

## Тактика лікування турнікетного синдрому після вогнепальних поранень

Хорошун Е.М.<sup>2,3</sup>, Страфун С.С.<sup>1</sup>, Шитілов С.А.<sup>2,3</sup>, Клатчук Ю.В.<sup>2,3</sup>✉,  
Багрий О.С.<sup>2</sup>, Гончаренко С.С.<sup>2</sup>, Кутріячук В.В.<sup>2</sup>

**Анотація.** Метою роботи є розробка диференційованого підходу до лікування турнікетного синдрому на основі визначення ступеню тяжкості та стадій його розвитку. В основу роботи покладений ретроспективний аналіз 30 поранених з турнікетними синдромами верхніх та нижніх кінцівок, які проходили лікування в умовах Військово-медичного клінічного центру Північного регіону (ВМКЦ ПнР). Усі поранені були із зони бойових дій, чоловічої статі, середній вік склав  $33,8 \pm 0,4$  років. Після госпіталізації поранених до ВМКЦ ПнР (Role 3) проводився збір анамнестичних даних, аналіз клінічної симптоматики, лабораторних та додаткових методів дослідження. Для формування диференційованого підходу до лікування ТС проводився аналіз наступних показників: термін стояння турнікету (до 3 годин, 3,1-6 год., 6,1 год. та більше), місце накладання турнікету (плече, стегно), місцеві клінічні прояви (набряк, парестезія, гіпостезія, анестезія, гіпотермія, контрактура суглобів кисті чи стопи), лабораторні показники (креатинін, АЛТ, АсАТ, КФК, калій та міоглобін), оцінка периферичного пульсу, діурезу, ультразвукове дослідження м'язів, ультразвукове дослідження нирок та нижньої порожнистої вени для розрахунку інфузійної терапії, рентгенографічні та тепловізійні дослідження у ділянці ушкодження, а також інтраопераційна візуальна оцінка м'язів (м'язи життєздатні, парціальний чи поширений рабдоміоліз). На підставі аналізу отриманих даних сформовано класифікацію та алгоритм лікування турнікетного синдрому, що дало можливість диференційного підходу до лікування на основі визначення ступеню тяжкості та стадій його розвитку.

**Ключові слова:** турнікетний синдром (ТС), м'язово-фасціальний футляр (МФФ), вогнепальні поранення кінцівок, ішемічне ураження тканин, ампутація, гемодіаліз.

### Вступ

Турнікетний синдром (ТС) – стан, який виникає при неправильному використанні турнікету та характеризується тяжким специфічним травматичним ушкодженням у вигляді поєднання роздавлювання (руйнації) м'яких тканин, судинних і нервових утворень кінцівок або інших анатомо-функціональних ділянок, з тривалою їх компресією, що при реперфузії призводить до критичного розладу гемодинаміки і порушення функції нирок в наслідок ендотоксикозу.

Відповідно до МКХ-10 такого діагнозу як турні-

кетний синдром не існує. В залежності від наслідків його можливо віднести до ранніх ускладнень травм (Т79), а саме: травматичної ішемії м'язів (Т79.6), до якого відносять компартмент синдром та ішемічні контрактури. Якщо ж відповідні зміни призвели до ураження нирок, даний синдром можливо віднести до травматичної анурії (Т79.5), яка включає в себе краш синдром (синдром розчавлення, травматичний рабдоміоліз, синдром Байотерса).

Серед основних причин розвитку ТС це тривале та технічно неправильне використання джгута. У разі неправильного використання турнікету можна очікувати більш значну крововтрату через здавлення вени («венозний джгут»). Використання джгута вимагає відповідних практичних навичок, повторної оцінки та сортування поранених протягом 3 годин для більш структурованого хірургічного лікування [5,6].

✉ Клатчук Ю.В., klapcbuks@gmail.com

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

<sup>2</sup> Військово-медичний клінічний центр Північного регіону КМС ЗС України, Харків, Україна

<sup>3</sup> Харківський національний медичний університет, Харків, Україна

Розширене та проксимальне застосування джгута призвело до значної кількості ускладнень, пов'язаної з компартмент-синдромом і рабдоміолізом. Геморагічний шок, велика кількість жертв і тактичні обмеження часто перешкоджали перегляду тимчасового джгута, накладеного під вогнем [7].

