DOI: 10.32751/2310-4910-2021-28-1-14

УДК 616-001.5-089:615-46

**С. С. СТРАФУН¹, В. Г. ШИПУНОВ², І. С. САВКА²,
С. А. ЦІВИНА², Ж. Є. СОБКОВА², Н. О. БОРЗИХ¹**

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

² – Національний військово-медичний клінічний центр
«Головний військовий клінічний госпіталь», Київ, Україна

Застосування спейсерів у поєднанні з пластикою м'язовими клаптями під час лікування вогнепальних переломів кісток нижніх кінцівок, ускладнених розвитком компартмент-синдрому

Обґрунтування. Аналіз санітарних втрат в ході проведення антитерористичної операції/операції Об'єднаних сил демонструє, що поранення кінцівок становили близько 62,6%, з яких близько 40% з наявністю переломів. Одним з найважчих ускладнень таких станів є розвиток компартмент-синдрому (КС), що може сягати 40% вогнепальних переломів верхньої третини великогомілкової кістки. Дефіцит м'яких тканин, що виникає після перенесеного КС та виконаних некректомій в поєднанні з великим ризиком інфекційних ускладнень, робить питання лікування цієї категорії поранених складним та актуальним.

Мета роботи. Вивчення ефективності методики імплантації спейсера в ділянку вогнепального перелому довгих кісток в поєднанні з пластикою дефекту м'язовими клаптями на осьових судинах шляхом дослідження змін ступеня мікробного забруднення вогнепальної рани та кількості інфекційних ускладнень у ранній післяопераційний період.

Результати та обговорення. Спосіб закриття дефекту м'яких тканин над вогнепальним переломом кістки м'язовим клаптем з попереднім розміщенням під ним спейсера надає декілька переваг. По-перше, застосування спейсера, виготовленого *ex tempore* з урахуванням мікрофлори рани, дозволяє підвищити концентрацію антибіотика в ділянці рани та посилити ефективність системної антибіотикотерапії. По-друге, імплантація спейсера під м'язовий клапоть створює «вікно можливостей» для виконання відтермінованих ортопедичних втручань: заміни методу фіксації або кісткової аутопластики ділянки вогнепального перелому.

Висновки. Імплантація спейсера в ділянку вогнепального перелому дозволяє достовірно зменшити кількість життєздатних мікроорганізмів на поверхні кісткових уламків з $(4,83 \pm 0,31) \times 10^7$ колонієутворюючих одиниць (КУО)/мл до $(2,94 \pm 1,12) \times 10^6$, $p < 0,01$, скоротити термін очищення рани – з $(12,5 \pm 2,35)$ до $(9,0 \pm 1,06)$ доби, $p = 0,00009$ та кількість повторних хірургічних обробок до

моменту закриття рани з $(6,8 \pm 1,15)$ до $(5,0 \pm 0,92)$ доби, $p=0,00023$, скоротити тривалість прийому антибактеріальних препаратів з $(19,0 \pm 2,65)$ до $(15,8 \pm 1,40)$ доби, $p=0,00027$. Методика імплантації спейсера в ділянку вогнепального перелому в поєднанні з пластикою дефекту м'язовими клаптями на осьових судинах створює «вікно можливостей» під час виконання відтермінованих ортопедичних втручань при лікуванні важких поліструктурних поранень, що ускладнилися розвитком КС.

Ключові слова: підфасціальний тиск, цементно-антибактеріальний імплантат, інфекційні ускладнення вогнепальних переломів кісток, реконструктивно-відновлювальні операції, хірургічна обробка вогнепальної рани, поліструктурні ураження нижніх кінцівок.

Аналіз санітарних втрат в ході проведення антитерористичної операції/операції Об'єднаних сил демонструє, що поранення кінцівок становили близько 62,6%, з яких близько 40% – з наявністю переломів [1]. Одним з найважчих ускладнень при вогнепальних переломах є розвиток компартмент-синдрому (КС) [1]. Так, за даними С. С. Страфуна та співавт. (2014), 40% вогнепальних переломів верхньої третини великогомілкової кістки супроводжується розвитком КС та, як наслідок, дефектом м'яких тканин в ділянці поранення [5]. Попри застосування сучасних антибактеріальних препаратів нагноєння вогнепальних поранень спостерігається у 29,6% випадків [7]. За даними І. С. Савки та співавт. (2016), у більшості випадків вогнепальних ран мають місце мікробні асоціації з наявністю від 2 до 5 мікроорганізмів [3]. Для ефективної доставки препарату в ділянку мікробного забруднення широке застосування набули спейсери – медичні засоби, що створені з цементу та імпрегновані антибіотиками. Цю методику широко застосовують під час лікування перепротезної інфекції [2, 4].

