

## Застосування нейроваскуляризованих клаптів при пластиці вогнепальних дефектів заднього відділу стопи

Страфун С.С.<sup>1</sup>, Шитунов В.Г.<sup>2</sup>✉, Борзих Н.О.<sup>1</sup>, Заговенко М.А.<sup>2</sup>

**Резюме.** Вогнепальні переломи кісток стопи складають 12% від загальної кількості поранень нижніх кінцівок та в 37% випадків супроводжуються значним дефектом тканин стопи, що розглядається як предиктор ампутацій на рівні гомілки. Відновлення функції опори стопи можливе лише при виконанні реконструктивних пластичних операцій – нейроваскуляризованих клаптів. **Мета.** Дослідити частоту ішемічних ускладнень клаптів при виконанні пластики обширних дефектів м'яких тканин заднього відділу стопи «суральним» та «плантарним» клаптом при вогнепальних полі структурних ушкодженнях стопи. **Матеріали і методи.** Проведено ретроспективний аналіз лікування 43 поранених з вогнепальними обширними дефектами м'яких тканин заднього відділу стопи з 2014 по 2023 роки та в різні терміни отримання поранення: до 3 –х діб – 10 випадків; від 3 до 10 доби – 22 випадку; від 10 до 20 доби – 11 випадків. В 23 (53%) випадках мав місце дефект навантажувальної поверхні п'яткової ділянки. В 20 (47%) випадках – задньої, ненавантажувальної поверхні п'яткової ділянки, яке в 3 (7%) супроводжувалось пошкодженням Ахіллового сухожилку. В 27 (63%) випадках дефект тканин поєднувався з перелом кісток стопи: п'яткова кістка – 4(9,3%), п'яткова та таранна кістка – 3 (6,9%), п'яткова та плеснові кістки – 4 (9,3%). Рішення що до застосування виду клаптя для пластики дефекту м'яких тканин заднього відділу стопи залежало від локалізації дефекту та результатів інструментального обстеження. Доплерографія виконувалась для визначення кровотоку по медіальній плантарній артерії, в басейні малої та великої підшкірної вени, наявності шкіряного перфоранту малогомілкової артерії. **Результати.** Оцінка розвитку ішемічних ускладнень «сурального» та «плантарного» клаптів проводилась протягом перших 10 діб. Ускладнення пов'язані з порушенням їх кровопостачання зустрічаються в 18,6% випадків. «Суральний» клапоть порівняно з «плантарним» більше схильний до ішемічних ускладнень: 21% проти 14%. **Висновки.** Таким чином, застосування нейроваскуляризованих клаптів при пластиці дефектів м'яких тканин стопи дозволяє закрити значні за площею дефекти без залучення мікрохірургії. В ряді випадків операція супроводжується розвитком незворотних ішемічних змін. Тим не менш виконання таких операцій створює вікно можливостей для збереження стопи та дозволяє виграти час перед прийняттям рішення, що до виконання ампутації.

**Ключові слова:** вогнепальні полі структурні ушкодження стопи, вогнепальні дефекти стопи, «суральний» клапоть, «плантарний» клапоть, гострий компартмент-синдром стопи.

### Вступ

В умовах сучасних військових конфліктів кількість вогнепальних поранень нижніх кінцівок сягає 48% від загальної кількості поранень [1, 2, 6].

✉ Шитунов В.Г., dr\_shipunov@ukr.net

<sup>1</sup>ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», Київ, Україна

<sup>2</sup>Національний військово-медичний клінічний центр «Головний військово-медичний клінічний госпіталь» МО України, Київ, Україна

Згідно аналізу про санітарні втрати війни в Іраку та Афганістані вогнепальні переломи кісток стопи складали 12% від загальної кількості поранень нижніх кінцівок, що в ряді випадків розлається як один з предикторів ампутацій на рівні гомілки [6, 7]. Частіше це обумовлено розвитком обширного дефектом тканин кінцівок, що може сягати 37% випадків [3].

