

ОРИГІНАЛЬНІ СТАТТІ

УДК 617.572:616.727.2-001.45]-089.881](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-5987202415-12>

Ранні результати використання артродезу плечового суглоба зі застосуванням 3D-титанових імплантатів для лікування важких вогнепальних поранень плечового поясу

С. Є. Бондаренко¹, О. О. Фомін², Ю. В. Лазаренко²¹ ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків² Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова, Україна

As a result of large-scale war in Ukraine, the frequency of gunshot wounds of the upper extremities has increased dramatically, accompanied by massive damage to soft tissue, neurovascular plexuses, and significant bone deficiency, so their treatment with traditional methods is risky. This leads to the development of new treatment methods, in particular, techniques for shoulder arthrodesis. Objective. To investigate the effectiveness of shoulder arthrodesis using an individual 3D-titanium implant and or a locked compression plate (LCP) with bone autoplasty for the treatment of severe combat trauma of the upper extremity. Methods. In 2022–2023, 19 men aged 36.2 (24–52) years with severe combat trauma of the upper extremity underwent shoulder arthrodesis using individual 3D-titanium implants (n = 9) or LCP with bone autoplasty (n = 10). The follow-up period was 18 months. Individual 3D-implants were created in the CAD program Autodesk Fusion 360 and made of Ti₆Al₄V alloy by three-dimensional metal 3D-printing. The functional status of the shoulder joint was assessed by the Oxford Shoulder Score, VAS at 6 and 12 months after surgery. Fusion was checked radiographically at 1, 3, 6 and 12 months. Results. The average follow-up period was 12 months. Ankylosis of the shoulder joint was formed in 18 (95 %) patients, and clinical consolidation without final restructuring with a positive tendency to bone fusion was detected in one patient (5 %). Radiologically confirmed fusion in 8.5 months (6–12). After 12 months, a decrease in pain (VAS: 5 to 1 points; p < 0.001) and improvement in the condition of the shoulder (Oxford Shoulder Score: 25 to 40 points, p < 0.001) were found compared with 6 months. Conclusions. Treatment of severe combat trauma of the upper extremity by shoulder arthrodesis allows to eliminate pain and restore sufficient function to perform daily tasks one year after surgery. The combination of shoulder arthrodesis with individual 3D-implants resulted in the restoration of upper limb function in all 9 patients with massive bone and muscle defects. Keywords. Shoulder arthrodesis, combat trauma, gunshot wounds, upper extremity, bone defects, 3D-implants.

Унаслідок широкомасштабних бойових дій в Україні різко збільшилась частота вогнепальних поранень верхніх кінцівок, які супроводжуються масивними ураженнями м'яких тканин, судинно-нервових сплечень, значним дефіцитом кісткової тканини, тому їхнє лікування традиційними методами є ризикованим. Це обумовлює розробку нових методик лікування, зокрема, технік артродезу плечового суглоба. Мета. Дослідити ефективність застосування артродезу плечового суглоба з використанням індивідуального 3D-титанового імплантата або блокованої компресійної пластини (LCP) із кістковою аутопластиком для лікування важкої бойової травми верхньої кінцівки. Методи. Протягом 2022–2023 рр. 19 чоловікам віком 36,2 (24–52) роки з важкою бойовою травмою верхньої кінцівки виконано артродез плечового суглоба з використанням індивідуальних 3D-титанових імплантатів (n = 9) або LCP із кістковою аутопластиком (n = 10). Термін спостереження склав 18 місяців. Індивідуальні 3D-імплантати створили у CAD-програмі Autodesk Fusion 360 та виготовили зі сплаву Ti₆Al₄V методом тривимірного металевого 3D-друку. Функціональний стан плечового суглоба оцінювали за шкалами Oxford Shoulder Score, ВАШ через 6 та 12 міс. після хірургічного втручання. Рентгенографічно перевіряли зрощення через 1, 3, 6 та 12 міс. Результати. Середній термін спостереження склав 12 міс. У 18 (95 %) пацієнтів сформований анкілоз плечового суглоба, у одного пораненого (5 %) виявлено клінічну консолідацію без кінцевої перебудови з позитивною тенденцією до кісткового зрощення. Рентгенологічно підтверджено зрощення через 8,5 міс. (6–12). Через 12 міс. виявлено зниження больових відчуттів (ВАШ: від 5 до 1 балів; p < 0,001) та покращення стану плеча (Oxford Shoulder Score: від 25 до 40 балів, p < 0,001) порівняно з 6 міс. Висновки. Лікування важкої бойової травми верхньої кінцівки шляхом артродезу плечового суглоба дозволяє усунути больовий синдром і відновити достатню функцію для виконання повсякденних завдань через рік після хірургічного втручання. Поєднання артродезу плечового суглоба з індивідуальними 3D-імплантатами привело до відновлення функції верхньої кінцівки у всіх 9 пацієнтів із масивними дефектами кісткової тканини та м'язового каркаса.