На нашу думку, поєднання методики імплантації спейсера в ділянку вогнепального перелому та пластики дефекту м'яких тканин м'язовими клаптями на осьових судинах є перспективним, особливо у випадках перенесеного КС. Водночас в літературі робіт, що описують застосування спейсерів в лікуванні вогнепальних переломів кісток кінцівок, майже не зустрічається.

Таким чином, метою нашої роботи стало вивчення ефективності методики імплантації спейсера в ділянку вогнепального перелому довгих кісток нижніх кінцівок в поєднанні з пластикою дефекту м'язовими клаптями на осьових судинах шляхом дослідження змін ступеня мікробного забруднення вогнепальної рани та кількості інфекційних ускладнень в ранній післяопераційний період.

Матеріали та методи

Проаналізований результат лікування 33 поранених з вогнепальними переломами стегнової (10 осіб, 30,3%) та великогомілкової (23 особи, 69,7%) кісток, що були ускладнені розвитком КС в стадії зворотних (20 осіб, 60,6%) та незворотних ішемічних змін (13 осіб, 39,4%) (табл. 1).

Таблиця 1

Розподіл поранених залежно від локалізації перелому довгих кісток нижніх кінцівок та тяжкості ураження м'язів при КС, абс. (%)

Локалізація перелому	Тяжкість ураження м'язів при КС		Усього
	Стадія зворотних змін	Стадія незворотних змін	
Стегно	6 (18,2)	4 (12,1)	10 (30,3)
Гомілка	14 (42,4)	9 (27,3)	23 (69,7)
Всього	20 (60,6)	13 (39,4)	33 (100,0)

Усі пацієнти були чоловічої статі, середній вік ($45,2 \pm 4,8$) року. Час від моменту отримання поранення до надходження на етап надання спеціалізованої допомоги коливався від 4 до 6 діб та становив ($5,9 \pm 1,9$) доби.

Усім пацієнтам при надходженні на етап надання спеціалізованої медичної допомоги в рамках *demedg control ortopedic* виконували повторну хірургічну обробку (ПоХО)[1], перед початком якої виконували посів з рани на мікрофлору з визначенням чутливості до антибіотиків. Рану заповнювали 10 мл стерильного фізіологічного розчину, 1 мл рідини за допомогою стерильного шприца відбирали для дослідження, яке проводили на базі мікробіологічного відділення клініки лабораторної діагностики Національного військово-медичного клінічного центру «Головний військовий клінічний госпіталь».

Видову ідентифікацію здійснювали на панелях *Microplatest* («Erba Lachema», Чехія) та на автоматичному аналізаторі *VITEK 2* («bioMerieux», Франція). Для визначення ступеня обсіменіння рани застосовували метод секторних посівів на чашку Петрі з щільним поживним середовищем. Враховуючи розведення при заборі матеріалу, появу поодиноких колоній в секторі А вважали за 10×10^4 колонієутворюючих одиниць (КУО)/мл. Профілі чутливості досліджених штамів до антибактеріальних препаратів отримували диско-дифузійним методом та методом серійних розведень згідно з настановами EUCAST (European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing) [9].

Для контролю змін мікробного пейзажу та корекції схеми антибактеріальної терапії дослідження мікрофлори із рани проводили під час кожної ПоХО.

Під час ПоХО вивчали об'єм та якість хірургічної обробки (ХО) на попередніх етапах, повноцінність виконаних фасціотомій, життєздатність м'язів, положення кісткових уламків та ступінь їх фіксації в апаратах зовнішньої фіксації. За необхідності виконували корекцію осі сегмента, перемонтаж апаратів та додаткову їх стабілізацію.

Усі девіталізовані м'які тканини та кісткові уламки, які не мали ознак збереження періостального кровопостачання, підлягали видаленню як субстрат для формування мікроколоній та біоплівки, високостійких до антибіотикотерапії [6].

Ознаками перенесеного КС в стані зворотних ішемічних змін була ясна сукровична ексудация з поверхні рани, виражений набряк м'язів, паравульнарних тканин та всього сегменту. При цьому м'язи могли кровоточити а електрозбудливість була знижена.