Турнікетний синдром супроводжується змінами не тільки у нервово-м'язовому апараті кінцівки, а також у місці накладення джгута. Даний синдром має варіативну клінічну картину у якій часто переважає симптоматика ішемічних уражень тканин на місці накладення джгута, яка часто супроводжується компартмент синдромом дистальних футлярів. По своїй суті, турнікетний синдром, клінічно, морфологічно та фізіологічно відповідає є системним проявом травматичного рабдоміолізу внаслідок руйнування поперечно-смугастої мускулатури та вивільнення у системний кровотік продуктів їх розпаду, перш за все міоглобіну, із можливим розвитком рабдоміоліз-асоційованого гострого пошкодження нирок (РМ-ГПН) [2,3].

Крім того турнікетний синдром характеризує складний патогенез, поліморфність клінічної картини, труднощі лікування як клінічного, так і організаційного характеру, високий рівень інвалідизації та значна (до 40%) летальність [1,4].

Збільшення часових затримок у евакуації, неконтрольоване використання турнікету та застосування джгутів без показів є особливою проблемою, що може призводити до гострої ішемії з ризиком ампутації та ішемічно-реперфузійного ушкодження, яке в окремих випадках розвивається після зняття гемостатичного джгута та супроводжується надходженням шкідливих біологічно активних речовин в результаті рабдоміолізу в циркуляторне русло, при якому різко зростає функціональне навантаження печінки, нирок [7,9].

Таким чином, турнікетний синдром є тяжким критичним станом у сучасній бойовій травмі із різним ступенем прояву як клінічних ознак, так і лабораторно-інструментальних показників, що вимагає від лікарів комплексного аналізу для прийняття правильних рішень. Тому формування клініко-лабораторно-інструментального диференційованого підходу є ключем для покращення результатів лікування постраждалих із даною патологією.

**Мета дослідження.** Метою нашого дослідження є розробка диференційованого підходу до лікування турнікетного синдрому на основі визначення ступеню тяжкості та стадій його розвитку.

**Матеріал та методи.** В основу роботи покладений ретроспективний аналіз 30 поранених з турнікетним синдромом верхньої та нижньої

кінцівки, які проходили лікування в умовах Військово-медичного клінічного центру Північного регіону (ВМКЦ ПнР). Усі поранені були із зони бойових дій та чоловічої статі. Середній вік склав  $33,8 \pm 0,4$  років.

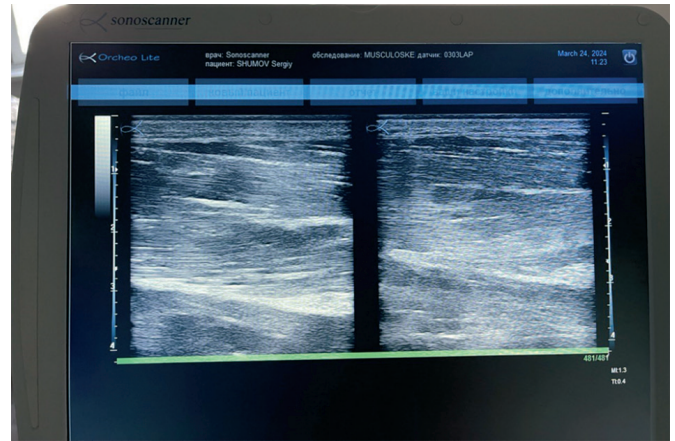
Для формування диференційованого підходу до лікування ТС проводився аналіз наступних показників: термін стояння турнікету (до 3 годин, 3,1-6 год., 6,1 год. та більше), місце накладання турнікету (плече, стегно), місцеві клінічні прояви (набряк, парастезія, гіпостезія, анестезія, гіпотермія, контрактура суглобів кисті чи стопи), лабораторні показники (креатинін, АЛАТ, АсАТ, КФК, калій та міоглобін), оцінка периферичного пульсу, діурезу, ультразвукове дослідження м'язів, ультразвукове дослідження нирок та нижньої порожнистої вени для розрахунку інфузійної терапії, рентгенографічні та тепловізійні дослідження у ділянці пошкодження, комп'ютерна томографія у випадку поєднаних поранень, а також інтраопераційна візуальна оцінка м'язів (м'язи життєздатні, парціальний чи поширений рабдоміоліз).

Ультразвукове дослідження нирок та нижньої порожнистої вени виконували на апараті GE LoGiQ P8. Рентгенографічні дослідження кінцівок у двох проекціях виконували за допомогою комплексу рентгенографічного діагностичного КРД-50 «INDIASCOP-01» (Україна). Тепловізійні дослідження виконані на тепловізорі Flir C5 Wi-Fi.

### **Результати та обговорення.**

На підставі ретроспективного порівняльного аналізу даних поранених, які мали клінічну картину ТС, який підтверджений анамнестичними та клінічними даними, лабораторно-інструментальними методами обстеження, даними УЗД, тепловізора, інтраопераційної картиною м'язів пошкодженого сегменту кінцівки розроблено класифікацію ТС, на підставі якої базувалася тактика ведення пораненого.

