

Діагностично-лікувальна тактика медичної допомоги пацієнтам із гострою ішемією кінцівок внаслідок тривало накладеного турнікету: ретроспективний аналіз і клінічні результати

М. Л. Головаха^{1,A,F}, О. В. Богдан^{1,B}, І. В. Шишка^{2,E,F}, М. С. Лісунов^{1,B,C,D},
Ю. О. Міхеєв^{1,3,E}, Р. М. Кузів^{3,E}, Е. Агаєв^{4,C,E}

¹Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Україна, ²Комунальне некомерційне підприємство «Запорізька обласна клінічна лікарня» Запорізької обласної ради, Україна, ³Запорізький військовий госпіталь, Україна, ⁴Лікарняна група Лінденхоф, м. Берн, Швейцарія

A – концепція та дизайн дослідження; B – збір даних; C – аналіз та інтерпретація даних; D – написання статті; E – редагування статті; F – остаточне затвердження статті

Ключові слова:

м'язи, ішемія, турнікетний синдром, турнікет, контрактура, фасціотомія, ампутація, реперфузійний синдром.

Запорізький
медичний журнал.
2025. Т. 27, № 5(152).
С. 382-390

Питання щодо тривало накладених турнікетів досліджено недостатньо, досі не розроблено чітких державних чи міжнародних стандартів надання допомоги таким пацієнтам. Це ускладнює регламентацію тактики лікування.

Мета роботи – розробити алгоритм допомоги пацієнтам із гострою ішемією нижніх кінцівок, що спричинена тривалим (>2 години) накладенням турнікету.

Матеріали і методи. Здійснили ретроспективний аналіз 142 пацієнтів (віком $36,71 \pm 0,82$ року) з ізольованою травмою нижньої кінцівки та турнікетом, накладеним на стегні протягом >2 години. Пацієнти перебували на лікуванні в КНП «Запорізька обласна клінічна лікарня» ЗОР з 2023 до липня 2025 року. Обстежених поділили на групи: контрольну – 64 пацієнти, яким надано несистематизовану допомогу у 2023 році; основну – 78 осіб, під час лікування яких застосовано розроблений алгоритм (від травня 2024 року). Підгрупи пацієнтів: А – тривалість накладення турнікету 2–4 години; Б – 4–6 годин; В – >6 годин.

Алгоритм передбачав зняття турнікету, якщо його накладено <2 години; зняття після терапії з фасціотомією, якщо турнікет накладено протягом 2–4 годин; фасціотомією без послаблення з оцінюванням м'язів (тургор, колір, скоротливість, електрокоагуляція), якщо турнікет накладено >4 години без контрактур; у разі контрактур виконували ампутацію. Аналізували лабораторні показники (калій, рН, лактат) при надходженні та через 24–48 годин після операції, ампутації.

Результати. Лабораторні показники, встановлені під час надходження, не корелювали з часом ішемії ($p > 0,05$). У підгрупі Б алгоритм сприяв зменшенню приросту калію ($0,20$ ммоль/л проти $0,67$ ммоль/л, $p = 0,02$) та кількості відтермінованих ампутацій ($6,25$ % проти $44,4$ %). Загальна частота ампутацій зіставна ($50,00$ % проти $61,11$ %), але кількість первинних збільшилася ($43,8$ % проти $16,7$ %); це сприяло зменшенню реперфузійних ускладнень.

Висновки. Алгоритм ефективний під час тривалих конфліктів, коли виникають затримки евакуації. Він дає змогу здійснити інтраопераційне оцінювання м'язів та запобігти необґрунтованій реперфузії. Застосування алгоритму сприяє зменшенню кількості відтермінованих ампутацій та випадків виникнення ускладнень, не спричиняє при цьому зростання загальної частоти ампутацій, підкреслюючи обмеженість лабораторних маркерів. Алгоритм може стати основою для національних керівництв, але потребує мультицентрової проспективної валідації.

Keywords:

muscles, ischemia, tourniquet syndrome, tourniquet, contracture, fasciotomy, amputation, reperfusion injury.

Zaporozhye
Medical Journal.
2025;27(5):382-390

Diagnostic and therapeutic tactics for patients with acute limb ischemia due to prolonged tourniquet application: a retrospective analysis and clinical outcomes

M. L. Golovakha, O. V. Bohdan, I. V. Shyshka, M. S. Lisunov, Yu. O. Mikheiev,
R. M. Kuziv, E. Aghayev

Patients with prolonged tourniquet application represent an understudied problem. The lack of clear national or international standards for care complicates the regulation of treatment tactics.

The aim of this study was to develop and evaluate an algorithm for the care of patients with acute lower limb ischemia caused by prolonged (>2 hours) tourniquet application.

Materials and methods. A retrospective analysis of 142 patients (mean age 36.71 ± 0.82 years) with isolated lower limb trauma and a tourniquet applied to the thigh for >2 hours was conducted at Communal Non-Profit Enterprise "Zaporizhzhia Regional Clinical Hospital" of Zaporizhzhia Regional Council from 2023 to July 2025. Patients were divided into two groups: a control group (2023, $n = 64$), who received unsystematic care, and a main group (from May 2024, $n = 78$), who were treated using the algorithm. These were further stratified into subgroups: A (2–4 hours), B (4–6 hours), and C (>6 hours). The algorithm was structured as follows: tourniquet removal at <2 hours; tourniquet removal after fasciotomy therapy at 2–4 hours; fasciotomy without relaxation, followed by muscle assessment (turgor, color, contractility, electrocoagulation), at >4 hours without contractures; amputation in cases of contractures. The analysis included a comparison of laboratory parameters (potassium, pH, and lactate) upon admission and 24–48 hours later, as well as amputation rates.

Results. Laboratory parameters upon admission did not correlate with ischemia time ($p > 0.05$). In subgroup B, the algorithm reduced the increase in potassium (0.20 mmol/L vs. 0.67 mmol/L, $p = 0.02$) and decreased the rate of delayed amputations (6.25 % vs. 44.4 %). The overall frequency of amputations was similar (50.00 % vs. 61.11 %), but the rate of primary amputations increased (43.8 % vs. 16.7 %), which led to a reduction in reperfusion complications.

Conclusions. The algorithm is effective in protracted conflicts with evacuation delays, allowing for the intraoperative assessment of muscles and avoiding unjustified reperfusion. It reduces delayed amputations and complications without increasing the overall frequency of amputations, highlighting the limitations of laboratory markers. The algorithm could form the basis of national guidelines but requires multicenter prospective validation.