Ключові слова. Артродез плечового суглоба, вогнепальне поранення, 3D-титановий імплантат, кісткова пластика

Вступ

Бойова травма кінцівки — це поліструктурне ураження анатомічних утворень, яке призводить до виникнення масивних дефектів шкіри, м'язів, зв'язкового апарата, дефіциту кісткової тканини, ураження нервів і судин. Більшість поранень кінцівок (75 %) виникає через вибухову зброю, водночас травми нижніх і верхніх кінцівок трапляються з майже однаковою частотою (52 та 48 % відповідно). Частіше за все ушкодження нижніх кінцівок спостерігають у комплексі — гомілка (40 %) і стегно (26 %), а для верхніх кінцівок — плечовий суглоб і плече (37 %), а також кисті, зап'ястки та пальці (33 %) [1, 2].

Наявність в арсеналі ортопедів-травматологів таких можливостей як артроскопія, ендопротезування, накістковий остеосинтез, інтрамедулярний остеосинтез значно розширили спектр хірургічних втручань у разі травм верхньої кінцівки. Проте у випадку бойової травми не завжди є можливість і доцільність застосування наведених методик [3–5]. На жаль, сучасні реалії в Україні потребують пошуку вирішення проблеми лікування вогнепальних поранень плечового суглоба, які супроводжуються масивними дефектами м'яких тканин навколо плечового суглоба, із масивним дефіцитом кісткової тканини верхньої третини плечової кістки. Це обумовлює необхідність застосування лікарями «непопулярних» методик, таких як артродезування, транспозиція м'язів і сухожилків [6–8]. Артродез плечового суглоба — це хірургічне втручання, за якого виконують резекцію суглобових поверхонь гленоїда та головки плечової кістки, фіксують плечову кістку до лопатки з метою формування анкілоза, який у подальшому забезпечує безболісне функціонування верхньої кінцівки в нових функціонально-анатомічних умовах [5, 9–12]. За даними недавнього системного огляду, 17 досліджень (316 пацієнтів), артродез плечового суглоба допомагає відновити функцію кінцівки, проте має високий ризик ускладнень (33,6 % пацієнтів) — переломи та інфекції [13].

Із метою підвищення ефективності лікування важких вогнепальних поранень плечового суглоба нами проведено артродезування плечового суглоба з використанням розробленого та створеного індивідуального 3D-титанового імплантата з формуванням стандартного, за кутами, анкіло-

зу [6, 14, 15]. У разі наявності масивного дефіциту м'яких тканин і кісткової тканини кісток, що утворюють плечовий суглоб, застосування індивідуальних 3D-титанових імплантатів є високотехнологічною опцією для відновлення функції верхньої кінцівки [7, 16].

Мета: дослідити ефективність застосування артродезу плечового суглоба з використанням індивідуальних 3D-титанових імплантатів або блокованої компресійної пластини (LCP) із кістковою аутопластикою для лікування важкої бойової травми верхньої кінцівки.

Матеріал і методи

Проведення дослідження схвалено локальним комітетом з біоетики ДУ «ПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України» (протокол № 241 від 19.02.2024). Усі пацієнти підписали інформовану згоду.

Пацієнти

У дослідження включено результати лікування 19 пацієнтів, яким виконали артродез плечового суглоба як з використанням індивідуальних 3D-титанових імплантатів у 9 пацієнтів, так і LCP із кістковою аутопластикою (10 пацієнтів) у травматологічному відділенні клініки ушкоджень Військово-медичного клінічного центру Центрального регіону в період з травня 2022 по грудень 2023 року (табл. 1).

Критерієм включення була наявність важкої бойової травми верхньої кінцівки (рис. 1), дефектів кісткової тканини проксимального відділу плечової кістки та гленоїда, дефектів м'яких тканин, які оточують плечовий суглоб, ушкодження аксілярного та підлопаткового нервів. Для кращого функціонального результату за артродезування плечового суглоба трапецієподібний м'яз, м'яз-підіймач лопатки, передній зубчастий і ромбоподібний м'язи повинні бути функціональними.

Таблиця 1

Демографічні характеристики пацієнтів

Параметр	Значення
Кількість пацієнтів	19
Чоловіки (жінки)	19 (0)
Права/ліва верхня кінцівка	11/8
Вік (роки)	24–52
Вага (кг)	63–110
Зріст (см)	165–190
Індекс маси тіла (кг/м ²)	20–35

Критеріями виключення (протипоказанням до виконання хірургічного втручання) були: наявність несанованих інфекційних вогнищ (супутній поранення); інфекційні ускладнення післяопераційної рани; важкий посттравматичний стресовий розлад; наркоманія; алкоголізм.