У стані незворотних ішемічних змін м'язові масиви зазвичай мали туский відтінок, драглистий характер, були деструктуровані, легко розшаровувалися, не мали електрозбудливості при збереженні їх кровотоковості.

Серед інструментальних методів, які демонструють високу ефективність боротьби з мікробною колонізацією та формуванням біоплівки, застосовували ультразвуковий (УЗ) кавітатор «SONOCA» («Sering», Німеччина). При обробці м'яких тканин озвучування проводили із розрахунку 30–60 с на 1см² в режимі 20 кГц, форма інтрадіусера – ратицеподібна. Під час обробки кісткових уламків інтенсивність збільшували до 40 кГц. При цьому застосовували шароподібну форму інтрадіусера, який полегшує обробку в щілинах між кістковими уламками та в просвіті кістково-мозкового каналу.

Видалення девіталізованих кісткових уламків зазвичай призводило до появи в м'яких тканинах «мертвого простору». Відсутність в цих ділянках адекватного кровопостачання є передумовою для мікробної колонізації та підлягає, на нашу думку, заповненню спейсером.

При виготовленні спейсера ми використовували фабричний кістковий цемент, який є сумішшю поліметилметакрилату (35,04 г), бензоїлпероксиду (0,96 г) та сульфату барію (4,00 г) загальною масою 40 г. У всіх випадках спейсер виготовляли інтраопераційно з урахуванням результатів мікробіологічного дослідження рани на мікрофлору та чутливість до антибіотиків. На основі отриманих результатів визначали антибактеріальний препарат, необхідний для імпрегнації кісткового цементу, який би відповідав критеріям, що розроблені W. R. Murray (1984): безпечність,

термостабільність, гіпоалергенність, водорозчинність, адекватний спектр бактерицидної активності, можливість отримання препарату в формі стерильного порошку [7].

У разі переважання аеробної грамнегативної флори використовували порошок гентаміцину сульфату (80 мг/флакон) із розрахунку 5 мг/кг маси тіла. У разі переважання грампозитивної мікрофлори застосували порошок ванкоміцину гідрохлориду (500 мг/флакон) із розрахунку, що 1000 мг є максимально можливою разовою дозою при парентеральному введенні.

Залежно від потреби виготовляли статичні (не артикульюючі), інтрамедулярні штифти та шарнірні (артикулюючі, мобільні) спейсери (рисунок).

а

б

в

Рисунок. Варіанти спейсерів:

**а – «намисто»; б – інтрамедулярний стрижень;
в – артикульюючий спейсер голівки плечової кістки**

Серед статичних спейсерів найбільш поширеними були шаро- або олівоподібні імпланти розміром від 0,5 до 1 см³, які з'єднувались між собою монофіламентною ниткою у вигляді «намиста». Така форма спейсера давала змогу заповнити «мертвий простір» будь якої форми та розміру. При ПоХО видалення «намиста» з просвіту рани та за необхідності імплантація нового спейсера виконувались легко завдяки з'єднанню імплантів ниткою.

Для виготовлення спейсера у вигляді інтрамедулярного стрижня застосовували силіконову трубку діаметром 10–12 мм, у просвіт якої за допомогою шприца нагнітали кістковий цемент, імпрегнований антибіотиком. Для підвищення міцності спейсера виконували його армування за допомогою 2–3 спиць Єлізарова, які розміщали в середині силіконової трубки з подальшим заповненням кістковим цементом.

Для виготовлення артикулюючих спейсерів, які застосовували при вогнепальних дефектах великих суглобів, використовували гумові або силіконові шаблони шаровидної форми, які армували металевим фіксатором. Як правило застосовували 130-градусну пластину-клінок або інтрамедулярні стрижні з проксимальними гвинтами.

Після імплантації спейсера виникало питання щодо усунення дефекту м'яких тканини над ділянкою перелому. В умовах перенесеного КС м'язів кістково-фасціальних футлярів часто має місце дефіцит пластичного матеріалу для закриття дефекту. В таких випадках закриття дефекту ставало можливе після мобілізації та транспозиції в ділянку перелому м'язових клаптів на осьових судинах [8]. Так, з 15 випадків застосування методики в 6 (40%) випадках виконана пластика дефекту латеральною головкою, в 3 (20%) – медіальною головкою литковидного м'яза, в 2 (13,3%) – використані обидві головки м'яза, в 1 (6,6%) випадку виконана пластика обома головками та порцією короткого малогомілкового м'яза.

