів за системою Constant-Murley Shoulder Score.

Перевага RTSA над консервативним лікуванням у пацієнтів дуже похилого віку (старше 80 років) із варусними задньомедіальними та вальгусними імпактними переломами не є однозначно підтвердженою [17]. Водночас, у осіб

віком до 80 років RTSA показало свою перевагу за функціональними результатами порівняно з консервативним лікуванням і геміартропластикою в більшості досліджень. Останні спостереження також демонструють перевагу RTSA над відкритим вправленням та внутрішньою фіксацією у пацієнтів старше 60 років [18]. Більшість авторів рекомендують виконання RTSA в гострій фазі після травми ПБПК, хоча деякі дослідження не виявили суттєвої різниці порівняно з проведенням RTSA у відстроченому періоді після травми [19].

Реверсивне ендопротезування плеча стало успішним хірургічним рішенням для багатьох пацієнтів із переломами ПБПК. Переваги RTSA визнані для переломів із серйозним ураженням головки, проте вони не є такими очевидними для межових варусних задньомедіальних і вальгусних переломів [20].

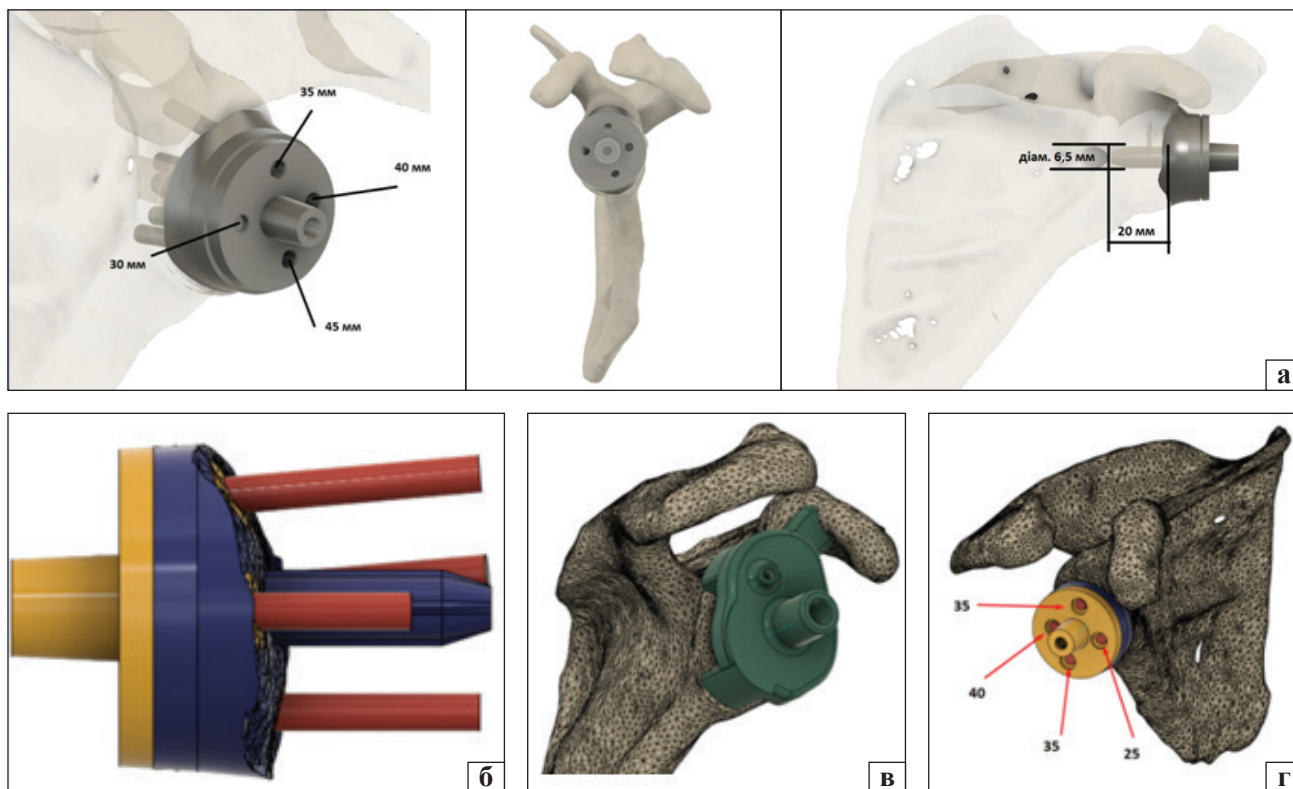


Рис. 5. Етапи моделювання за умов дефекту гленоїдальної западини: різнопроекційне зображення гленоїдальної опорної пластини (а); Custom-моделювання та виготовлення пористої гленоїдальної опорної пластини під гемісферу ендопротеза Evolutis (б); комп'ютерна 3D-модель із кондуктором для осової спиці (в) та гленоїдальної опорної пластини під гемісферу ендопротеза Evolutis з урахуванням заміщення дефектів (г)



Рис. 6. Пластикова надрукована модель розробленої гленоїдальної опорної пластини з урахуванням дефектів гленоїдальної западини лопатки справа

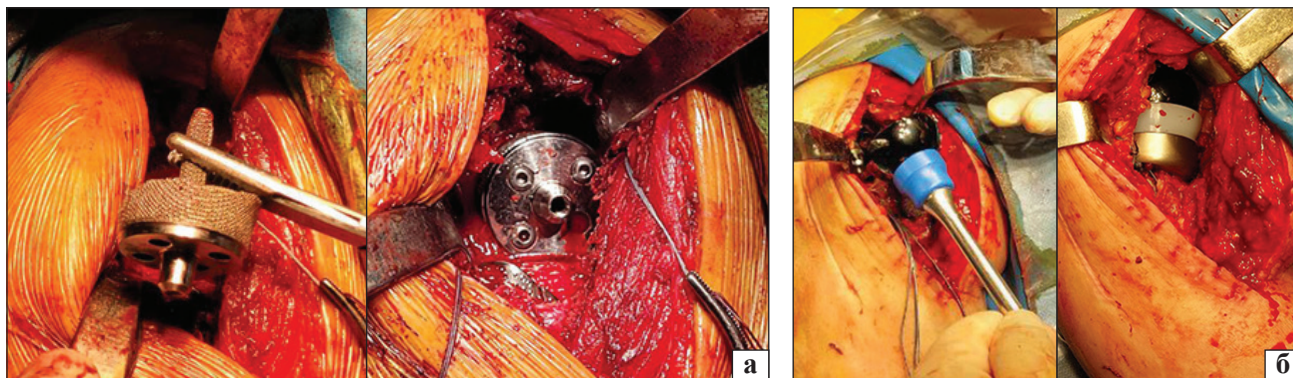


Рис. 7. Етап і хірургічне лікування пацієнта С.: імплантація гленоїдальної опорної 3D-пластини (а) та її вигляд в операційній рані (б)