Термін спостереження складав 18 місяців.

3D-титановий імплантат

Індивідуальні 3D-титанові імплантати створили шляхом комп'ютерного моделювання в CAD-програмі Autodesk Fusion 360 на основі комп'ютерних томограм, отриманих після проведення сканування пацієнтів на спіральному комп'ютерному томографі Philips Brilliance 64 зрізи (США) (рис. 2).

Спіральну комп'ютерну томографію виконували з дотриманням таких критеріїв:

- сканування обов'язково обох плечових кісток із ліктьовими та плечовими суглобами;
- максимально допустима кількість зрізів;



Рис. 1. Вигляд бойової травми верхньої кінцівки з масивним дефектом м'яких тканин, вогнепальним переломом правої плечової кістки, фіксований апаратом зовнішньої фіксації в пацієнта віком 28 років

- товщина зрізу не більше 1 мм;
- якщо в зоні сканування був присутній метал, то використовували режим подавлення артефактів.

Після моделювання імплантати виготовлено з титанового сплаву для хірургічної імплантації Ti₆Al₄V ELI (Grade 23), що відповідає вимогам стандарту ASTM F136, методом тривимірного металевого 3D-друку за технологією DMLM (SLM) на обладнанні Concept Laser M2 Cusing, виробленого в Україні.

Техніка хірургічного втручання

Операцію виконували в положенні пацієнта — «пляжне крісло» зі знеболенням — ендотрахеальний наркоз. Здійснювали розріз шкіри та підшкірно-жирової клітковини довжиною до 20 см від ості лопатки до переднього краю акроміона та донизу по передній стороні діафіза плечової кістки, намагаючись максимально зберегти дельтоподібний м'яз. Відсікали елементи ротаторної манжети плечового суглоба та декортикували нижню поверхню акроміона, суглобові поверхні гленоїда та головки плечової кістки, повністю видаляючи хрящову тканину.

Артродез виконували як між головкою плечової кістки та гленоїдом, так і між головкою й акроміоном (рис. 3, а). Сухожилок довгої головки двоголового м'яза плеча після відсічення від місця прикріплення фіксували в міжгорбковій борозні. Після чого головку плечової кістки підводили проксимально до акроміона та гленоїда і фіксували у функціонально вигідному положенні.

Як металофіксатор використовували блокувану компресійну пластину (LCP) системи АО з корковими спонгіозними та блокуючими гвинтами (рис. 3, б). Моделювали її за профілем кісткових поверхонь від ості лопатки до діафіза плечової кістки, відтворюючи анатомічні вигини.

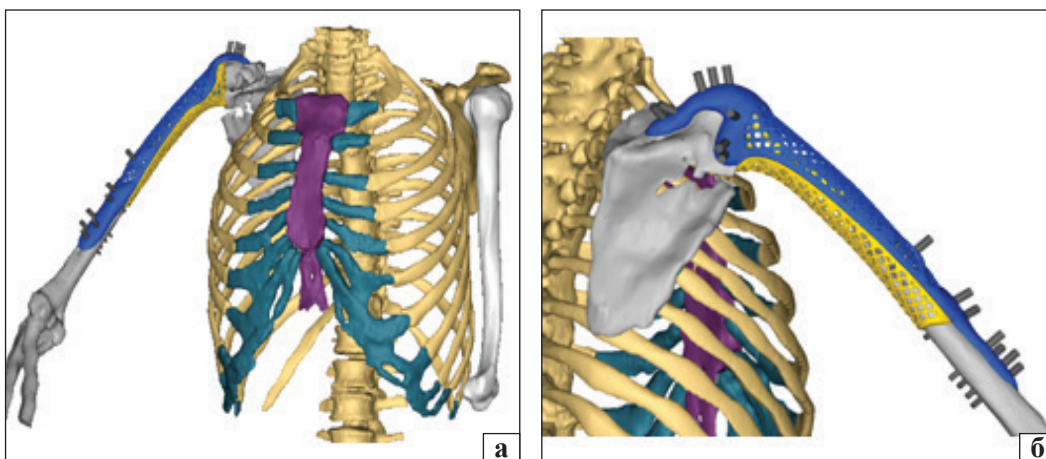


Рис. 2. Приклад моделювання 3D-титанового імплантата в CAD-програмі Autodesk Fusion 360: а) вигляд спереду; б) вигляд ззаду

Обов'язково, за допомогою двох або трьох спонгіозних гвинтів, створювали надійну компресію між плечовою кісткою та лопаткою. Наступний спонгіозний гвинт направляли від ості лопатки до дзьобоподібного відростка, потім вводили гвинт через акроміон в головку плечової кістки. Корковими та блокованими гвинтами фіксували пластину до діяфіза плечової кістки. Досягали такого положення плеча після артродезу плечового суглоба: відведення 30° , згинання 30° та його