Герметизацію рани завершували монтажем системи лікування керованим негативним тиском (Negative pressure wound treatment, NPWT). Застосовували тиск в межах -75 – -50 мм рт. ст., що давало можливість зменшити тиск на ішемізовані м'які тканини після перенесеного КС.

Усім пацієнтам призначали системну антибактеріальну терапію з урахуванням результатів мікробіологічного дослідження та тяжкості перебігу травматичної хвороби.

Через 48–72 год виконували ПоХО з метою оцінки прогресування ішемічних змін в м'яких тканинах. У ході операції з-під м'язових клаптів видаляли спейсер. Виконували посів із рани, етапну некректомію та УЗ-кавітацію рани. Повторно під м'язовий клапот в ділянку перелому імплантували новий спейсер, що виготовлявся *ex tempore*, з урахуванням результатів змін мікробного пейзажу рани. Застосування NPWT

створювало добрий антидемічний ефект та сприяло росту грануляційної тканини на м'язових клаптях, що забезпечувало згладжування контурів ранової поверхні.

Орієнтовно на 9–11-ту добу від початку лікування в 55% випадків бактеріологічні посіви були негативні, а в 25% випадків середня кількість колоній зменшувалась до $(3,8 \pm 0,98) \times 10^4$ КУО/мл, що давало змогу розглянути питання остаточного закриття ранового дефекту.

Критеріями включення в дослідження були вогнепальні переломи стенової та великогомілкової кістки з перенесеним КС м'язів кістково-фасціальних футлярів. Усі поранені підписували інформовану згоду на участь у дослідженні.

Залежно від об'єму проведеного лікування пацієнти розподілені на II групи.

До I групи (основна, $n=15$) увійшли поранені з вогнепальними переломами довгих кісток, ускладнених розвитком КС, яким проводили комплексне лікування, що включало імплантацію спейсера в ділянку перелому з пластикою дефекту м'яких тканин м'язовими клаптями на осевих судинах в поєднанні з УЗ-кавітацією та NPWT.

До II групи (контрольна, $n=18$) увійшли пацієнти, яким під час лікування вогнепального перелому виконували етапні ПоХО, рясний лаваж рани антисептичними розчинами, УЗ-кавітацію, NPWT без застосування спейсерів та закриття рани місцевими тканинами.

За локалізацією перелому, терміном надходження на етап після поранення, розміром рани, інтервалами між ПоХО, ступенем мікробного обсіменіння рани групи були статистично зіставними ($p > 0,05$) (табл. 2).

Для оцінки достовірності отриманих результатів для кожної групи розраховували та аналізували середню величину (М) та стандартне відхилення (Standard Deviation, SD). Статистичну значущість різниці між середніми показниками в групах визначали за результатами двовибіркового t-тесту з однаковими дисперсіями, достовірною вважали різницю між показниками $p < 0,05$. Статистичну обробку даних проводили з використанням програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

Таблиця 2

Критерії порівняння основної та контрольної груп

Критерій порівняння	Основна група (n=15)	Контрольна група (n=18)	Разом (n=33)	p *
Середній вік, роки (M±SD)	34,6±1,20	33,3±1,46	33,9±1,06	>0,05
Час від пораненням до госпіталізації, доба (M±SD)	5,64±1,9	6,1±1,92	5,87±1,89	>0,05
Термін між ХО, доба (M±SD)	2,2±1,1	2,31±1,2	2,1±1,4	>0,05
За локалізацією перелому, абс. (%)				
- стегно	6 (18,2)	4 (12,1)	10 (30,3)	>0,05
- гомілка	14 (42,4)	9 (27,3)	23 (69,7)	
За розміром рани, абс. (%)				
- від 2 до 11 см	10(16,2)	12(13,8)	22 (30)	>0,05
- більше 11 см	6(22,7)	5(26,8)	11(49,6)	
За ступенем мікробного забруднення				
КУО/мл (M±SD)	(4,83±0,31)×10 ⁷	(5,31±0,98)×10 ⁷	(5,0±1,1)×10 ⁷	>0,05

Примітка:

* – достовірність різниці показників між основною та контрольною групами

Результати та обговорення

Оцінку ефективності протимікробної дії спейсера проводили шляхом порівняння показників мікробного забруднення, отриманих у змивах з вогнепальної рани в день ХО з імплантацією спейсера та через 48–72 год після його видалення під час ПоХО.