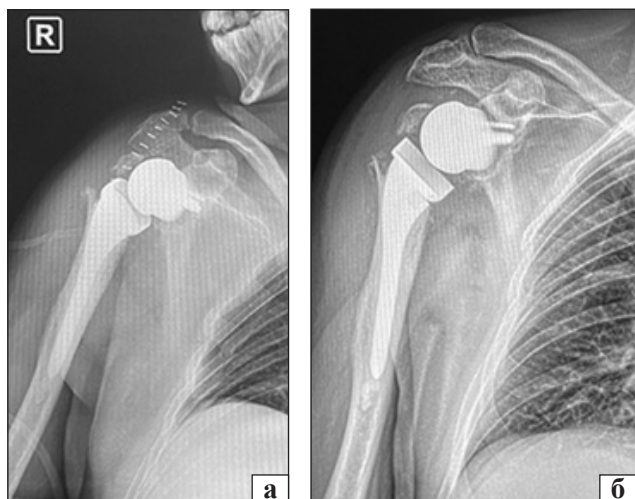


Рис. 8. Рентгенограми пацієнта С. відразу (а) та через 3 міс. (б) після операції

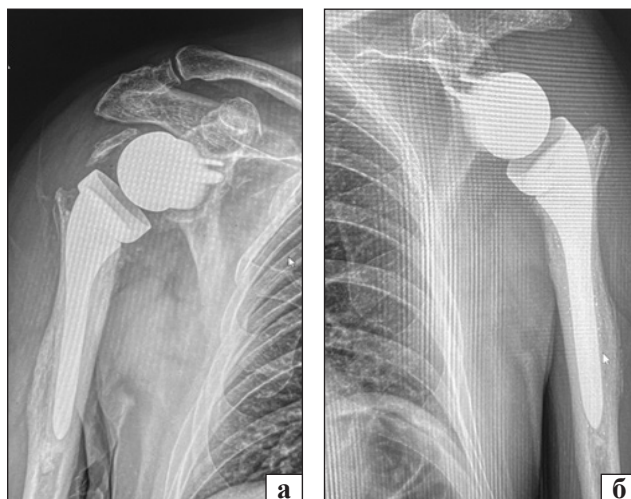


Рис. 11. Фото рентгенограм правого (а) та лівого (б) плечового суглобів пацієнта С. через 2 роки після операції — повна остеointegraція без ознак лізису

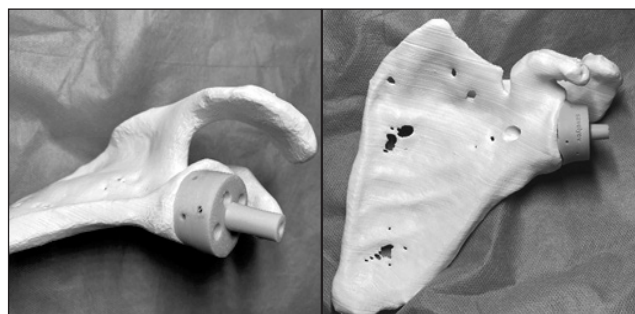


Рис. 9. Пластикова надрукована модель розробленої гленоїдальної опорної пластини з урахуванням дефектів гленоїдальної западини лопатки лівої

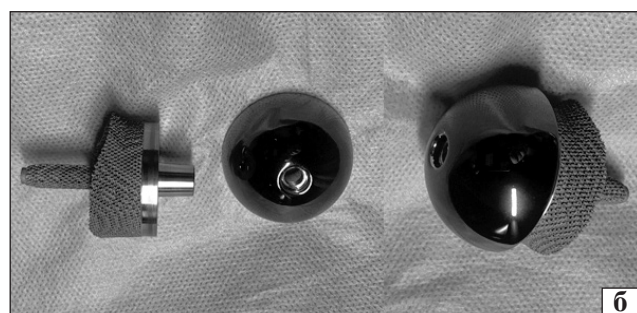
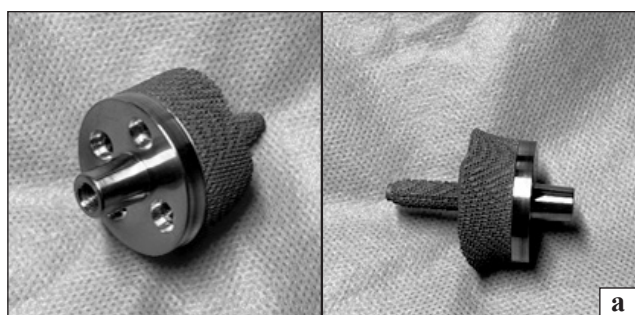


Рис. 10. Надрукована титанова пориста базова індивідуальна гленоїдальна пластина з урахуванням дефектів (а); гленоїдальна пластина з гленосферою, що покрита алмазоподібною плівкою (DLC) (б)



Рис. 12. Фото пацієнта С. через 2 роки після RTSA — функціональний результат

Сучасні конструкції базових (опорних) пластин за RTSA мають низький рівень невдач, але за умов дефектів гленоїдальної западини необхідний подальший аналіз, щоб визначити, чи є критичним ступінь можливості їх застосування чи краще використовувати індивідуальні 3Д-друковані гленоїдальні аугменти або базові пластини [21].