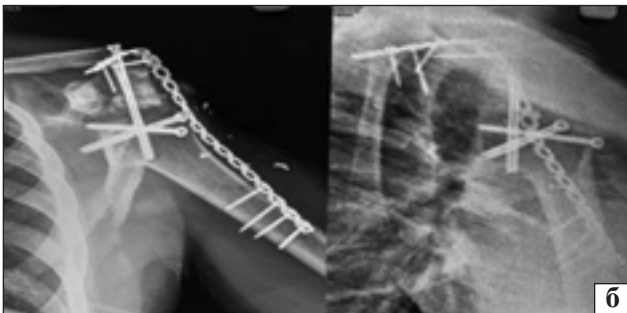
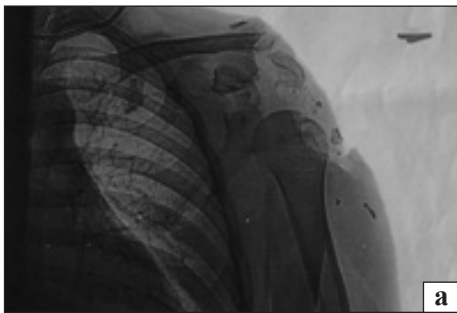


Рис. 3. Рентгенограми пацієнта до (а) та після (б) виконання артродезу з використанням LCP системи АО з корковими спонгіозними та блокуючими гвинтами

внутрішня ротація 30° у пацієнтів без використання 3D-імплантатів. У випадку застосування 3D-імплантатів збільшували кут згинання до 44° . У пацієнтів без них використовували аутогенні кісткові трансплантати, які формували з гребня крила клубової кістки або ділянки малогомілкової кістки. За наявності масивних кісткових дефектів (рис. 4, а) використовували індивідуальні 3D-титанові імплантати (рис. 4, б–г).

Рану пошарово ушивали, аспіраційний дренаж встановлювали на 1 добу.

Післяопераційний догляд. Реабілітація

Усім постраждалим після хірургічного втручання призначали еластичну пов'язку типу «Дезо» з клиновидною подушкою протягом 8–10 тижнів. Рух у ліктьовому, зап'ястковому та кистьовому суглобах дозволяли одразу після хірургічного втручання для запобігання виникнення контрактур і втрати функціональності.

Рентгенологічне підтвердження зростання кісток та стабільності 3D-імплантата виконували через 1, 3, 6 та 12 міс. після операції в прямій та боковій проєкціях. Клінічну консолідацію кісток визначали як відсутність болювого синдрому в ділянці втручання, відсутність патологічної рухливості кісток та імплантата. Після рентгенологічного підтвердження зрощення розпочинали лікувальну фізкультуру для покращення функції плечового поясу.

Оцінювання результатів лікування

Через 1, 3, 6 та 12 міс. чоловікам оцінювали функціональні результати й робили рентгенограми.

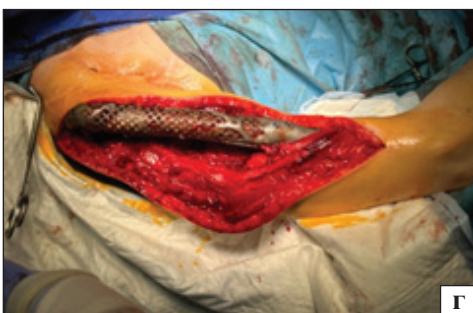
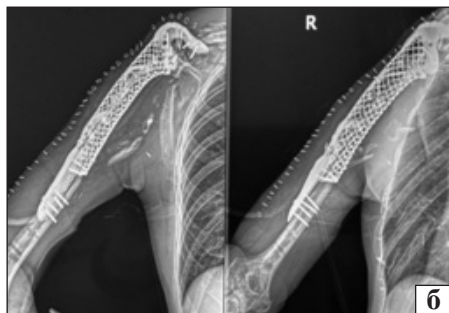


Рис. 4. Використання 3D-титанового імплантата для лікування пацієнта з масивним кістковим дефектом у результаті важкої вибухової травми правої верхньої кінцівки: рентгенограми пацієнта до (а) та після (б) виконання артродезу з використанням 3D-титанового імплантата; в) індивідуальний 3D-титановий імплантат; г) вигляд 3D-титанового імплантата під час імплантації

Таблиця 2

Результати використання ардрозезу в поєднанні з 3D-титановими індивідуальними імплантатами або фіксацією блокованою компресійною пластиною (LCP) з кістковою аутопластикою для лікування пацієнтів із важкою вибуховою травмою верхньої кінцівки