Відновлення функції опори стопи можливе лише при виконанні реконструктивних

пластичних операцій [4]. Застосування нейроваскуляризованого клаптя на суральному нерві та артерії, що його супроводжує («суральний клапоть») та клаптя на медіальній підшовній артерії («плантарний клапоть») можна розглядати, як альтернативу вільним клаптям при лікуванні вогнепальних поліструктурних дефектів стопи [5]. В той же час кількість робіт що до вивчення ефективності цього виду реконструктивних операцій обмаль.

**Мета роботи.** Дослідити частоту ішемічних ускладнень клаптів при виконанні пластики обширних дефектів м'яких тканин заднього відділу стопи «суральним» та «плантарним» клаптем при вогнепальних поліструктурних ушкодженнях стопи.

## Матеріали та методи

Наше дослідження базується на ретроспективному аналізі лікуванні 43 пораненого з вогнепальними обширними дефектами м'яких тканин заднього відділу стопи, що потребували виконання реконструктивних операцій з застосуванням «сурального» або «плантарного» клаптя (табл. 1). Всі пацієнти проходили лікування в умовах НВМКЦ «ГВКГ» в період з 2014 по 2023 роки.

Під обширним дефектом м'яких тканин заднього відділу стопи ми розуміємо дефект шкіри та підлягаючих структур, який не може бути усунений лише шляхом накладання швів на краї рани.

В більшості випадків поранені надходили до НВМКЦ «ГВКГ» з етапу надання кваліфікованої допомоги в різні терміни від моменту отримання поранення: до 3 –х діб – 10 випадків; від 3 до 10 доби – 22 випадку; від 10 до 20 доби – 11 випадків. В 23 (53%) випадках мав місце дефект навантажувальної поверхні п'яtkової ділянки та в 20 (47%) випадках задньої, ненавантажувальної поверхні п'яtkової ділянки, яке в 3 (7%) супроводжувалось пошкодженням Ахіллового сухожилку. В 27 (63%) випадках дефект тканин поєднувався з перелом кісток стопи: п'яtkова кістка – 4(9,3%), п'яtkова та таранна кістка – 3 (6,9%), п'яtkова та плеснові кістки – 4 (9,3%).

Всі пацієнти лікувались у відповідності з стандартами військово-польової хірургії, згідно з якими, єдиним ефективним методом лікування вогнепальних поранень є повторна хірургічна обробка. Застосування УЗ-кавітації та NPWT-терапії дозволяє значно прискорити процеси елімінації патогенної флори рани. Кількість повторних хірургічних обробок коливалась від 2 до 5 до появи грануляційної тканини в рані. Особливість ПоХО стала потреба в економних остеонекретомах п'яtkової

кістки до появи чітких ознак її життєздатності. Іншою особливістю є максимально економне висічення шкіри плантарної поверхні при обробці раньового дефекту.

При необхідності виконання остеосинтезу перевага віддавалась застосуванню шпиль або гвинтів.

Рішення що до застосування «сурального» або «плантарного» клаптя для пластики дефекту м'яких тканин заднього відділу стопи залежало від локалізації дефекту та результатів інструментального обстеження.

Для остаточного прийняття рішення що до вибору клаптя обов'язково виконувалась доплерографія для визначення збереження кровотоку по медіальній плантарній артерії, в басейні малої та великої підшкірної вени, наявності шкіряного перфоранту малоогомілкової артерії в проекції точки його виходу (5-6 см від зовнішньої кісточки) та відсутності ознак порушення чутливості зовнішньому краю стопи (в зоні відповідальності n. suralis).

Також перед прийняттям рішення приймалось до уваги зловживання ніотином та вимагалось від пацієнта утримання від паління в термін до 3 тижнів після операції.

Незалежно від вище наведеного перенесений гострий комапртмент синдром стопи або її поліструктурне пошкодження, що потребує виконання ампутації стопи був абсолютним критерієм виключення для застосування клаптів обох видів.