Перші моделі зворотного тотального ендопротезування плеча продемонстрували високі показники ускладнень і повторних операцій, пов'язаних зі структурою стандартної гленоїдної базової пластини. Хоча сучасні версії ендопротезів зменшили кількість випадків невдач, повідомляється про збільшений ризик ускладнень RTSA, коли використовуються кісткові трансплантати для заміщення дефектів гленоїдальної западини протягом перших двох років після операції [22].

У деяких публікаціях [23, 24] доведено, що клінічно значущі покращення, про які повідомляють пацієнти та визначені за допомогою шкал, після RTSA у разі дефектів гленоїдальної западини та використання індивідуальних базових опорних пластин, відмічаються лише через рік після операції. Це робить наші спостереження коректними для порівняння.

Показники анатомо-функціонального покращення, які ми отримали, узгоджуються з результатами попередніх досліджень, які використовували індивідуальні імплантати для усунення дефіциту кістки гленоїдальної западини за RTSA [25].

На сьогодні імплантація базової пластини за RTSA залишається викликом і є технічно складною навіть для досвідченого хірурга. Нестабільність гленоїдального компонента є однією з поширених причин для ревізійного ендопротезування плеча [22–25]. Тому ми вважаємо за доцільне використовувати індивідуальні базові пластини гленоїдальної частини зворотного ендопротеза плечового суглоба в разі дефектів кісткової тканини суглобового відростка лопатки. Наші спостереження свідчать про зменшення або повну відсутність больового синдрому в пацієнтів після RTSA з одночасним зростанням функціональних результатів. Отже зафіксоване значне збільшення обсягу активних рухів і покращення якості життя внаслідок повноцінного використання верхньої кінцівки в повсякденній життєдіяльності.

Обмеженням цієї публікації є ретроспективне дослідження з невеликою кількістю пацієнтів і коротким періодом спостереження, натомість довший є необхідним для визначення тривалості стабільності цих імплантатів.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Перспективи подальших досліджень. Перспективними є дослідження щодо аналізу остеоінтеграції індивідуальних титанових пористих конструкцій, надрукованих на 3Д-принтері й вивчення віддалених результатів після зворотного ендопротезування плечового суглоба.

Інформація про фінансування. Жодної вигоди в будь-якій формі не було і не буде отримано від комерційної сторони, пов'язаної прямо чи опосередковано з предметом цієї статті.

Внесок авторів. Макаров В. Б. — концепція і дизайн, збір та обробка матеріалів, аналіз отриманих даних, написання тексту; Корж М. О. — концепція, написання тексту, редагування тексту.