№ з/п	Характеристика ушкодження	Кінцівка (права/ліва)	Вік, роки	3D-імплантат (так/ні)	Термін до зрощення, міс.	Анкілоз (так/ні)
1	ВОСП м'яких тканин плеча, ВБП проксимального відділу ПК	права	24	так	8	так
2	Вогнепальне, кульове наскрізне поранення ПС з ВБП головки ПК	права	25	ні	6	так
3	ВОСП м'яких тканин надпліччя та плеча з ВБП проксимального метаепіфізу ПК, ВП акроміального кінця ключиці	ліва	29	ні	9	так
4	ВОСП м'яких тканин плеча з ВБП проксимального метаепіфізу ПК, травматичною ампутацією лівої верхньої кінцівки на рівні нижньої третини плеча	ліва	24	так	6	так
5	ВОСП м'яких тканин плеча з ВБП проксимального метаепіфізу ПК	ліва	39	так	7	так
6	ВОСП м'яких тканин плеча та передпліччя з ВП дзобоподібного й акроміального відростків лопатки, акроміального кінця ключиці, головки ПК та обох кісток передпліччя	права	43	так	9	так
7	ВОСП м'яких тканин плеча, ВБП проксимального відділу ПК	ліва	47	ні	8	так
8	ВОСП м'яких тканин плеча з ВБП проксимального метаепіфізу ПК; ВП середньої третини ліктьової кістки	права	45	ні	9	так
9	Вогнепальне, кульове наскрізне поранення ПС із ВБП головки ПК	права	27	ні	10	так
10	ВОСП м'яких тканин надпліччя та ПС із ВП верхньої третини ПК із дефектом кісткової тканини до 6 см	права	48	ні	12	так
11	Вогнепальне, кульове наскрізне поранення ПС із ВБП головки ПК	ліва	27	ні	10	так
12	ВОСП м'яких тканин ПС та передпліччя з ВБП головки ПК; ВП дистального епіметафіза променевої кістки	ліва	32	ні	10	так
13	Вогнепальне, кульове поранення ПС із ВП акроміального кінця ключиці та верхньої третини ПК	права	52	ні	12	так
14	ВОСП м'яких тканин ПС з ВП лопатки та верхньої третини ПК із ушкодженням плечової артерії	права	28	так	9	так
15	Вогнепальне, кульове сліпе поранення ПС із ВБП головки ПК	ліва	49	ні	8	так
16	ВОСП м'яких тканин плеча з ВБП верхньої третини ПК із дефектом м'яких тканин і кісткової тканини, 8 см	ліва	37	так	8	так
17	ВОСП м'яких тканин плеча з ВБП верхньої третини ПК із дефектом м'яких тканин і кісткової тканини, 8 см	ліва	44	так	6	так
18	ВОСП м'яких тканин плеча з ВБП верхньої третини ПК із дефектом м'яких тканин і кісткової тканини, 6 см	ліва	24	так	6	так
19	ВОСП м'яких тканин плеча з ВБП верхньої третини ПК із дефектом м'яких тканин ПС	права	31	так	9	так

ВОСП — вогнепальне осколкове сліпе поранення; ВП — вогнепальний перелом, ВБП — вогнепальний багатотламковий перелом; ПК — плечова кістка, ПС — плечовий суглоб

У разі значного прогресу пацієнту дозволяли самостійно приймати їжу та виконувати гігієнічні процедури.

Оцінювання функціонального стану плечового суглоба проводили за шкалами Oxford Shoulder

Score та ВАШ через 6 та 12 міс. після хірургічного втручання.

Статистичні методи

Результати оцінювання за допомогою шкал Oxford Shoulder Score і ВАШ (0 та 100 найгірші

результати, відповідно) наведені як медіана Me та перший і третій квартилі ($Q1$; $Q3$). Їхнє порівняння між термінами виконано за допомогою критерію знакових рангів Вілкоксона для пов'язаних вибірок. Різниця між групами вважалася значущою за умови, якщо $p < 0,05$.

Результати

Усі 19 пацієнтів були чоловіками з різним ступенем ушкодження верхньої кінцівки внаслідок вибухової травми, їхній середній вік складав 36,2 (24–52) року (табл. 2). 3D-індивідуальні титанові імплантати використано 9 хворим, 10 застосовували LCP системи АО з корковими спонгіозними та блокуючими гвинтами та кісткову аутопластику залежно від важкості травми (табл. 2).

Середній термін спостереження склав 12 міс. У 18 (95 %) чоловіків сформований анкілоз плечового суглоба, у одного (5 %) виявлено клінічну консолідацію без кінцевої перебудови з позитивною тенденцією до кісткового зрощення.

Середній термін рентгенологічного підтвердження зрощення становив 8,5 міс. (6–12). У пацієнтів,

яким встановили 3D-імплантат цей термін був 7,6 місяців (6–9), а в осіб із LCP — 9,4 (6–12) (табл. 2).