**Критеріями виключення для застосування «сурального» клаптя із груп дослідження були:**

1. УЗ – ознаки пошкодження малої та великої підшкірних вен та гоміліці;
2. поранення в проміжку між Ахілловою сухожилком та н/з малоогомілкової кістки, що супроводжуються порушенням чутливості в зоні відповідальності n. Suralis по зовнішній поверхні стопи;
3. гострий тромбоз або ПТФС на гоміліці;

**Критеріями виключення для застосування «плантарного» клаптя із груп дослідження були:**

1. поранення медіального відділу гомілковостопного суглобу з УЗ – ознаками порушення кровотоку по медіальній плантарній артерії.
2. дефекти м'яких тканин розміром більше ніж 10 см в діаметрі;

При потребі в пластичі навантажувальної ділянки заднього відділу стопи пріоритет віддавався застосуванню «плантарного» клаптя, що обумовлено однотипністю гістологічної структури шкіри обох ділянок та здатністю клаптя після вторинної його васкуляризації, переносити 100% навантаження. (рис. 1).





**Рис. 1.** Вогнепальний перелом п'яткової кістки з дефектом м'яких тканин навантажувальної ділянки підошовної поверхні: а – 9-та доба після поранення; б – пластика дефекту «плантарним» клаптем; в – 21 доба після операції.

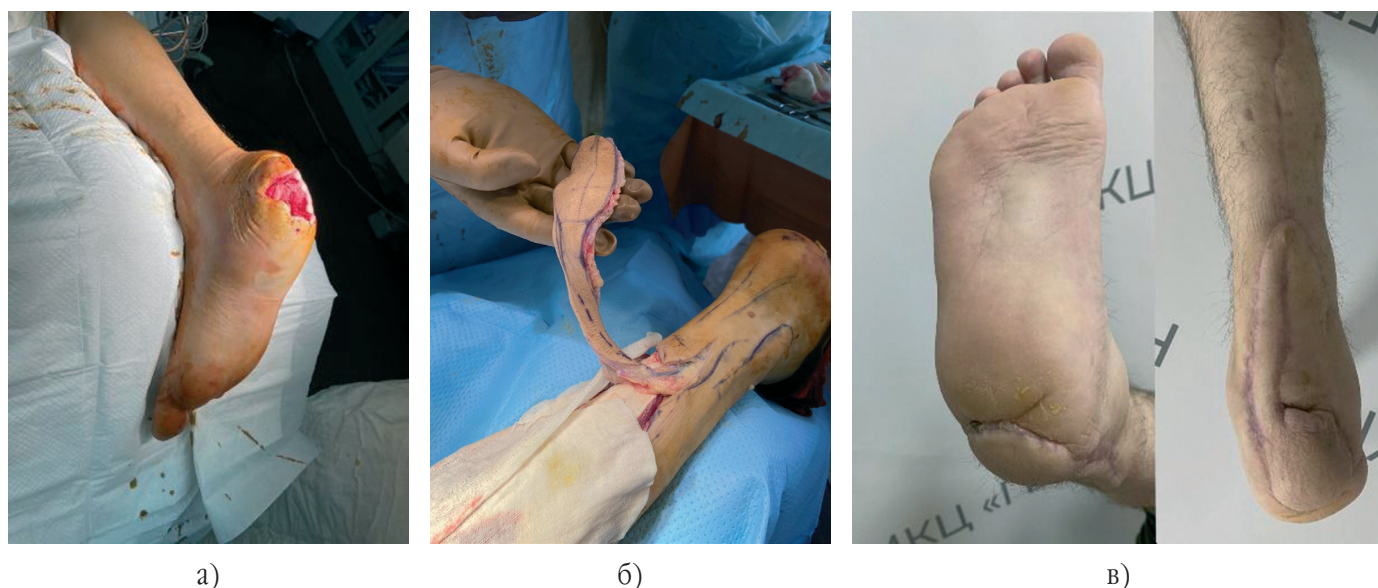


а) б) в) г)

**Рис. 2.** Вогнепальний перелом п'яткової кістки з дефектом м'яких тканин в ділянці переходу підошовної поверхні на задній відділ п'яткової ділянки: а – 7-ма доба після поранення; б, в – етап підйому «плантарного» клаптя та розміщення в ділянці дефекту; г – пластика розщепленим шкіряним клаптем раньової поверхні після підйому «плантарного» клаптя.