У контексті сучасних збройних конфліктів, зокрема в Україні, застосування кровоспинних турнікетів для перекриття магістрального кровотоку кінцівки є критичним елементом первинної допомоги при масивних кровотечах [1]. За даними наукової літератури, турнікет дає змогу ефективно контролювати кровотечу, але його тривале накладення (понад 2 години) асоційоване з ризиком розвитку компартмент-синдрому, ішемічної некрозу м'язів і системних ускладнень, як-от гострого ураження нирок через рабдоміоліз [2,3,4]. Відомо, що турнікет необхідно використовувати передусім як засіб негайної та швидкої зупинки кровотечі з наступним переходом [5] до методів, що не спричиняють перекриття магістрального кровотоку [6].

Умови евакуації поранених у зоні бойових дій часто призводять до затримок, коли тривалість накладення турнікету може сягати 2–10 годин і більше [7]. Це ускладнює ухвалення рішень щодо відновлення кровотоку в кінцівці та загалом її збереження. Крім того, вкрай актуальним питанням є невинуватене використання турнікетів. За даними закордонних досліджень, через брак тренінгів до 2024 року велика кількість із них були накладені без показань, спричинила додаткові ускладнення у військових і цивільних осіб [8,9]. З часом численні тренінги та навчання, оптимізація військово-медичної допомоги дали свої результати – кількість пацієнтів із накладеними турнікетами поступово зменшується, втім такі випадки не є рідкісними. На початку повномасштабного вторгнення росії на територію України не було розроблених протоколів і регульованих підходів до менеджменту таких пацієнтів.

У контексті сучасних збройних конфліктів характер і масштаб військових операцій істотно впливають на тривалість накладення турнікету та частоту таких ускладнень, як гостра ішемія м'язів і реперфузійне ушкодження. Так, нещодавні операції в Іраку та Афганістані характеризувалися відносно локальними діями з залученням високопрофесійних сил, що мали доступ до швидкої аеромедичної евакуації, яка зазвичай забезпечувала транспортування поранених протягом приблизно 1 години. Так, у дослідженні J. K. Maddry et al. проаналізовано 1267 випадків евакуації під час операції OEF в Афганістані у 2011–2014 роках; за даними авторів, медіана часу евакуації до пункту хірургічної допомоги становила 36 хвилин [10]. Це сприяло зменшенню тривалості накладення турнікету та кількості тяжких ішемічних наслідків.

У сучасній війні за Незалежність України тривалі позиційні бої та взаємний контроль повітряного простору спричинили подовження евакуації, що в середньому триває 3–6 годин [7,9].

Часто до евакуації залучений особовий склад із різним рівнем підготовки з тактичної медицини. Ця опера-

ційна відмінність пояснює обмежену кількість описаних у західній медичній літературі випадків із надтривалим накладенням турнікету (>6 годин). У попередніх конфліктах поранення, асоційовані з тривалими періодами ішемії, не були поширеними. Це обґрунтовує доцільність розробки контекстно специфічних протоколів для сценаріїв високої інтенсивності бойових дій.

Розвиток систем протиповітряної боротьби ускладнює використання авіації поблизу лінії бойового зіткнення, унеможливаючи аеромедичну евакуацію з поля бою. Крім того, нині активно використовують засоби повітряного спостереження, що дають змогу візуалізувати територію до кількох кілометрів від лінії бойового зіткнення. Це значно ускладнює евакуацію з поля бою та призводить до затримки тривалістю в години і навіть дні.

Тому більшість закордонних рекомендацій з тактичної та військово-польової хірургії з використання турнікетів виявились неефективними, оскільки не враховують особливостей бойових дій в Україні. Так, наприклад, посібник із тактичної медицини TCCC Handbook, Version 5 навіть в останніх редакціях не містить чітких вказівок щодо дій із пораненими, в яких турнікет на кінцівку накладено більше ніж 6 годин тому. Наведено лише рекомендацію про можливість безпечної конверсії турнікету протягом 2 годин; 2–6 годин, – імовірно, безпечно, втім, верхня межа науково не визначена; понад 6 годин – діяти обережно, польова конверсія не рекомендована [11].

Закордонних наукових праць, де було б наведено результати досліджень і висвітлено питання щодо надання допомоги пацієнтам із «турнікетним синдромом», немає. Виявлено лише окремі публікації, як-от опис клінічного випадку [12] або висвітлення власного досвіду (11 випадків) без надання клінічних рекомендацій [13].

Перші вітчизняні публікації з цього питання були присвячені статистичному огляду та визначенню проблематики [14]. У 2024 році опубліковано працю Е. М. Хорошуна і співавт. [15]. Це був перший системний огляд щодо лікування турнікетного синдрому з висвітленням супутніх проблем та ускладнень; крім того, автори подали класифікацію та певне керівництво щодо лікувальних заходів, що враховував у тому числі й досвід колег.

Мета роботи

Розробити алгоритм допомоги пацієнтам із гострою ішемією нижніх кінцівок, що спричинена тривалим (>2 години) накладенням турнікету.

Матеріали і методи дослідження

Загальна кількість пацієнтів із гострою ішемією кінцівок, яким надано допомогу в КНП «Запорізька обласна



Рис. 1. Кінцівка із турнікетом, що затягнуто протягом 9 годин.

клінічна лікарня» ЗОР в період з 2023 до липня 2025 року, становила 414 осіб. До дослідження залучено пацієнтів, які надійшли з ішемізованою більше ніж 2 години кінцівкою, в яких були достовірні документальні дані та клінічна симптоматика, ішемія кінцівки, що спричинена спроможним і затягнутим протягом більше ніж 2 години турнікетом.

Для стандартизації дослідження вирішено брати до аналізу пацієнтів з ізольованою травмою однієї нижньої кінцівки. Щоб оцінити ризики виникнення гострого ураження нирок, брали до аналізу лише пацієнтів із накладеним турнікетом на рівні стегна, оскільки м'язовий масив при турнікетах на гомілці або верхній кінцівці менший і рідше спричиняє таке ускладнення.

Визначено критерії залучення: вік 18–60 років; накладений турнікет на рівні верхньої третини стегна протягом більше ніж 2 години (за даними анамнезу та відповідних записів у медичній документації); ознаки гострої ішемії м'язів (спроможний турнікет, біль, парестезії, блідість або ціаноз шкіри, відсутність периферичної пульсації, рис. 1); ізольована травма (немає ушкоджень голови, грудної, черевної порожнин, тазових органів, значних уражень інших кінцівок, що могли спричинити значну крововтрату).