Встановлено, що при вогнепальних переломах, які ускладнюються розвитком КС, переважно виявляли мікробні асоціації, які включали від 2 до 5 видів мікроорганізмів (в 88,2% випадків), що в цілому характерно для вогнепальних ран [3].

Серед аеробних бактерій провідну роль відігравала грамнегативна мікрофлора: *Proteus* spp та *E. coli* (19,2%), *Acinetobacter* spp (11%), *P. aeruginosa* (11%), *K. oxitoca* (8,2%), *K. pneumoniae* (1,8%). Грампозитивні мікроорганізми в більшій мірі були представлені *Enterococcus* spp (16,5%).

У всіх поранених I і II групи після виконаної ПоХО визначали зменшення мікробного забруднення рани (табл. 3). Середня величина показника мікробного забруднення рани в I групі при застосуванні спейсера зменшилася з $(4,83 \pm 0,31) \times 10^7$ до $(2,94 \pm 1,12) \times 10^6$ КУО/мл ($p < 0,01$). В

II групі, пацієнтам якої спейсер не встановлювали, зменшення мікробного забруднення рани не виявляли (відповідно $(5,31 \pm 0,98) \times 10^7$ та $(1,1 \pm 1,34) \times 10^7$ КУО/мл, $p > 0,05$). Показники оцінки ефективності лікування при застосуванні спейсера в комбінації з пластикою дефекту м'язовими клаптами на осьових судинах наведено в табл. 4.

Таблиця 3

**Середня кількість патогенної мікрофлори
в групах спостереження до ХО та під час ПоХО**

Показник	I група (n=15)			II група (n=18)		
	до ХО	після ПоХО	p	до ХО	після ПоХО	p
КУО/мл	$4,83 \pm 0,31 \times 10^7$	$2,94 \pm 1,12 \times 10^6$	$< 0,01$	$5,31 \pm 0,98 \times 10^7$	$1,18 \pm 1,34 \times 10^7$	$> 0,05$

Таблиця 4

**Показники ефективності застосування спейсера в поєднанні з
пластикою дефекту м'язовим клаптом на осьових судинах**

Показник	I група (n=15)	II група (n=18)	p
Термін очищення рани, доба (M±SD)	$9,0 \pm 1,06$	$12,5 \pm 2,35$	0,00009
Кількість ПоХО до закриття рани, (M±SD)	$5,0 \pm 0,92$	$6,8 \pm 1,15$	0,00023
Інфекційні ускладнення, абс. (%):	3 (20)	6 (33,3)	$p > 0,05$
• абсцеси м'яких тканин	2 (13,3)	3 (16,6)	$p > 0,05$
• параосальні флегмони	—	1 (5,5)	$p > 0,05$
• остеомієліт	1 (6,6)	2 (11,1)	$p > 0,05$
Термін нормалізації температури тіла, доба (M±SD)	$11,8 \pm 1,26$	$15,2 \pm 2,06$	0,00078
Тривалість антибіотикотерапії, доба (M±SD)	$15,8 \pm 1,40$	$19,0 \pm 2,65$	0,00027

За всіма показниками спостерігалось поліпшення перебігу ранового процесу в основній групі порівняно з контрольною. Середня величина терміну очищення рани в I групі була достовірно меншою, ніж в II групі (відповідно $(12,5 \pm 2,35)$ та $(9,0 \pm 1,06)$ доби, $p = 0,00009$), як і ПоХО до моменту закриття рани (відповідно $(6,8 \pm 1,15)$ та $(5,0 \pm 0,92)$ доби, $p = 0,00023$). Достовірно меншим був термін нормалізації температури тіла (відповідно $(15,2 \pm 2,06)$ та $(11,8 \pm 1,26)$ доби, $p = 0,00078$) та тривалість прийому антибактеріальних препаратів (відповідно $(19,0 \pm 2,65)$ та $(15,8 \pm 1,40)$ доби, $p = 0,00027$).

Таким чином, отримані дані підтверджують, що спейсери, завдяки наявності в складі антибактеріального компонента, забезпечують місцеву антимікробну дію. Беззаперечно, що ізольоване призначення спейсерів під час лікування вогнепальних переломів кісток недоцільне та необгрунтоване, але в поєднанні з системною антибіотикотерапією дозволяє скоротити її тривалість, знизити системну токсичність і частоту появи резистентних штамів [2, 4].