При дефекті заднього відділу п'яткової ділянки з оголенням місця кріплення Ахіллового сухожилку для пластики доцільне застосувався «сурального» клаптя. (рис. 3). В той же час при потребі закриття дефекту в ділянці переходу підошовної поверхні на задній відділ п'яткової ділянки, бажа-

не застосування «плантарного» клаптя. (рис. 2). Обумовлено, це тим, що хоча данна ділянка не є навантажувальною, наявність гілки медіального плантарного нерву в «плантарному» клапті дозволяє відновити чутливу захисту функцію по всій площі підошовної поверхні стопи.



**Рис. 3.** Вогнепальний перелом п'яткової кістки з дефектом м'яких тканин в ділянці переходу підошовної поверхні на задній відділ п'яткової ділянки: а – 5-та доба після поранення; б – етап підйому «сурального» клаптя; в – результат лікування через 1 місяць після операції.

Нажаль не завжди вибір клаптя для пластики визначався локалізацією дефекту. Наприклад наявність додаткових вогнепальних ран в проекції медіальної плантарної артерії не дозволяло розглядати можливість застосування «плантарного» клаптя. Також наявність ран в проекції заднього краю зовнішньої кісточки виключало можливість підйому «сурального» клаптя.

## Результати та їх обговорення

Оцінка розвитку ішемічних ускладнень «сурального» та «плантарного» клаптів проводилась протягом перших 10 діб після операції та представлені в таблиці 1.

Так ускладнення пов'язані з порушенням їх кровопостачання зустрічаються в 18,6% випадків. «Суральний» клапоть порівняно з «плантарним» більше схильний до ішемічних ускладнень: 21% проти 14%.

В 4 (9,3%) випадках порушення мали зворотні зміни у вигляді венозного застою клаптів та не

привели до незворотних ішемічних змін. Як правило розвиток ускладнення спостерігався в першу добу після операції та проявлявся набряком клаптя, зміни кольору шкіри та прискорення капілярної відповіді клаптя. В цих випадках призначалась медикаментозна терапія направлена на покращення реологічних властивостей крові, антикоагулянтна терапія в поєднанні з гірудіотерапією. Медичні п'явки (*Hirudo medicinalis*) розміщали на «хворіючий» клапоть відразу після появи ознак венозного застою в кількості від 1 до 3 одиниць в залежності від площі клаптя. (рис. 4.).

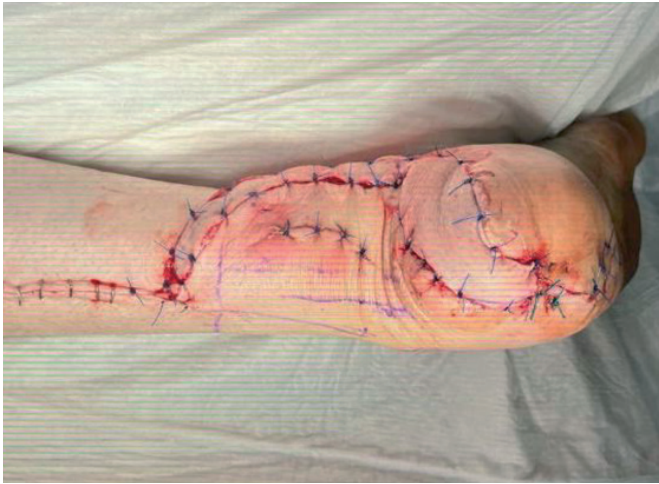
Кількість повторних сеансів гірудіотерапії складала від 2 до 5 з інтервалом через день. В більшості випадків венозний застій клаптя спостерігався при пластиці «суральним» клаптем, що обумовлено особливостями його кровопостачання. Після перев'язки малої підшкірної вени в «суральному клапті» виникають умови до розвитку первинного венозного застою. Це обумовлено неможливістю ретроградного кровотоку в зв'язку з наявністю клапанної системи вени. З цією метою під час «підйому» клаптя нами виконується

Таблиця 1.