Критерії виключення – вік менше ніж 18 і понад 60 років; турнікет накладено менше ніж 2 годин тому або немає достовірних анамнестичних даних, відповідних

записів у медичній документації; немає ознак гострої ішемії м'язів (неспроможність турнікету, периферична пульсація); діагностований перелом стегнової кістки; політравма (проникні ушкодження голови, грудної, черевної порожнин, тазових органів, поранення інших кінцівок, що могли зумовити значну крововтрату, геморагічний шок).

Питання щодо тактики дій під час надходження пацієнта було найскладнішим для лікарів. Так, не було чітко визначених даних про те, до якого часу безпечно знімати турнікет, коли пацієнтові показана ампутація вище від турнікету без його послаблення, коли необхідно робити профілактичну фасціотомію.

На перші два питання швидко знайдено відповіді внаслідок поєднання емпіричного досвіду та наукових даних (біохімія, фізіологія та патофізіологія). Теоретично обґрунтовано й емпірично доведено, що турнікет, накладений протягом менше ніж 2 години, можна безпечно знімати без дообстеження в умовах операційної приймального відділення. В окремих, нечастих випадках надалі виникає компартмент-синдром, який потребує хірургічного лікування, якщо є показання. У пацієнтів, у котрих турнікет накладено менше ніж 2 години тому, абсолютних показань до профілактичної фасціотомії немає.

Так само для таких пацієнтів сформовано абсолютні показання до ампутації. Виходячи з даних про патологічну анатомію та патофізіологію, ішемічна контрактура у разі гострої ішемії кінцівки є локальним аналогом «трупного заляккання» як симптому біологічної смерті організму, що свідчить про незворотні зміни м'язової тканини. Послаблення та зняття турнікету в цьому випадку може спричинити гіперкаліємічну зупинку серця. В інших випадках пацієнт матиме гостре ураження нирок, надалі нерідко виникають явища поліорганної недостатності. Відновлення кровопостачання кінцівки не дає перспектив щодо її збереження, якщо м'язи незворотно змінені та некротизовані, дуже швидко до рани приєднується вторинна інфекція (часто назокоміальна, флора відділення інтенсивної терапії), виникає загроза розвитку сепсису, гострого ураження нирок і поліорганної недостатності. Врешті виникає ризик настання летального наслідку через вторинні ускладнення. Отже, формування стійких ішемічних контрактур свідчить про тотальні незворотні зміни м'язової тканини кінцівки, що унеможливує її збереження, а зняття турнікету лише створить ятрогенну необґрунтовану загрозу для життя.

Намагаючись визначити час формування ішемічних контрактур, встановили, що чітко визначених меж, на жаль, немає. Залежно від зовнішніх умов (передусім від температури довкілля), особливостей стану пацієнта, наявності інших поранень, конституції тіла, об'єму м'язів та інших невизначених факторів, цей час варіював від 4,5 до 9 годин. В окремих випадках, коли визначено часткову неспроможність турнікету, навіть після 12 годин контрактури не виявлено (такі випадки в цьому дослідженні не розглядали – вони є темою окремої дискусії).

У певних випадках, а в межах цього дослідження це 9 пацієнтів, зняття турнікету через 4–5 годин спричиняло стрімке погіршення стану, виникнення гострого ураження нирок, гемодинамічних та електролітичних розладів. Під

час вторинної хірургічної обробки виявлено тотальні та субтотальні некрози м'язів кінцівки внаслідок ішемічної контрактури, ухвалено рішення про ампутацію.

Для детального оцінювання стану кінцівки застосовано алгоритм, що передбачав фасціотомію без зняття та послаблення турнікету. Виконано ревізію м'язів, визначено їхню життєздатність (рис. 2).

М'язи оцінювали візуально за тургором, здатністю до скорочення у відповідь на дотик, кольором (блідий, блідо-рожевий) та здатністю скорочуватися у відповідь на подразнення електрокоагулятором. Остання ознака – найбільш достовірна, оскільки навіть в стані глибокої ішемії не некротизований м'яз у відповідь на подразнення струмом скорочуватиметься. Залежно від ступеня пошкодження можливе зменшення сили скорочення порівняно з інтактним м'язом, часто визначають мозаїчне ушкодження м'язів (частина зберігає здатність до скорочення, окремі групи – ні). Як ознаки нежиттєздатності м'яза визначено брудно-сірий колір, просякнення м'яза міжклітинною рідиною (нерідко з неприємним запахом), відсутність тургору, легку фрагментацію, повну відсутність відповіді на подразнення електрокоагулятором.

У частині випадків цей підхід спрощував ухвалення рішення. Так, коли м'язи ішемізовані, але зі збереженим тургором, і переважний масив м'язів реагував на подразнення електрокоагулятором скороченням, призначали інтенсивну терапію для підготовки пацієнта, надалі турнікет знімали. В низці випадків, коли не виявлено контрактури, під час фасціотомії визначали нежиттєздатність м'язів, вони абсолютно не реагували на електрокоагуляцію, мали брудно-сірий колір, просякнуті міжклітинною рідиною з неприємним запахом. Таким пацієнтам виконано ампутацію вище від турнікету.

Були випадки, коли картина змішана, зокрема виявлено мозаїчні некрози м'язів, різні ступені ушкодження тощо. Щодо таких пацієнтів рішення ухвалювала мультидисциплінарна команда, що складалася з чергового травматолога, хірурга, судинного хірурга, анестезіолога та реаніматолога. Брало до уваги загальний стан хворого, наявність інших поранень, діагностовані супутні захворювання, вітальні показники, результати лабораторних та інструментальних досліджень. Враховували ступінь пошкодження м'язів кінцівки, визначали перспективи збереження кінцівки та оцінювали її потенційну функціональність, порівнювали з очікуваними ризиками після зняття турнікету. Після цього ухвалювали рішення щодо тактики лікування в кожному конкретному випадку.