За даними оцінювання за ВАШ больові відчуття в пацієнтів знизилися через 12 місяців, порівняно з 6 місяцем спостереження ($p < 0,001$) (табл. 3). Значення ВАШ інтерпретувалося через 6 міс. — помірний біль, через 12 міс. — відсутність болю.

За результатами оцінювання за шкалою Oxford Shoulder Score також встановлено покращення стану плеча через 12 місяців порівняно з 6 місяцем спостереження ($p < 0,001$) (табл. 3) від 25 до 40 балів.

Таблиця 3

Результати оцінювання ефективності лікування за шкалами Oxford Shoulder Score та ВАШ (Me ($Q1$; $Q3$)) через 6 та 12 міс. після хірургічного втручання

Шкала	Термін після хірургічного втручання, міс.		Р-значення
	6	12	
ВАШ	5 (4–6)	1 (1; 2)	< 0,001
Oxford Shoulder Score	25 (24; 28)	40 (38; 46)	< 0,001

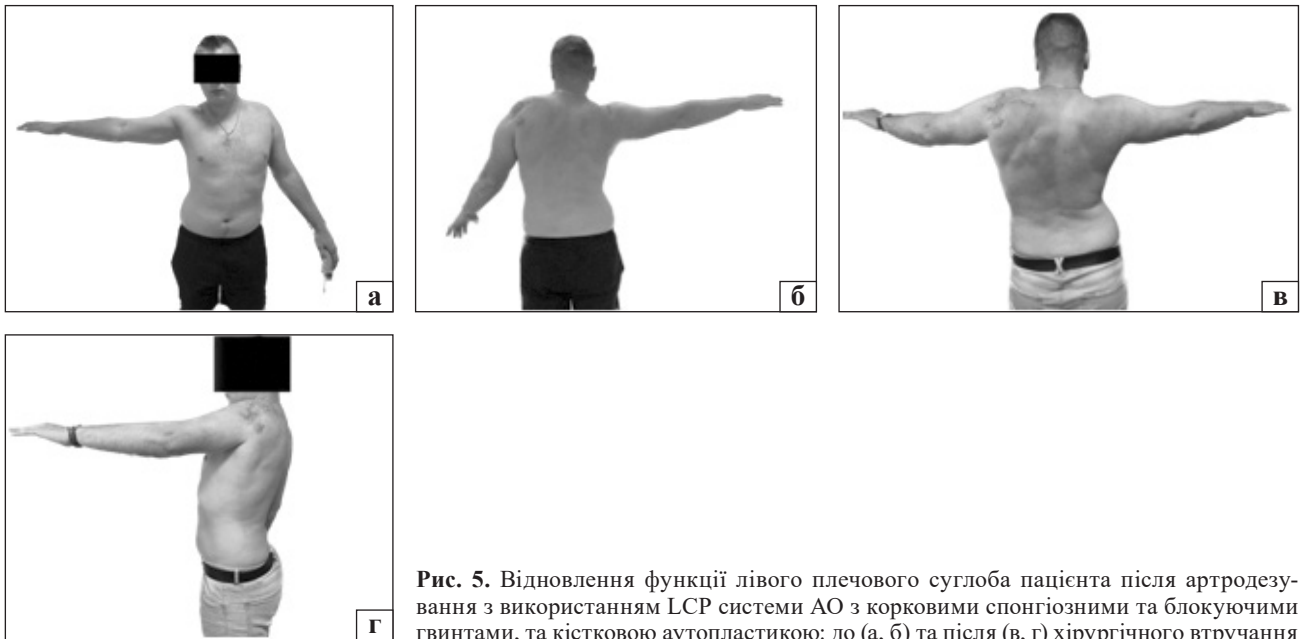


Рис. 5. Відновлення функції лівого плечового суглоба пацієнта після артродезування з використанням LCP системи АО з корковими спонгіозними та блокуючими гвинтами, та кістковою аутопластиком: до (а, б) та після (в, г) хірургічного втручання



Рис. 6. Функціонування плечового суглоба пацієнта після артродезу з використанням індивідуального 3D-титанового імплантата

Усі пацієнти відмічали тенденцію збільшення фізичної сили кінцівки з 3-го місяця після оперативного втручання (рис. 5, 6).

Обговорення

Вогнепальні поранення плечового суглоба супроводжуються масивними дефектами м'яких тканин, ураженням нервів і судин, тому застосування ендопротезування плечового суглоба не дозволяє досягти відновлення функції. Зокрема, для використання анатомічних ендопротезів необхідна наявність збереженої ротаторної манжети плечового суглоба. Водночас, застосування реверсивних ендопротезів плечового суглоба вимагає наявності спроможного дельтоподібного м'яза та достатньої кісткової маси гленоїда.