Варто зауважити, що імплантація спейсера сприяє формуванню «вікна можливостей» для виконання відтермінованих реконструктивних оперативних втручань на кістково-м'язовому апараті. Спейсер, розташований в ділянці кісткового дефекту, попереджає заповнення вільного простору між уламками рубцевою тканиною. Видалення спейсера без розсічення м'язового клаптя дозволяє отримати сформований «тунель», стінками якого з одного боку є добре васкуляризований м'язовий клапоть, а з іншого – кісткові уламки зони вогнепального перелому. Це створює додаткові можливості для вибору методу фіксації або кісткової пластики ділянки перелому, що вважаємо перспективним напрямком дослідження лікування вогнепальних переломів, ускладнених КС.

Висновки

1. Імплантація спейсера в ділянку вогнепального перелому дозволяє достовірно зменшити концентрацію КУО/мл на поверхні кісткових уламків з якими він стикається з $(4,83 \pm 0,31) \times 10^7$ до $(2,94 \pm 1,12) \times 10^6$, $p < 0,01$.

2. При застосуванні методики імплантації спейсера має місце достовірне зменшення терміну очищення рани з $(12,5 \pm 2,35)$ до $(9,0 \pm 1,06)$ доби, $p = 0,00009$, скорочення кількості ПоХО до моменту закриття рани з $(6,8 \pm 1,15)$ до $(5,0 \pm 0,92)$ доби, $p = 0,00023$, та тривалості прийому антибактеріальних препаратів з $(19,0 \pm 2,65)$ до $(15,8 \pm 1,40)$ доби, $p = 0,00027$.

3. Методика імплантації спейсера в ділянку вогнепального перелому в поєднанні з пластикою дефекту м'язовими клаптями на осьових судинах створює «вікно можливостей» під час виконання відтермінованих ортопедичних втручань при лікуванні важких поліструктурних поранень, що ускладнились розвитком КС.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження плануємо з метою вивчення антибактеріальної активності спейсера залежно від щільності цементної маси. Ймовірно, що при збільшенні пористості спейсера буде спостерігатись посилення антибактеріального ефекту за рахунок прискорення вивільнення антибактеріального препарату.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Список використаної літератури

1. Заруцький Я. Л. Военно-полевая хирургия / за ред. Я. Л. Заруцкого, В. Я. Білого. К. : Фенікс, 2018. 552 с.
2. Комаров Р. Н., Митрофанов В. Н., Новиков А. В., Королёв С. Б. Тактика лечения инфекционных осложнений после эндопротезирования тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2016. № 4. С. 25–33.
3. Савка И. С., Цивина С. А., Николук Д. П., Шипунов В. Г. Влияние современных методов лечения на микрофлору огнестрельных ран. *Проблемы військової охорони здоров'я*. 2016. Вип. 46. С. 146–153.
4. Сердобинцев М. С., Бердес А. И., Черкасов А. Ю. Эффективность применения цементных носителей антибактериальных препаратов в этапном хирургическом лечении больных туберкулезным кокситом. *Медицинский альянс*. 2019. № 4. С. 86–91.
5. Страфун С. С., Лакша А. М., Шипунов В. Г., Борзих Н. О., Ложкін І. О. Помилки та ускладнення діагностики та лікування місцевого гіпертензивного ішемічного синдрому при вогнепальних ушкодженнях нижніх кінцівок. *Травма*. 2019. № 4. С. 112–119.
6. Трутяк І. Р., Лось Д. В. Медзин В. І. Прогнозування та профілактика інфекційних ускладнень бойової травми кінцівок. *Наука і практика*. 2016. № 1 – 2. С. 66–71.
7. Хоменко І. П., Лурін І. А., Негодуйко В. В. Вогнепальні поранення м'яких тканин (досвід антитерористичної операції/операції Об'єднаних сил) / за ред. В. І. Цимбалюка. Харків : Колегіум, 2020. 400 с.
8. Шаповалов В. М. Военная травматология и ортопедия / под ред. В. М. Шаповалова. СПб.: ВМедА, 2013. 547 с.
9. Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters. Ver. 9.0., 2019. URL: www.eucast.org/clinical_breakpoints. Accessed: August 01, 2019.