Тому в процесі спроб розробити уніфікований підхід вирішили діяти за такою тактикою:

1. Якщо турнікет накладено протягом менше ніж 2 години, знімати його необхідно в умовах операційної приймального відділення з наступним хірургічним гемостазом, надалі фасціотомію виконувати за показаннями;
2. Якщо турнікет накладено протягом 2–4 годин, знімають його після обстеження пацієнта та відповідної інтенсивної терапії, що спрямована на корекцію потенційної гіперкаліємії, ацидозу, токсинемії; обов'язково є профілактична фасціотомія незалежно від наявності симптомів компартмент-синдрому;
3. Якщо турнікет накладено понад 4 години і немає ішемічних контрактур у суглобах дистальніше турнікету,



Рис. 2. Оцінювання життєздатності м'яза під турнікетом, що накладений протягом більше ніж 6 годин (QR-код – посилання на відео).

доцільною є діагностична фасціотомія без послаблення та знімання турнікету з визначенням обсягу оперативного втручання;

4. Якщо турнікет накладено понад 4 години і виявлено ішемічні контрактури, виконують ампутацію вище від турнікету без знімання та послаблення.

Мета цього підходу передбачала зменшення кількості хибних ампутацій (коли немає показань і є змога зберегти кінцівку), зменшення кількості випадків невинного ризику при знятті турнікету, накладеного протягом більше ніж 4 годин, коли немає реальної перспективи зберегти кінцівку (після зняття турнікету в пацієнта розвивається гостре ураження нирок, поліорганна недостатність, токсемія, гемодинамічні розлади, а через 24–48 годин кінцівка тотально нежиттєздатна, і тому виконують ампутацію, що додатково асоційована з погіршенням стану).

Оскільки здійснити проспективне дослідження з формуванням групи контролю та групи дослідження неможливо з біоетичних і моральних міркувань, обрано дизайн дослідження з ретроспективним аналізом.

Загалом у 2023–2025 роках у відділенні травматології КНП «Запорізька обласна клінічна лікарня» ЗОР надано допомогу 414 пацієнтам із гострою ішемією кінцівок внаслідок тривало (більше ніж 2 години) накладеного турнікету; 167 поранених – з одним турнікетом, що накладений на рівні стегна. У результаті аналізу за назвами оперативних втручань встановлено, в 2023 році не було системності допомоги – тактику визначала чергова зміна індивідуально, в кожному конкретному випадку. На початку 2024 року впроваджено застосування наведеного алгоритму дій. 3 травня 2024 року системно дотримувалися описаної тактики ухвалення рішень.

Вирішено сформувати 2 групи пацієнтів: до контрольної залучено 64 пацієнтів, які перебували на лікуванні у 2023 році; до основної – 78 пацієнтів, котрим здійснили втручання у період з травня 2024 (коли системно застосовували описану тактику ведення) до червня 2025 року. Для аналізу впливу тривалості накладення турнікету на лабораторні показники кожному групу поділили на підгрупи за цим показником: протягом 2–4 годин, 4–6 годин і більше ніж 6 годин. Особливу увагу приділено пацієнтам, у котрих турнікет було накладено протягом 4–6 годин, оскільки ця група асоційована з найбільшими труднощами під час вибору лікувальної тактики. Більшість пацієнтів в обох підгрупах надходили, коли турнікет було накладено протягом 6 годин і більше, здебільшого в них визначали ішемічні контрактири. Це полегшувало вибір тактики лікування.

Першу групу поділили на такі підгрупи залежно від тривалості накладення турнікету: 1А (2–4 години) – 5 пацієнтів; 1Б (4–6 годин) – 18 прооперованих; 1В (понад 6 годин) – 41 особа. Другу групу аналогічно поділили на підгрупи: 2А (2–4 години) – 10 хворих; 2Б (4–6 годин) – 16 пацієнтів; 2В (понад 6 годин) – 52 особи.

Крім того, пацієнтів 1 і 2 груп поділили за іншим критерієм – за виконанням фасціотомії або ампутації в день надходження. Так, підгрупи з найскладнішим діагностичним вибором поділили на дві підгрупи залежно від методу лікування – ампутації чи фасціотомії. Зокрема, у межах підгрупи 1Б виділили підгрупи 1Б-Амп (ампутация), що включала 3 пацієнтів, та 1Б-Ф (фасціотомія) – 15 поранених; у межах підгрупи 2Б виділено 2Б-Амп (ампутация), що включала 7 хворих, та 2Б-Ф (фасціотомія) – 9 пацієнтів. Окремо визначено кількість вторинних ампутацій впродовж першого тижня: 1Б-Ф – 8 випадків, 2Б-Ф – 1.

Крім клінічної діагностики, проаналізовано кореляцію рівня калію в крові, кислотно-лужного балансу (показники лактату, рН, HCO_3^-) під час надходження та через 24–48 годин після оперативного втручання (ампутації вище від турнікета або фасціотомії). Визначено відсоток ампутацій впродовж наступного тижня після надходження (для випадків первинного збереження кінцівки).

Статистично числові дані опрацьовано за допомогою ліцензійного програмного пакета Statistica 13.0 TIBCO Software Inc. (ліцензія № JPB28041382130ARCN10-J). Для аналізу рівня калію в сироватці крові, показників кислотно-лужного балансу (лактат, рН, HCO_3^-) з інтервальною шкалою використано середнє арифметичне (M) та стандартну похибку середнього (SEM). Для оцінювання статистичної значущості різниці між групами застосовано методи непараметричної статистики, зокрема U -критерій Манна-Вітні, для двох незалежних сукупностей із розподілом, що відрізнявся від нормального. Додатково виконано однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA) для порівняння трьох груп, надалі використано пост-хок тест Тьюкі для парного порівняння середніх. Перевірку рівності дисперсій здійснено за допомогою тесту Левена. Для підтвердження результатів ANOVA, коли дисперсії не рівні або вибірки малі, застосовано непараметричний тест Крускала-Волліса. Результати оцінювали як статистично значущі при $p < 0,05$.

Результати

До дослідження залучено 142 пацієнти, їхній середній вік становив $36,71 \pm 0,82$ року (23–54 роки). Проаналізовано рівень калію в двох групах, зіставлено показники у підгрупах пацієнтів (табл. 1).

Порівнявши дані, встановлені в підгрупах 1А, 1Б та 1В, встановили, що $p = 0,82$ (ANOVA та Крускала-Волліса), а отже не було статистично значущої різниці за середніми рівнями калію ($3,83 \pm 0,10$ ммоль/л, $n = 5$; $3,91 \pm 0,11$ ммоль/л, $n = 18$; $3,96 \pm 0,09$ ммоль/л, $n = 41$). Нульову гіпотезу (H_0 – середні однакові) не відхилено. Пост-хок тест Тьюкі підтвердив відсутність парних відмінностей ($p > 0,05$).