Використання індивідуального 3D-титанового імплантата втілює в собі, по-перше, застосування сучасних технологій в ортопедії для створення анкілоза, стандартизованого за кутами плечо-лопаткового співвідношення, а по-друге, високоефективну можливість для лікування вогнепальних поранень плечового суглоба, які супроводжуються масивними дефектами кісткової тканини та м'язового каркаса, що різко обмежує можливість застосування стандартних імплантатів. У нашому дослідженні застосування 3D-титанових імплантатів, створених на основі індивідуальних результатів томографії конкретного пацієнта, дозволило досягти максимальної досконалості та відповідності кожному кістковому дефекту завдяки точній посадці та фіксації. Це допоможе, ймовірно, зменшити час хірургічного втручання та створити оптимальні можливості для репаративних процесів і відновлення функції. За попередніми результатами, термін до зрощення у пацієнтів із 3D-титановим імплантатом був меншим, порівняно з особами, яким використали пластину (7,6 проти 9,4 місяців відповідно).

У доступній нам літературі описано багато різноманітних позицій та положень верхньої кінцівки під час артрорезування в плечовому суглобі [5, 7]. На нашу думку, найбільш функціонально вигідною з них є та, коли пацієнт може достати рукою до рота, зігнувши верхню кінцівку в ліктьовому суглобі. З нашої точки зору, положення плеча за умов артрорезу — відведення 30°, згинання 30° та його внутрішня ротація 30° є оптимальним, бо в цьому випадку пацієнт може самостійно приймати їжу та виконувати гігієнічні процедури. Проте в разі застосування 3D-титанових імплантатів ми маємо змогу отримати більший кут згинання (до 44°).

Рекомендації щодо післяопераційної іммобілізації після артрорезу плечового суглоба, за даними літератури, різняться. Одні джерела вказують на необхідність гіпсової іммобілізації на 3–4 міс., інші досягають добрих результатів без будь-якої іммобілізації, окрім клиноподібної подушки [10, 15]. Більшість рекомендує іммобілізацію в косиночній пов'язці з клиноподібною подушкою на 8–10 тижнів [3]. Для більш складних випадків із масивною втратою кісткової тканини або іншими ускладненнями слід обрати подовжений термін іммобілізації [5]. У нашому дослідженні ми віддавали перевагу еластичній пов'язці типу «Дезо» з клиноподібною подушкою протягом 8–10 тижнів.

Отримані ранні результати демонструють консолідацію переломів у випадку важкої бойової травми верхньої кінцівки і є багатообіцяючими. Використання індивідуальних, для пацієнта, титанових імплантатів, надрукованих на 3D-принтері пропонує нову технологію, яка може бути застосована для вирішення різноманітних складних питань дефектів кісток і деформацій верхньої кінцівки ефективніше та з меншою кількістю ускладнень. Незважаючи на великий арсенал металевих фіксаторів, виникають ситуації коли їхня наявність не дозволяє замінити масивні кісткові дефекти. У таких випадках використання стандартних металевих фіксаторів не вирішує завдання стабільної фіксації плече-лопаткового артрорезу.

У світовій літературі з'являється все більше повідомлень про використання індивідуальних 3D-титанових імплантатів, які призначені для відновлення дефектів кісткової тканини, коли стандартних конструкцій недостатньо [17].

Висновки

Використання артрорезу плечового суглоба для лікування важкої бойової травми верхньої кінцівки дозволило досягти функціональної стабільності плечового суглоба в більшості пацієнтів (18 із 19), унаслідок чого зрощення відбулося впродовж 12 міс. спостереження. У всіх 19 чоловіків виявлено зникнення больового синдрому, відновлення достатньої функції для виконання повсякденних завдань, відновлення працездатності через 12 міс.

Поєднання артрорезу плечового суглоба з індивідуальними 3D-імплантатами привело до відновлення функції верхньої кінцівки у всіх 9 пацієнтів із масивними дефектами кісткової тканини та м'язового каркаса.

Незважаючи на складність хірургічних втручань у пацієнтів із вогнепальними ураженнями плечового суглоба, методика заміни кісткових дефектів індивідуальними 3D-імплантатами є виправданою, оскільки дає можливість отримати 95 % позитивних результатів.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури