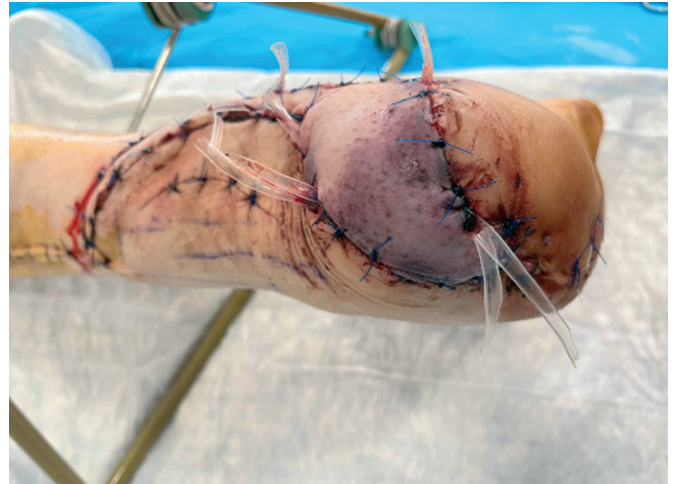
### Ішемічні ускладнення після пластики вогнепального дефекту «суральним» та «плантарним» клаптем.

Ішемічні порушення клаптів абс.		«Суральний» клапоть, n=28		«Плантарний» клапоть, n=15		%
		%	абс.	%	абс.	
Незворотні	Тотальний некроз	1	3,5	0	0	2,3
	Трансдермальний некроз	2	7,1	1	6,6	6,9
Зворотні	Венозний застій	3	10,7	1	6,6	9,3
Всього		6	21,4	2	14	18,6





а)



б)



в)



г)

**Рис. 4.** Пластика дефекту заднього відділу п'яtkової ділянки «суральним» клаптем:  
а – 1-ша доба після поранення; б – венозний стан «сурального» клаптя (2 доба після операції);  
в – *Hirudo medicinalis* на «суральному» клапті; г – результат лікування, 10 доба після операції.

катетеризація малої підшкірної вени та скид крові з її системи дозволяє тимчасово компенсувати венозну недостатність клаптя (рис. 5).

Подальша адаптація венозного кровотоку в цих випадках, відбувається через систему дрібних (безіменних) артерій та вен навколо стінки малої



**Рис. 5.** Катетеризації малої підшкірної вени «сурального» клаптя.

підшкірної вени [5]. Хоча ці супутні судини дуже малі, їх сполучення з малою підшкірною веною дозволяє обходити її клапани, що забезпечує зворотний венозний дренаж клаптя.

Незворотні ішемічні зміни, що пов'язані з артеріальною недостатністю спостерігались на 2-3 добу після операційного періоду та проявлялись блідістю клаптя та уповільненням капілярного відповіді. Незважаючи на проведення медикаментозної терапії мав місце трансдермальний некроз в 1 (2,3%) випадку та крайовий некроз в 3 (6,9%) випадках.

В цих ситуаціях ми завжди займали очікувальну позицію не поспішаючи з виконанням некректомії. Застосування під час перев'язок спиртового розчину камфорової олії в більшості випадків дозволяло створити умови для формування сухих поверхневих некрозів. На 14-18 добу виконувалась некректомія в межах чітко визначено демаркаційної лінії з оголенням підшкірно-жирової



клітковини клаптя. Проведення 1-2 сеансів NPWT – терапії дозволяло отримати ріст грануляційної тканини та виконати в подальшому пластику розщепленим шкіряним клаптем. (Рис.6)



а)

б)

**Рис. 6.** Стан після некректомії часткового трансдермального некрозу «сурального» клаптя: а – формування зустрічних шкіряно-фасціальних клаптів з бокових ділянок п'яткової ділянки; б – стан після розміщення клаптів та аутодермопластики.

В одному випадку проведені лікувальні заходи були неефективні, мало місце формування тотального некрозу клаптя з його гнійним розплавленням, що потребувало виконана некректомії з видаленням клаптя на 7 добу. (Рис. 7).