References

1. Zarutskyi, Ya. L., Bilyi, V. Ya., Denysenko, V. M., Aslanian, S. A., Bohdan, I. S., Boichak, M. P., ... Shevchenko, O. M. (2018). *Voienno-Polova khirurgiia*. Kyiv : Feniks. [In Ukrainian].
2. Komarov, R. N., Mytrofanov, V. N., Novykov, A. V., Koroljov, S. B. (2016) *Taktyka lecheniya ynfektsyonnykh oslozhneniy posle endoprotezyrovaniya tazobedrennogo sustava. Travmatologiya y Ortopediya Rossyy*, 22(4), 25– 33. [In Russian].
3. Savka, Y. S., Tsyvyna, S. A., Nykoliuk, D. P., Shypunov, V. H. (2016). *Vlyanye sovremennykh metodov lecheniya na mykrofloru ohnestrelnykh ran. Problemy viiskovoi okhorony zdorovia*, 46, 146 – 153. [In Ukrainian].

4. Serdobyntsev, M. S., Berdes, A. Y., Cherkasov, A. Yu. (2019). Effektivnost prymenyenia tsementnykh nosytelei antybakteryalnykh preparatov v etapnom khirurgicheskomy lecheny bolnykh tuberkuleznym koksytom. *Medytsynskiy alians*, 7(4), 86 – 91. [In Russian].
 5. Strafun, S. S., Laksha, A. M., Shypunov, V. H., Borzykh, N. O., Lozhkin, I. O. (2019). Pomyly ta uskladnennia diahnozyky ta likuvannia mistsevoho hipertenzynoho ishemichnoho syndromu pry vohnepalnykh ushkodzhenniakh nyzhnikh kintsivok. *Travma*, 20(4), 112 – 119. [In Ukrainian].
 6. Trutiak, I. R., Los, D. V., Medzyn, V. I. (2016). Prohnozuvannia ta profilaktyka infektsiinykh uskladnen boiovoi travmy kintsivok. *Nauka I Praktyka*, 2, 66–71. [In Ukrainian].
 7. Vohnepalni Porannennia Miakykh Tkanyn (Dosvid antyterorystychnoi operatsii/operatsii obiednanykh syl). (2020) Monohrafiia / In V. I. Tsymbaliuk (Ed.). Kharkiv: Kolehium. [In Ukrainian].
 8. Shapovalov, V. M. (2013). Voennaia Travmatolohyia y Ortopedyia : pidruchnyk. SPb: VMedA. [In Russian].
 9. Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters. 2019. URL: [http:// www.eucast.org/clinical_breakpoints](http://www.eucast.org/clinical_breakpoints). Accessed: August 01, 2019.
-

**S. S. STRAFUN¹, V. G. SHYPUNOV², I. S. SAVKA²,
S. A. TSIVYNA², J. E. SOBKOVA², N. A. BORZYKH¹**

¹ – *SI «Institute of Traumatology and Orthopedics of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine*

² – *National Military Medical Clinical Center «Main Military Clinical Hospital», Kyiv, Ukraine*

Application of spacers in combination with plastic muscle flaps in treatment of gunshot of the bones of the lower limbs complicated with compartment syndrome development

Summary

Analysis of medical losses during the antiterrorist operation (ATO) / Joint Forces Operation (JFO) shows that limb injuries presented in 62.6% of cases, of which up to 40% - with fractures. One of the most serious complications of such conditions is the development of compartment syndrome (CS), which can reach 40% of gunshot fractures of the upper third of the tibia. Soft tissue deficiency, which occurs after CS and necrectomy, combined with a high risk of infectious complications, makes the treatment of this category of injured difficult and relevant.

The aim of the research was to study the effectiveness of spacer implantation in the site of gunshot fracture of long bones in combination with plastic defect muscle flaps on axial vessels by studying changes in the degree of microbial contamination of gunshot wounds and the number of infectious complications in the early postoperative period.

Results and discussion. *The method of closing the soft tissue defect over a gunshot fracture with a muscle flap with prior placement of a spacer under it offers several advantages. Firstly, the use of a spacer made ex tempore, considering the microflora of the wound, can increase the concentration of antibiotic in the wound area and increase the effectiveness of systemic antibiotic therapy. Secondly, the implantation of a spacer under the muscle flap creates a «window of opportunity» to perform delayed orthopedic interventions: replacing the method of fixation or bone autoplasty of the gunshot fracture.*