Зіставивши показники, одержані в підгрупах 2А, 2Б та 2В, встановили, що $p = 0,88$ (ANOVA та Крускала-Волліса), а отже також не було статистично вірогідної різниці за середніми рівнями калію ($3,68 \pm 0,09$ ммоль/л, $n = 10$; $3,82 \pm 0,09$ ммоль/л, $n = 16$; $3,72 \pm 0,10$ ммоль/л, $n = 52$). Нульову гіпотезу (H_0 – середні однакові) не відхилено. За даними пост-хок тесту Тьюкі, підтверджено відсутність парних відмінностей ($p > 0,05$).

Отже, рівень калію під час надходження не залежить від тривалості накладення турнікету, і тому цей показник не можна використати як інструмент для визначення тактики надання допомоги.

Проаналізували рН крові в двох групах пацієнтів, зіставили показники, встановлені в підгрупах (табл. 2).

Встановлено, що середнє значення рН під час надходження в 1 групі становило $7,286 \pm 0,015$, в групі 2 – $7,375 \pm 0,015$. Порівнявши дві вибірки, встановили, що $p < 0,001$ (t -тест і Манна-Вітні), а отже визначено статистично достовірну різницю за середніми рівнями рН ($7,286 \pm 0,015$, $n = 64$; $7,375 \pm 0,015$, $n = 78$). Нульову гіпотезу (H_0 – середні однакові) відхилено.

Порівнявши дані, встановлені в підгрупах 1А, 1Б та 1В, встановили, що $p = 0,14$ (ANOVA) та $p = 0,13$ (Крускала-Волліса), – немає статистично значущої різниці між середніми рівнями рН у пацієнтів трьох груп ($7,285 \pm 0,018$, $n = 5$; $7,260 \pm 0,015$, $n = 18$; $7,298 \pm 0,016$, $n = 41$). Нульову гіпотезу (H_0 – середні однакові) не відхилено. Пост-хок тест Тьюкі підтвердив відсутність парних відмінностей ($p > 0,05$ для всіх порівнянь).

Проаналізувавши показники, отримані в підгрупах 2А, 2Б та 2В, виявили, що $p = 0,48$ (ANOVA та Крускала-Волліса). На підставі цього зробили висновок, що немає статистично значущої різниці між середніми рівнями рН у трьох групах ($7,369 \pm 0,015$, $n = 10$; $7,355 \pm 0,014$, $n = 16$; $7,382 \pm 0,015$, $n = 52$). Нульову гіпотезу (H_0 – середні однакові) не відхилено. Пост-хок тест Тьюкі підтвердив, що парних відмінностей немає ($p > 0,05$ для всіх порівнянь).

Отже, пацієнти 1 групи надходили до стаціонару в стані метаболічного ацидозу ($p < 0,001$), але підгрупи вірогідно не відрізнялися ($p = 0,14$ (ANOVA) та $p = 0,13$ (Крускала-Волліса)). Прооперовані із групи 2 надходили з рН крові в межах норми, відмінності в підгрупах також не зафіксовані ($p = 0,48$). На підставі цього зробили висновок про ефективнішу інтенсивну терапію на догоспітальному етапі.

Проаналізували рівень лактату крові в двох групах пацієнтів, зіставили дані, встановлені в підгрупах (табл. 3).

Таблиця 1. Рівень калію в групах та підгрупах, ммоль/л

Підгрупи пацієнтів	1 група		2 група, модифікована тактика	
	Надходження	24–48 годин	Надходження	24–48 годин
Підгрупа А (2–4 години)	3,83 ± 0,10	3,93 ± 0,10	3,68 ± 0,09	3,93 ± 0,10
Підгрупа Б (4–6 годин)	3,91 ± 0,11	4,58 ± 0,21	3,82 ± 0,09	4,04 ± 0,12
Підгрупа В (>6 годин)	3,96 ± 0,09	3,82 ± 0,11	3,72 ± 0,10	3,94 ± 0,08

Таблиця 2. Середній рівень рН у групах і підгрупах

Підгрупи пацієнтів	1 група		2 група, модифікована тактика	
	Надходження	24–48 годин	Надходження	24–48 годин
Підгрупа А (2–4 години)	7,285 ± 0,018	7,381 ± 0,015	7,369 ± 0,015	7,390 ± 0,010
Підгрупа Б (4–6 годин)	7,260 ± 0,015	7,381 ± 0,014	7,355 ± 0,014	7,402 ± 0,013
Підгрупа В (>6 годин)	7,298 ± 0,016	7,381 ± 0,012	7,382 ± 0,015	7,398 ± 0,011

Таблиця 3. Середній рівень лактату в групах та підгрупах, ммоль/л

Підгрупи пацієнтів	1 група		2 група, модифікована тактика	
	Надходження	24–48 годин	Надходження	24–48 годин
Підгрупа А (2–4 години)	4,25 ± 0,57	2,85 ± 0,38	1,87 ± 0,46	1,44 ± 0,15
Підгрупа Б (4–6 годин)	4,98 ± 0,69	2,62 ± 0,44	1,92 ± 0,41	1,56 ± 0,14
Підгрупа В (>6 годин)	4,14 ± 0,61	2,98 ± 0,51	1,96 ± 0,38	1,51 ± 0,16

Встановили, що середнє значення лактату крові в групі 1 – 4,385 ± 0,620 ммоль/л, у групі 2 – 1,940 ± 0,410. Зіставивши дві вибірки, визначили, що $p < 0,001$ (Манна–Уїтні), а отже виявлено статистично значущу різницю між групами за середніми рівнями лактату (4,385 ± 0,670 ммоль/л, $n = 64$; 1,940 ± 0,410 ммоль/л, $n = 78$). Нульову гіпотезу (H_0 – середні однакові) відхилено.

Порівняли показники пацієнтів із підгруп 1А, 1Б та 1В, встановили, що $p = 0,70$ (ANOVA) та $p = 0,57$ (Крускала–Волліса). Зробили висновок, що немає статистично достовірної різниці між середніми рівнями лактату в підгрупах (4,25 ± 0,57 ммоль/л, $n = 5$; 4,98 ± 0,69 ммоль/л, $n = 18$; 4,14 ± 0,61 ммоль/л, $n = 41$). Нульову гіпотезу (H_0 – середні однакові) не відхилено. Пост-хок тест Тьюкі підтвердив, що парних відмінностей немає ($p > 0,05$ для всіх порівнянь).