а)

б)

в)

**Рис. 7.** Тотальний некроз «сурального» клаптя: а – стан після підйому клаптя; б – 3 – тя доба після операції, ознаки мозаїчного трансдермального некрозу; в – 7 – ма доба після операції, тотальний некроз клаптя.

На нашу думку одним з моментів профілактики ішемічних ускладнень є формування клаптя з шкіряно-фасціальною ніжкою. В цьому випадку немає необхідності розміщати клаптот в підшкірному тунелі, що зменшує вірогідність його ішемії внаслідок стискання, а шкіряний місток підвищує стійкість від перекруту судин ніжки. Надійний гемостаз зменшує ризик утворення гематоми навколо ніжки, при цьому небажане надмірне застоювання електрокоагуляції, краще надати перевагу лігуванню ниткою або металевою кліпсою.

Іншою запорукою профілактики ішемічних ускладнень є дотримання розмірів клаптя під час його формування: не більше 5 см в кожен бік від проекції вісьової судини.

Звертаємо увагу, що при формуванні клаптя накладання швів між фасцію та гіподермою, з метою запобігання його розшарування, не повинно бути щільним. Небезпека пов'язана з тим, що після відновлення кровопостачання клаптя, останній збільшується в об'ємі та у випадку рясного ушивання його периметру, це може призвести до ішемічних ускладнень.

Таким чином, застосування в практиці нейроваскуляризованих клаптів при пластиці дефектів м'яких тканин стопи дозволяє закрити значні за площею дефекти без залучення мікрохірургії. В ряді випадків операція супроводжується розвитком незворотних ішемічних змін, що потребує повторних реконструктивних операцій. Тим не менш виконання таких операції створює вікно можливостей для збереження стопи та дозволяє виграти час перед прийняттям рішення що до виконання ампутації.

## Висновки

1. Обширні дефекти м'яких тканини стопи в 63% випадків супроводжуються переломом кісток стопи.

2. При пластиці обширних вогнепальних дефектів п'яtkової ділянки за допомогою нейроваскуляризованих клаптів ускладнення пов'язані з порушенням їх кровопостачання зустрічаються в 18,6% випадків.

3. «Суральний» клапоть порівняно з «плантарним» більше схильний до ішемічних ускладнень: 21% проти 14%.

4. Катетеризація малої підшкірної вени, яка включена в склад «сурального» клаптя дозволяє компенсувати первинний венозний застій в клапті та може розглядатись як один з можливих дієвих шляхів що до зменшення ризику розвитку незворотних ішемічних змін, що потребує подальших наукових досліджень.

## References

1. Заруцький ЯЛ, Білий ВЯ. та ін Воєнно-польова хірургія.. Київ: Фенікс; 2018. 552с.  
Zaruts'kyu Ya, Bilyy V, et al. Military field surgery. Kyiv: FENIKS; 2018. 552 p. [in Ukrainian]
2. Гайко ГВ. та ін. Лікування поранених з бойовими травмами кінцівок : (за досвідом АТО/ООС) : монографія . Чернівці ; Київ : Десна, 2020. 194 с

Gayko G et al. Treatment of the wounded with combat injuries of the abdomen (according to the experience of the ATO/OOS): monograph. Chernihiv; Kyiv: DESNA, 2020. 194 p. [in Ukrainian]

3. Страфун СС, Лакша АМ, Шипунов ВГ, Борзих НО. Комплексне хірургічне лікування постраждалих із значними дефектами м'яких тканин кінцівок внаслідок вогнепальних поранень. Сучасні аспекти військової медицини. Київ; 2015; 23(2): 100-108.