Conclusions. *Implantation of a spacer in the area of a gunshot fracture allows to significantly reduce the concentration of Colony Forming Units/ml on the surface of bone fragments from $(4.83 \pm 0.31) \times 10^7$ to $(2.94 \pm 1.12) \times 10^6$ ($p < 0.01$), to reduce the time of wound cleaning – from (12.5 ± 2.35) days to (9.0 ± 1.06) days ($p = 0.00009$) and the number of repeated surgical interventions until the wound closure – from (6.8 ± 1.15) days to (5.0 ± 0.92) days, respectively ($p = 0.00023$), reduce the duration of antibacterial drugs from (19.0 ± 2.65) to (15.8 ± 1.40) days ($p = 0.00027$). The technique of spacer implantation in the area of a gunshot fracture in combination with the plasticity of the defect by muscle flaps on the axial vessels creates a «window of opportunity» in the performance of delayed orthopedic interventions in the treatment of severe polystructural injuries complicated by CS.*

Key words: *subfascial pressure, cement-antibacterial implant, infectious introduction of gunshot fractures of bones, reconstructive and restorative operations, surgical treatment of gunshot wound, polystructural lesions of the lower extremities.*

**С. С. СТРАФУН¹, В. Г., ШИПУНОВ², И. С. САВКА², С. А. ЦИВИНА²,
Ж. Е. СОБКОВА², Н. А. БОРЗЫХ¹**

¹ – ГУ «Институт травматологии и ортопедии АМН Украины», Киев, Украина

² – Национальный военно-медицинский клинический центр
«Главный военный клинический госпиталь», Киев, Украина

Применение спейсеров в сочетании с пластикой мышечными лоскутами при лечении огнестрельных переломов костей нижних конечностей, осложненных развитием компартмент-синдрома

Резюме

Обоснование. *Анализ санитарных потерь в ходе проведения антитеррористической операции/операции Объединенных сил показывает, что ранения конечностей составляли около 62,6%, из которых около 40% – с наличием переломов. Одним из самых грозных осложнений огнестрельных переломов является развитие компартмент-синдрома (КС), частота которого может достигать 40% при повреждении верхней трети большеберцовой кости. Дефицит мягких тканей, возникающий после перенесенного КС и выполненных некрэктомий, в сочетании с высоким риском инфекционных осложнений делает вопрос лечения этой категории раненых сложным и актуальным.*

Цель работы. *Изучение эффективности методики имплантации спейсера в область огнестрельного перелома костей нижних конечностей в сочетании с*

пластикой дефекта мышечными лоскутами на осевых сосудах путем исследования изменений степени микробного загрязнения огнестрельной раны и количества инфекционных осложнений в ранний послеоперационный период.

Результаты и обсуждение. Вариант закрытия дефекта мягких тканей над огнестрельным переломом кости мышечным лоскутом с предварительным размещением под ним спейсера, демонстрирует несколько преимуществ. Во-первых, применение спейсера, изготовленного *ex tempore* с учетом микрофлоры раны, позволяет повысить концентрацию антибиотика в области раны и усилить эффективность системной антибиотикотерапии. Во-вторых, имплантация спейсера под мышечный лоскут создает «окно возможностей» для выполнения отсроченных ортопедических вмешательств: при замене метода фиксации или костной аутопластики участка огнестрельного перелома.

Выводы. Имплантация спейсера в область огнестрельного перелома позволяет достоверно уменьшить концентрацию колониеобразующих единиц (КОЕ)/мл на поверхности костных отломков с $(4,83 \pm 0,31) \times 10^7$ до $(2,94 \pm 1,12) \times 10^6$, $p < 0,01$, сократить срок очищения раны с $(12,5 \pm 2,35)$ до $(9,0 \pm 1,06)$ сут, $p = 0,00009$ и количество повторных хирургических обработок с $(6,8 \pm 1,15)$ до $(5,0 \pm 0,92)$ сут соответственно $p = 0,00023$, сократить продолжительность приема антибактериальных препаратов с $(19,0 \pm 2,65)$ до $(15,8 \pm 1,40)$ сут, $p = 0,00027$. Методика имплантации спейсера в область огнестрельного перелома в сочетании с пластикой дефекта мышечными лоскутами на осевых сосудах создает «окно возможностей» при выполнении отсроченных ортопедических вмешательств при лечении тяжелых полиструктурных повреждений, осложненных развитием КС.

Ключевые слова: подфасциальное давление, цементно-антибактериальный имплантат, инфекционные осложнения огнестрельных переломов костей, реконструктивно-восстановительные операции, хирургическая обработка огнестрельной раны, полиструктурные повреждения нижних конечностей.

Стаття надійшла до редакції 03.05.2021.