Зіставивши дані підгруп 2А, 2Б та 2В, виявили, що $p = 0,97$ (ANOVA) та $p = 0,93$ (Крускала–Волліса), а отже немає статистично значущої різниці між підгрупами за середніми рівнями лактату (1,87 ± 0,46 ммоль/л, $n = 10$; 1,92 ± 0,41 ммоль/л, $n = 16$; 1,96 ± 0,38 ммоль/л, $n = 52$). Нульову гіпотезу (H_0 – середні однакові) не відхилено. Згідно з пост-хок тестом Тьюкі, парних відмінностей немає ($p > 0,05$ для всіх порівнянь).

Отже, пацієнти 1 групи надходили до стаціонару в стані метаболічного ацидозу ($p < 0,001$), але без різниці за підгрупами: $p = 0,70$ (ANOVA) та $p = 0,57$ (Крускала–Волліса). Рівень лактату в крові пацієнтів із групи 2 відповідав нормі; відмінності в підгрупах також не виявлено: $p = 0,97$ (ANOVA) та $p = 0,93$ (Крускала–Волліса). Ці відмінності пов'язані з оптимізацією допомоги на догоспітальному етапі та зумовлені ранньою інтенсивною терапією після поранення.

Окремо проаналізовано підгрупи 1Б і 2Б (пацієнти контрольної та модифікованої груп, в яких турнікет накладено протягом 4–6 годин) щодо рівня калію в день

надходження та через 24–48 годин після втручання. Метод оперативного втручання не враховували, аби оцінити вплив запропонованої лікувальної тактики на результати лікування. У підгрупі 1Б (контрольна група – пацієнти, в яких турнікет накладено протягом 4–6 годин, $n = 18$) рівень калію на час надходження становив 3,91 ± 0,11 ммоль/л, на наступний день після операції – 4,58 ± 0,21 ммоль/л; зафіксовано приріст на 0,67 ммоль/л. Підвищення рівня калію після операції в підгрупі 1Б статистично значуще ($p < 0,001$). У підгрупі 2Б (група модифікованого лікування поранених, у яких турнікет накладено протягом 4–6 годин, $n = 16$) рівень калію на час надходження становив 3,82 ± 0,09 ммоль/л, на наступний день після операції – 4,02 ± 0,12 ммоль/л, приріст становив 0,20 ммоль/л. Підвищення рівня калію після операції в підгрупі 2Б статистично значуще ($p < 0,047$).

Порівнявши показники пацієнтів із підгруп 1Б та 2Б, зафіксовані під час надходження, встановили, що групи за цим показником зіставні ($p = 0,56$). Зіставили дані поранених із підгруп 1Б та 2Б через 24–48 годин після операції та виявили, що в групі 1Б рівень калію статистично значущо вищий ($p = 0,02$). Отже, підтвердили, що для підгрупи пацієнтів, в яких турнікет накладено протягом 4–6 годин (і з першої, і з другої групи) відбулося статистично значуще підвищення рівню калію, але в групі 1Б цей приріст статистично значущо більший.

Також проаналізували кількість ампутацій: у підгрупі 1Б ($n = 18$) – 3 (16,7 %) випадки, у підгрупі 2Б ($n = 16$) – 7 (43,8 %); це на 27,1 % більше. Впродовж тижня після первинної операції зі збереженням кінцівки ампутацію виконали у восьми пацієнтів із підгрупи 1Б та в одного пораненого із 2Б. Загалом, враховуючи ці випадки, частка ампутацій у групі 1Б становила 61,11 %, в групі 2Б – 50,00 %. У 1 групі (контрольна) ампутацію виконано відтерміновано в 44,40 % випадків, у 2 групі (модифікована тактика) – тільки в 6,25 %.

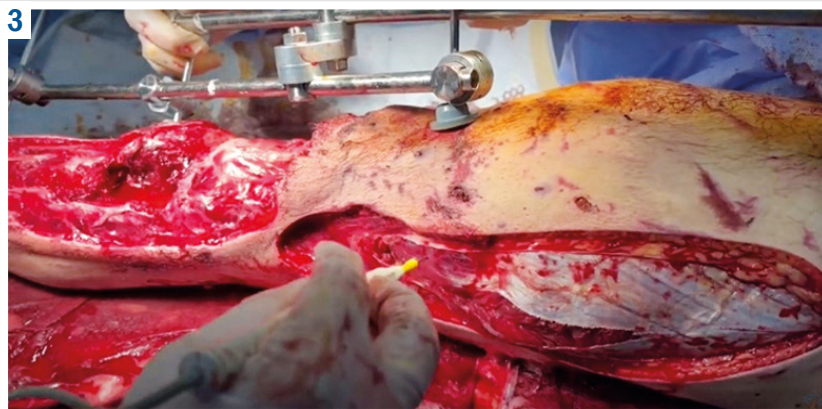


Рис. 3. Інтраопераційне фото (QR-код – посилання на відео) після виконання первинної хірургічної обробки ран, фасціотомії кінцівки в пацієнта з турнікетом, що накладений протягом 6,5 годин.

Обговорення

Під час дослідження порівняли результати лікування, що надане в межах несистематизованої допомоги пацієнтам із гострою ішемією кінцівки, спричиненою тривало накладеним турнікетом, та допомоги за запропонованою тактикою дій, яка обґрунтована клінічно, патофізіологічно та біохімічно. Встановлено, що використання лабораторних показників, як-от рівня калію, рН, лактату, недоцільне, оскільки не характеризує реальний стан м'язової тканини дистальніше накладеного турнікету, доки його не послаблено. Метаболіти ішемізованої кінцівки не потрапляють до системного кровотоку та не спричиняють зміни біохімічного аналізу крові. У всіх підгрупах (турнікет накладено протягом 2–4 годин, 4–6 і більше ніж 6 годин) не виявлено статистично значущої різниці за показниками калію, рН, лактату.

Окремо наголосимо на значному поступовому покращенні якості догоспітальної допомоги пораненим на 1 та 2 етапах евакуації, котре ми констатували протягом усього періоду дослідження. Так, у групі 1 зафіксовано явища метаболічного ацидозу та пов'язану з цим декомпенсацію стану, а в пацієнтів групи 2 визначено компенсований стан за показниками рН, лактату. На підставі цих даних зробили висновок про якіснішу інтенсивну терапію на попередніх етапах. Метаболічний ацидоз пацієнтів 1 групи не пов'язаний із турнікетом, а, імовірно, спричинений супутніми станами внаслідок поранення (гіповолемія, гіпоксія, гіпотермія), оскільки рівень калію в поранених цієї групи відповідав референтним значенням і статистично вірогідно не відрізнявся від відповідного показника групи 2.