Strafun S, Laksha A, Shypunov V, Borzyh N. Complex surgical treatment of victims with significant defects of the soft tissues of the limbs as a result of gunshot wounds. CURRENT ASPECTS OF MILITARY MEDICINE. Kyiv; 2015; 23(2): 100-108. [in Ukrainian]

4. Атаманиук ВМ, та ін. Основи пластичної та реконструктивної хірургії. Вінниця : ТВОРИ, 2021. 148 с.  
Atamaniuk V, et al. BASICS OF PLASTIC AND RECONSTRUCTIVE SURGERY. Vinnitsa: TVORY, 2021. 148 p. [in Ukrainian]

5. Бадюл ПО. Особливості застосування перфорантного реверсійного клаптя на суральній артерії для реконструкції покривних тканин нижніх кінцівок. Intermedical Journal. 2017; 2(10): 15-22.

Badiul P. Peculiarities of using a perforating reversal flap on the sural artery for the reconstruction of the integumentary tissues of the lower extremities. Intermedical Journal. 2017; 2(10): 15-22. [in Ukrainian]

6. Balazs GC, Polfer EM, Brelin AM, Gordon WT. High Seas to High Explosives: The Evolution of Calcaneus Fracture Management in the Military. Military Medicine. 2014; 179 (11): 1228–35. doi: 10.7205/MILMED-D-14-00156

7. Owens BD, Kragh JF, Macaitis J, Svoboda SJ, Wenke JC. Characterization of Extremity Wounds in Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom. Orthop Trauma. 2007; 21(4): 254-7. doi:10.1097/BOT.0b013e31802f78fb.

## The Use of Neurovascularized Flaps in Plastic Surgery of Gunshot Defects of the Hindfoot

Strafun S.S.<sup>1</sup>, Shypunov V.H.<sup>2</sup>, Borzykh N.O.<sup>1</sup>, Zaboventko M.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SI «Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine», Kyiv

<sup>2</sup>National Military Medical Clinical Center «Main Military Clinical Hospital» of the Ministry of Defense of Ukraine, Kyiv

**Summary. Background.** Gunshot fractures of the bones of the foot make up 12% of the total number of injuries of the lower extremities and in 37% of cases are accompanied by a defect in the tissues of the foot, which is considered as a predictor of amputations at the level of the lower leg. Restoring the function of foot support is possible only when reconstructive plastic surgery – neurovascularized flaps – is performed. **Objective:** to study the frequency of ischemic complications of flaps during plastic surgery of extensive defects of soft tissues of the rear part of the foot with «sural» and «plantar» flaps in the case of gunshot polystructural injuries of the foot. **Materials and Methods.** A retrospective analysis of the treatment of 43 injured with gunshot extensive defects of the soft tissues of the hindfoot from 2014 to 2023 and at different times of injury was carried out: up to 3 days – 10 cases; from 3 to 10 days – 22 cases; from 10 to 20 days – 11 cases. In 23 (53%) cases there was a defect of the loading surface of the heel area. In 20 (47%) cases there was a defect of the posterior, non-load-bearing surface of the heel area, which in 3 (7%) cases was accompanied by damage to the Achilles tendon.

*In 27 (63%) cases, the tissue defect was combined with a foot bone fracture: calcaneal bone – 4 (9.3%), calcaneus and tarsal bone – 3 (6.9%), calcaneus and metatarsal bone – 4 (9.3%). The decision regarding the use of the type of flap for plastic surgery of the soft tissue defect of the hindfoot depended on the location of the defect and the results of instrumental examination. Doppler imaging was performed to determine blood flow in the medial plantar artery and in the basin of the small and great saphenous veins, and to determine the presence of a perforator of the peroneal artery. Results. The assessment of the development of ischemic complications of the «sural» and «plantar» flaps was carried out during the first 10 days. Complications associated with a violation of blood supply of flaps occur in 18.6% of cases. The «sural» flap compared to the «plantar» flap is more prone to ischemic complications (21% versus 14%). Conclusions. The use of neurovascularized flaps in plastic surgery of soft tissue defects of the foot makes it possible to cover large defects without the involvement of microsurgery. In some cases, the surgery is accompanied by the development of irreversible ischemic changes. Nevertheless, performing such surgeries makes it possible to save the foot and buy time before making a decision for amputation.*

**Keywords:** *gunshot polystructural injuries of the foot; gunshot defects of the foot; «sural» flap; «plantar» flap; acute compartment syndrome of the foot.*