- Zarutskyi, Ya. L., Bily, V. Ya., Denysenko, V. M., & Aslanyan, A. S. (2018). Military field surgery: a textbook. Kyiv : Phoenix. (in Ukrainian)
- Tsybalyuk, V. I., Hayko, G. V., & Korol, S. O. (2020). Treatment of the wounded with combat injuries of the limbs. Kyiv : PJSC "PVK Desna. (in Ukrainian)
- Alta, T. D., & Willems, W. J. (2016). Once an arthrodesis, always an arthrodesis? *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 25(2), 232-237. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2015.07.010>
- Kılınc, M., Yıldırım, S. A., & Tan, E. (2015). The effects of electrical stimulation and exercise therapy in patients with limb girdle muscular dystrophy. *Neurosciences*, 20(3), 259-266. <https://doi.org/10.17712/nsj.2015.3.201501097>
- Wagner, E. R., McLaughlin, R., Sarfani, S., Cofield, R. H., Sperling, J. W., Sanchez-Sotelo, J., & Elhassan, B. T. (2018). Long-term outcomes of Glenohumeral arthrodesis. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 100(7), 598-604. <https://doi.org/10.2106/jbjs.17.00428>
- Bondarenko, S., Filipenko, V., Ashukina, N., Maltseva, V., Ivanov, G., Lazarenko, I., Sereda, D., & Schwarzkopf, R. (2023). Comparative study in vivo of the osseointegration of 3D-printed and plasma-coated titanium implants. *World Journal of Orthopedics*, 14(9), 682-689. <https://doi.org/10.5312/wjo.v14.i9.682>
- Porcellini, G., Savoie, F. H., Campi, F., Merolla, G., & Paladini, P. (2014). Arthroscopically assisted shoulder arthrodesis: Is it an effective technique? *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 30(12), 1550-1556. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2014.06.026>
- Lovaglio, A., Socolovsky, M., Di Masi, G., & Bonilla, G. (2019). Treatment of neuropathic pain after peripheral nerve and brachial plexus traumatic injury. *Neurology India*, 67(7), 32. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.250699>
- Sousa, R., Pereira, A., Massada, M., Trigueiros, M., Lemos, R., & Silva, C. (2011). Shoulder arthrodesis in adult brachial plexus injury: What is the optimal position? *Journal of Hand Surgery (European Volume)*, 36(7), 541-547. <https://doi.org/10.1177/1753193411405742>
- Thangarajah, T., & Lambert, S. M. (2017). Glenohumeral arthrodesis for late reconstruction of flail shoulder in patients with traumatic supraclavicular brachial plexus palsy. *Shoulder & Elbow*, 9(4), 266-271. <https://doi.org/10.1177/1758573217693807>
- Atlan, F., Durand, S., Fox, M., Levy, P., Belkheyar, Z., & Oberlin, C. (2012). Functional outcome of Glenohumeral fusion in brachial plexus palsy: A report of 54 cases. *The Journal of Hand Surgery*, 37(4), 683-688. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2012.01.012>
- Kermarrec, G., Werthel, J. D., Canales, P., & Valenti, P. (2018). Review and clinical presentation in reverse shoulder arthroplasty in deltoid palsy. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 28(4), 747-751. <https://doi.org/10.1007/s00590-018-2126-x>
- Kusliy, Y. Y., Gunas, I. V., Fomin, O. O., & Lazarenko, Y. V. (2023). Correlations of the indicators of the distance of the shot and the type of clothing with the features of damage and gunshot residue when using the FORT 12R and AE 790G1 pistols. Perspectives and innovations of science Series: Medicine, 11(29), 638-647.
- Jouve, J., Bollini, G., Legre, R., Guardia, C., Choufani, E., Demakakos, J., & Blondel, B. (2014). Shoulder arthrodesis. *European Surgical Orthopaedics and Traumatology*, 1201-1215. https://doi.org/10.1007/978-3-642-34746-7_234
- Ivalde, F. C., Bataglia, D., & Nizzo, G. (2017). Arthrodesis of the shoulder in patients with posttraumatic brachial plexus palsy: functional outcome and complications, *Int J Adv Jt Reconstr.*, 4, 14-18.
- Adu-Kwarteng, K., Cabell, G. H., Hurley, E. T., Amanah, A. Y., Levin, J. M., Lassiter, T. E., Boachie-Adjei, Y. D., Klifto, C. S., & Anakwenze, O. (2023). Glenohumeral arthrodesis outcomes and complications: A systematic review. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2023.10.025>
- Goodman, G. P., & Engh Jr, C. A. (2016). The custom triflange cup. *The Bone & Joint Journal*, 98-B(1_Suppl_A), 68-72. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.98b.36354>

Стаття надійшла до редакції 19.02.2024

EARLY RESULTS OF SHOULDER ARTHRODESIS WITH 3D-TITANIUM IMPLANTS FOR TREATMENT OF SEVERE GUNSHOT WOUNDS OF THE SHOULDER GIRDLE

S. Ye. Bondarenko ¹, O. O. Fomin ², Iu. V. Lazarenko ²

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

² National Pirogov Memorial Medical University, Vinnitsya. Ukraine

✉ Stanislav Bondarenko, MD, DSci in Orthopaedics and Traumatology: bondarenke@gmail.com

✉ Oleksandr Fomin, PhD: aa.fomin@gmail.com

✉ Iurii Lazarenko, PhD: lazarenkoyurii81@gmail.com