Запропонована модель ухвалення рішень дала змогу більш структуровано обирати лікувально-діагностичну тактику та сприяла зниженню ризику ускладнень, пов'язаних зі спробами зберегти кінцівку, відновлення функцій якої не можливе. Про це свідчить зменшення кількості відтермінованих ампутацій (що виконані впродовж наступного тижня) з 44,40 % до 6,25 % випадків (фокус група – пацієнти з турнікетом, що накладений протягом 4–6 годин, де вибір правильної тактики лікування найскладніший). Зауважимо, що загальна питома вага ампутацій зіставна у групах дослідження.

Порівняли рівні калію у підгрупах до оперативного лікування та через 24–48 годин. Зафіксовано статистично значущий приріст рівня калію після операцій у пацієнтів з обох підгруп. Пояснюємо це реперфузією ішемізованої кінцівки, що діагностована в усіх поранених. Втім, приріст рівня калію в крові в пацієнтів, у яких турнікет накладено протягом 4–6 годин, ще до використання системної тактики ухвалення рішень статистично значущо вищий, ніж у пацієнтів, під час лікування яких дотримувалися модифікованої тактики.

Аналіз загальної кількості ампутацій у підгрупах показав несуттєву різницю в підгрупі пацієнтів, у яких турнікет накладено протягом 4–6 годин: 61,11 % – до впровадження модифікованої тактики, 50,00 % – після цього. Отже, застосування запропонованої модифікованої лікувально-діагностичної тактики дало змогу первинно виявляти безперспективні для збереження кінцівки випадки та здійснювати первинні ампутації в день надходження без зняття та послаблення турнікету. Це сприяло зниженню ризику вторинних ускладнень, пов'язаних із реперфузією, при тому самому загальному рівні ампутацій у підгрупах.

Крім того, запропонований метод дає змогу запобігти ухваленню хибних рішень про ампутацію, як відбувається, коли спиратися тільки на тривалість накладання турнікета, тобто тільки на підставі анамнестичних даних і даних медичної документації. Методика певним чином дає змогу ухвалювати рішення, коли турнікет почасти неспроможний.

Фіксували випадки, коли турнікет накладено протягом 9–16 годин і клінічно виявлено ознаки ішемії (ціаноз / блідість шкірних покривів, немає периферичної пульсації), але під час УЗД-діагностики фіксували слабкий магістральний кровотік. У таких пацієнтів, відповідно до запропонованого методу, виконували фасціотомію, не знімаючи турнікету, визначали життєздатність м'язів. Були випадки, коли вдалося зберегти кінцівку. На рис. 3 наведено інтраопераційне фото як приклад збереженої кінцівки в пацієнта, в котрого турнікет накладено впродовж 6,5 години.

Втім, таких пацієнтів виключено з дослідження, оскільки неспроможний турнікет є темою окремої дискусії. Зауважимо проте, що описана лікувально-діа-

гностична тактика є прийнятною для пацієнтів цієї групи та дає змогу без ятрогенного ризику визначити життєздатність кінцівки, перспективи та небезпеки, пов'язані з її збереженням.

Висновки

1. Лабораторні показники (калій, рН, лактат) під час надходження постраждалого з турнікетом на рівні стегна не залежать від тривалості накладення повністю спроможного турнікету, зазвичай не відхилені від референтних значень і не можуть бути використані як інструмент для ухвалення рішень щодо життєздатності кінцівки, оскільки метаболіти ішемізованої тканини не потрапляють до системного кровотоку.

2. Використання запропонованого модифікованого алгоритму не вплинуло на загальну частоту ампутацій у підгрупі постраждалих, у котрих турнікет на стегні накладено протягом 4–6 годин (61,11 % проти 50,00 %), але сприяло значущому зниженню рівня відтермінованих ампутацій (з 44,40 % до 6,25 %) і зменшенню післяопераційного приросту рівня калію в периферичній крові (0,67 ммоль/л та 0,20 ммоль/л відповідно, $p = 0,02$).

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні та деталізації наступних етапів лікування, здійсненні аналізу надання допомоги пацієнтам із частково неспроможним турнікетом, розробці та впровадженні інших методик, що дають змогу уніфікувати та стандартизувати лікувально-діагностичну тактику.

Етичне схвалення

Під час надходження пацієнти дали письмову згоду на обробку персональної та медичної інформації, на її використання у наукових дослідженнях. Під час роботи дотримувались етичних принципів, викладених у Гельсінській декларації в її останній редакції, та інших чинних документів, що регламентують дослідження за участю людини. Робота розглянута на засіданні Комісії з питань біоетики Запорізького державного медико-фармацевтичного університету (протокол від 29.08.2025 року № 9).

Подяки

Автори вдячні асистенту кафедри травматології та ортопедії Запорізького державного медико-фармацевтичного університету Євгенію Білиху за розміщення відео, на які посилається ця стаття, на своєму ютуб-каналі.

Фінансування

Дослідження здійснено без фінансової підтримки.

Конфлікт інтересів: відсутній.

Conflicts of interest: authors have no conflict of interest to declare.

Надійшла до редакції / Received: 04.08.2025

Після доопрацювання / Revised: 23.09.2025

Схвалено до друку / Accepted: 02.10.2025

Відомості про авторів:

Головаха М. Л., д-р мед. наук, професор, зав. каф. травматології та ортопедії, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Україна.
ORCID ID: 0000-0003-2835-9333

Богдан О. В., зав. відділення травматології, КНП «Запорізька обласна клінічна лікарня» ЗОР, Україна.

ORCID ID: 0009-0008-8675-4319

Шишка І. В., канд. мед. наук, доцент, директор КНП «Запорізька обласна клінічна лікарня» ЗОР, Україна.

ORCID ID: 0000-0003-2380-0345

Лісунів М. С., аспірант каф. травматології та ортопедії, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Україна.

ORCID ID: 0000-0002-4796-6019

Міхеєв Ю. О., д-р мед. наук, доцент, професор каф. медицини катастроф та військової медицини, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет; майор медичної служби, провідний хірург, Запорізький військовий госпіталь, військова частина А3309, Україна.

ORCID ID: 0000-0002-0305-1570

Кузів Р. М., підполковник медичної служби, командир військової частини А3309, Запорізький військовий госпіталь, Україна.