Список літератури

1. Patel, A. H., Wilder, J. H., Ofa, S. A., Lee, O. C., Iloanya, M. C., Savoie, F. H., & Sherman, W. F. (2022). How age and gender influence proximal humerus fracture management in patients older than fifty years. *JSES international*, 6(2), 253–258. <https://doi.org/10.1016/j.jseint.2021.11.007>
2. Alberio, R. L., Landrino, M., Fornara, P., & Grassi, F. A. (2019). Short-term outcomes of the Grammont reverse shoulder arthroplasty: Comparison between first and second generation delta prosthesis. *Joints*, 07(04), 141–147. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1731010>
3. Entessari, M., Bar-Eli, H., & Bernal, J. (2022). A case of proximal humerus fracture dislocation presenting with failed primary open reduction and internal fixation followed by salvage reverse total shoulder arthroplasty. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.29407>
4. Virani, S., Shah, N., Assiotis, A., Rumian, A., & Uppal, H. (2022). Strategies for the planning of complex shoulder arthroplasty: Use of a custom-made glenoid component in reverse shoulder arthroplasty for a neglected posterior fracture dislocation of the shoulder with malunited scapula fractures and severe eccentric glenoid bone loss. *Shoulder & elbow*, 15(3_suppl), 110–116. <https://doi.org/10.1177/17585732221146180>
5. Gruber, M. S., Schwarz, T., Lindorfer, M., Rittenschober, F., Bischofberger, M., Hochreiter, J., & Ortmaier, R. (2022). Clinical and radiological outcomes after total shoulder arthroplasty using custom-made glenoid components: A systematic review. *Journal of clinical medicine*, 11(24), 7268. <https://doi.org/10.3390/jcm11247268>
6. Twomey-Kozak, J., Adu-Kwarteng, K., Lunn, K., Briggs, D., Hurley, E., Anakwenze, O., & Klifto, C. (2024). Recent advances in the design and application of shoulder arthroplasty implant systems and their impact on clinical outcomes: A comprehensive review. *Orthopedic research and reviews*, 16, 205–220. <https://doi.org/10.2147/orr.s312870>
7. Leafblad, N., Asghar, E., & Tashjian, R. Z. (2022). Innovations in shoulder arthroplasty. *Journal of clinical medicine*, 11(10), 2799. <https://doi.org/10.3390/jcm11102799>
8. Marongiu, G., Leinardi, L., Congia, S., Frigau, L., Mola, F., & Capone, A. (2020). Reliability and reproducibility of the new AO/OTA 2018 classification system for proximal humeral fractures: A comparison of three different classification systems. *Journal of orthopaedics and traumatology*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s10195-020-0543-1>
9. Den Teuling, J., Pauwels, B., Janssen, L., Wyers, C., Janzing, H. M., Van den Bergh, J., & Morrenhof, J. W. (2017). The influence of bone mineral density and cortical index on the complexity of fractures of the proximal humerus. *Bone & joint research*, 6(10), 584–589. <https://doi.org/10.1302/2046-3758.610.bjr-2017-0080>
10. Young, B. L., Cantrell, C. K., & Hamid, N. (2018). Classifications in brief: The nerot-sirveaux classification for scapular notching. *Clinical orthopaedics & related research*, 476(12), 2454–2457. <https://doi.org/10.1097/corr.0000000000000442>
11. Sirveaux, F., Favard, L., Oudet, D., Huquet, D., Walch, G., & Mole, D. (2004). Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral osteoarthritis with massive rupture of the cuff. *The journal of bone and joint surgery*.