ORCID ID: 0009-0001-4462-9922

Агаєв Е., керівник відділу досліджень та розвитку, Лікарняна група

Лінденхоф, м. Берн, Швейцарія.

ORCID ID: 0000-0002-7032-8218

Information about the authors:

Golovakha M. L., MD, PhD, DSc, Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Ukraine.

Bohdan O. V., MD, Head of the Traumatology Department, Communal Non-Profit Enterprise "Zaporizhzhia Regional Clinical Hospital" of Zaporizhzhia Regional Council, Ukraine.

Shyshka I. V., MD, PhD, Associate Professor, Director of the Communal Non-Profit Enterprise "Zaporizhzhia Regional Clinical Hospital" of Zaporizhzhia Regional Council, Ukraine.

Lisunov M. S., MD, Postgraduate student, Department of Traumatology and Orthopedics, Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Ukraine.

Mikheiev Yu. O., MD, PhD, DSc, Associate Professor, Professor of the Department of Disaster Medicine and Military Medicine and Neurosurgery, Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University; Major of the Medical Service, Leading Surgeon, Zaporizhzhia Military Hospital, Military Unit A3309, Ukraine.

Kuziv R. M., MD, Lieutenant Colonel of the Medical Service, Commander of Military Unit A3309, Zaporizhzhia Military Hospital, Ukraine.

Aghayev E., MD, Head of the Research and Development Department, Lindenhof Hospital Group, Bern, Switzerland.



Михайло Лісунів (Mykhailo Lisunov)
lisunovmykhaylo@gmail.com

References

- Nie S, Zhi K, Qu L. Research progress of tourniquets and their application in the Russia-Ukraine Conflict. *Chin J Traumatol*. 2025;28(1):1-6. doi: 10.1016/j.cjtee.2024.07.010
- Da Silva Junior GB, Neves Pinto G, Campelo Fraga Y, De Francesco Daher E. Acute Kidney Injury Due to Rhabdomyolysis: A Review of Pathophysiology, Causes, and Cases Reported in the Literature, 2011-2021. *Rev Colomb Nefrol*. 2023;10(3):e619. doi: 10.22265/acnef.10.3.619
- Hebert JF, Burfeind KG, Malinoski D, Hutchens MP. Molecular Mechanisms of Rhabdomyolysis-Induced Kidney Injury: From Bench to Bedside. *Kidney Int Rep*. 2022;8(1):17-29. doi: 10.1016/j.ekir.2022.09.026
- Savermuth A, Teo R, Zain JM, Cheah SK, Yusof AM, Rahman RA. Acute Kidney Injury following Rhabdomyolysis in Critically Ill Patients. *J Crit Care Med (Targu Mures)*. 2021;7(4):267-71. doi: 10.2478/jccm-2021-0025
- Holcomb JB, Dorlac WC, Drew BG, Butler FK, Gurney JM, Montgomery HR, et al. Rethinking limb tourniquet conversion in the prehospital environment. *J Trauma Acute Care Surg*. 2023;95(6):e54-e60. doi: 10.1097/TA.0000000000004134
- Bennett BL. Bleeding Control Using Hemostatic Dressings: Lessons Learned. *Wilderness Environ Med*. 2017;28(2S):S39-9. doi: 10.1016/j.wem.2016.12.005
- Samarskiy IM, Khoroshun EM, Vorokhta Y. The Use of Tourniquets in the Russo-Ukrainian War. *J Spec Oper Med*. 2024;24(1):67-70. doi: 10.55460/CB00-GYYY

8. Butler F, Holcomb JB, Dorlac W, Gurney J, Inaba K, Jacobs L, et al. Who needs a tourniquet? And who does not? Lessons learned from a review of tourniquet use in the Russo-Ukrainian war. *J Trauma Acute Care Surg*. 2024;97(2S Suppl 1):S45-S54. doi: [10.1097/TA.0000000000004395](https://doi.org/10.1097/TA.0000000000004395)
9. Stevens RA, Baker MS, Zubach OB, Samotowka M. Misuse of Tourniquets in Ukraine may be Costing More Lives and Limbs Than They Save. *Mil Med*. 2024;189(11-12):304-8. doi: [10.1093/milmed/usad503](https://doi.org/10.1093/milmed/usad503)
10. Maddry JK, Perez CA, Mora AG, Lear JD, Savell SC, Bebart VS. Impact of prehospital medical evacuation (MEDEVAC) transport time on combat mortality in patients with non-compressible torso injury and traumatic amputations: a retrospective study. *Mil Med Res*. 2018;5(1):22. doi: [10.1186/s40779-018-0169-2](https://doi.org/10.1186/s40779-018-0169-2)
11. Tactical combat casualty care and wound treatment. Handbook, Version 5. Army.mil. [cited 2025 Sep 2]. Available from: <https://api.army.mil/e2c/downloads/2023/01/19/31e03488/17-13-tactical-casualty-combat-care-handbook-v5-may-17-distro-a.pdf>
12. Kragh JF Jr, Baer DG, Walters TJ. Extended (16-hour) tourniquet application after combat wounds: a case report and review of the current literature. *J Orthop Trauma*. 2007;21(4):274-8. doi: [10.1097/BOT.0b013e3180437dd9](https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e3180437dd9)
13. Sabate-Ferris A, Pfister G, Boddart G, Daban JL, de Rudnicki S, Caubere A, et al. Prolonged tactical tourniquet application for extremity combat injuries during war against terrorism in the Sahelian strip. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2022;48(5):3847-54. doi: [10.1007/s00068-021-01828-4](https://doi.org/10.1007/s00068-021-01828-4)
14. Khoroshun EM, Makarov VV, Nehoduiko VV, Shipilov SA, Klapchuk YV, Tertyshnyi SV. [Problems of diagnosis and treatment of tourniquet syndrome in gunshot wounds of the upper and lower extremities]. *Paediatric Surgery. Ukraine*. 2023;(3):83-91. Ukrainian. doi: [10.15574/PS.2023.80.83](https://doi.org/10.15574/PS.2023.80.83)
15. Khoroshun EM, Strafun SS, Shypilov SA, Klapchuk YV, Bahrui OS, Honcharenko SS, et al. [Tactics of treatment of tourniquet syndrome after gunshot wounds]. *Terra Orthopaedica*. 2024;(1):34-41. Ukrainian. doi: [10.37647/2786-7595-2024-120-1-34-41](https://doi.org/10.37647/2786-7595-2024-120-1-34-41)