- British volume*, 86-B(3), 388–395. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.86b3.14024>
12. Boutsiadis, A., Lenoir, H., Denard, P. J., Panisset, J., Brosard, P., Delsol, P., ... Barth, J. (2018). The lateralization and distalization shoulder angles are important determinants of clinical outcomes in reverse shoulder arthroplasty. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 27(7), 1226–1234. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2018.02.036>
 13. Deutsch, A., Abboud, J. A., Kelly, J., Mody, M., Norris, T., Ramsey, M. L., ... Williams, G. R. (2007). Clinical results of revision shoulder arthroplasty for glenoid component loosening. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 16(6), 706–716. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2007.01.007>
 14. Ideberg, R., Grevsten, S., & Larsson, S. (1995). Epidemiology of scapular fractures incidence and classification of 338 fractures. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 66(5), 395–397. <https://doi.org/10.3109/17453679508995571>
 15. Walch, G., Badet, R., Boulahia, A., & Khoury, A. (1999). Morphologic study of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis. *The journal of arthroplasty*, 14(6), 756–760. [https://doi.org/10.1016/s0883-5403\(99\)90232-2](https://doi.org/10.1016/s0883-5403(99)90232-2)
 16. Constant, C. R., & G. Murley, A. H. (1987). A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clinical orthopaedics and related research*, 214(&NA;), 160–164. <https://doi.org/10.1097/00003086-198701000-00023>
 17. Franceschi, F., Giovannetti de Sanctis, E., Gupta, A., Athwal, G. S., & Di Giacomo, G. (2023). Reverse shoulder arthroplasty: State-of-the-art. *Journal of ISAKOS*, 8(5), 306–317. <https://doi.org/10.1016/j.jisako.2023.05.007>
 18. Lin, C. C., Karlin, E., Boin, M. A., Dankert, J. F., Larose, G., Zuckerman, J. D., & Virk, M. S. (2022). Operative treatment of proximal humeral fractures with reverse total shoulder arthroplasty in patients ≥65 years old. *JBJS Reviews*, 10(5). <https://doi.org/10.2106/jbjs.rvw.21.00245>
 19. Lu, V., Jegatheesan, V., Patel, D., & Damos, P. (2023). Outcomes of acute vs. delayed reverse shoulder arthroplasty for proximal humerus fractures in the elderly: A systematic review and meta-analysis. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 32(8), 1728–1739. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2023.03.006>
 20. Lanzetti, R. M., Gaj, E., Berlinberg, E. J., Patel, H. H., & Spoliti, M. (2022). Reverse total shoulder arthroplasty demonstrates better outcomes than angular stable plate in the treatment of three-part and four-part proximal humerus fractures in patients older than 70 years. *Clinical orthopaedics & related research*, 481(4), 735–747. <https://doi.org/10.1097/corr.0000000000002480>
 21. Lo, E. Y., Nazemi, M., Ouseph, A., Edwards, A. S., Weingast, N., & Krishnan, S. G. (2024). Short-term radiographic outcomes of bone versus metallic augmented, central screw type baseplate in reverse total shoulder arthroplasty: Matched case-control study. *Journal of shoulder and elbow arthroplasty*, 8. <https://doi.org/10.1177/24715492241259470>
 22. Lo, E. Y., Witt, A., Ouseph, A., Montemaggi, P., Garofalo, R., Sanders, A., Majekodunmi, T., Sodl, J., & Krishnan, S. G. (2025). Comparison of early and late aseptic baseplate failure in primary reverse shoulder arthroplasty with and without structural glenoid autograft. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 34(3), 820–827. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2024.05.038>
 23. Maggini, E., Warnhoff, M., Freisleder, F., & Scheibel, M. (2024). Metallic lateralized-offset glenoid reverse shoulder arthroplasty. *JBJS essential surgical techniques*, 14(3). <https://doi.org/10.2106/jbjs.st.23.00067>
 24. Spek, R. W., Hoogervorst, L. A., Brink, R. C., Schoones, J. W., Van Deurzen, D. F., & Van den Bekerom, M. P. (2024). Ten technical aspects of baseplate fixation in reverse total shoulder arthroplasty for patients without glenoid bone loss: A systematic review. *Clinics in shoulder and elbow*, 27(1), 81–100. <https://doi.org/10.5397/cise.2023.00493>
 25. Bodendorfer, B. M., Loughran, G. J., Looney, A. M., Velott, A. T., Stein, J. A., Lutton, D. M., Wiesel, B. B., & Murthi, A. M. (2021). Short-term outcomes of reverse shoulder arthroplasty using a custom baseplate for severe glenoid deficiency. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 30(5), 1060–1067. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2020.08.002>

Стаття надійшла до редакції 30.04.2025	Отримано після рецензування 09.05.2025	Прийнято до друку 12.05.2025
---	---	---------------------------------

SHORT-TERM OUTCOMES OF USING CUSTOM 3D PRINTED BASE PLATES IN REVERSE SHOULDER ARTHROPLASTY FOR PATIENTS WITH GLENOID CAVITY DEFECTS

V. B. Makarov^{1,2}, M. O. Korzh¹

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

² Municipal non-profit enterprise «City Clinical Hospital № 16» of the Dnipro City Council. Ukraine

✉ Vasyly Makarov, MD, DMSci, PhD in Orthopaedics and Traumatology: vasylymakarov2010@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0936-7039>

✉ Mykola Korzh, MD, Prof. in Traumatology and Orthopaedics: mykola.korzh47@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0489-3104>