**1 стадія (легка).** Для цієї стадії характерно тривалість накладання турнікету до 3 годин. При огляді відмічається набряк сегменту та локальна пальпаторно болючість у місці, де був накладений турнікет, гіпостезія дистальних відділів кінцівки. Активні рухи у пальцях кисті при турнікетному синдромі плеча та передпліччя та пальців стопи при турнікетному синдромі стегна та гомілки збережені. У біохімічному аналізі крові показники АЛАТ, АсАТ у межах норми, креатинін до 180 ммоль/л, КФК до 5 тис. Од/л, Калій у межах норми, міоглобін до 75мкг/л, діурез більше 0,5 мл/кг/год, Дистальний кровотік на кінцівці збережений. По даних УЗД візуалізація нормальної структури м'язових волокон (рис.1).



**Рис 1.** УЗД переднього м'язово-фасціального футляру правої та лівої гомілок.

Ознак пошкодження м'язів переднього м'язово-фасціального футляру не виявлено.

УЗД латерального м'язово-фасціального футляру не проводився через наявність фасціотомної рани.

А – Загальний вигляд проведення УЗД м'язів переднього м'язово-фасціального футляру лівої гомілки

Б – УЗД картина переднього м'язово-фасціального футляру обох гомілок. Патологічних змін не виявлено.

**Тактика ведення пацієнта.** Проводиться комплексна консервативна терапія, включаючи ентеросорбенти, динамічне спостереження із контрольним (через 12 год) аналізом біохімічних показників крові, УЗД та діурезом та повторною ревізією м'язів для оцінки їх життєдіяльності. Проводиться адекватна гідратація та корекція анемії препаратами крові. При позитивній динаміці продовжується консервативна терапія. При негативній – проводиться фасціотомія сегменту кінцівки для ревізії м'язів.

**2 стадія (середня).** Дана стадія поділяється на 2 А та 2 Б підстадії. Характерною особливістю є тривалість турнікету від 3 до 6 годин.

**2 А стадія.** При огляді відмічається набряк сегменту, локальна пальпаторно болючість, гіперемія та мацерація у місці, де був накладений турнікет, гіпостезія дистальних відділів кінцівки. Дистальний кровотік на кінцівці збережений.

У біохімічному аналізі крові показники АлАт, АсАТ до 800 Од/л, креатинін від 181 -350 ммоль/л, КФК від 5,1 до 10 тис. Од/л, Калій у межах норми, міоглобін від 76 до 200мкг/л, діурез більше 0,5 мл/кг/год.

По даних УЗД візуалізується локальне ураження м'язових волокон під місцем накладання турнікету.

**Тактика ведення пацієнта.** Проводиться зняття турнікету !!! Далі проводиться фасціотомія МФФ із ревізією м'язів у місці накладання турнікету та МФФ дистальних відділів кінцівки (передпліччя, гомілки).

На цій стадії зазвичай під час операції відмічається мозаїчний рабдоміоліз. Проводиться некректомія. Для визначення життєдіяльності м'язів проводиться їх за принципом 4-х «К»: контрактиль-

ність (здатність до скорочення), кровоточивість, консистенція та колір. Враховуючи реперфузійний синдром обов'язково проводиться профілактична фасціотомія дистальних відділів кінцівки. Проводиться комплексна консервативна терапія, динамічне спостереження із контрольним (через 12 год) аналізом біохімічних показників крові, УЗД та діурезом та повторною ревізією м'язів для оцінки їх життєдіяльності.

У випадку негативної динаміки у біохімічному аналізі крові розглядається додавання до лікування гемодіалізу.

**2 Б стадія.** При огляді відмічається набряк сегменту, локальна пальпаторна болючість, гіперемія та мацерація у місці, де був накладений турнікет, гіпостезія дистальних відділів кінцівки, а також зниження температури дистальних відділів кінцівки, що можна реєструвати за допомогою тепловізійний пристроїв (Flir C3-5). Реєструється порушення дистального кровотоку.

У біохімічному аналізі крові показники АлАт, АсАТ 801 та більше Од/л, креатинін від 181-350 ммоль/л, КФК від 5,1 до 10 тис. Од/л, Калій до 6,5 ммоль/л, міоглобін від 201 до 400мкг/л, діурез більше 0,3-0,5 мл/кг/год. По даних УЗД візуалізується ураження м'язових волокон під місцем накладання турнікету, а також дистальних відділів (передпліччя або гомілки)

**Тактика ведення пацієнта.** Проводиться зняття турнікету! Фасціотомія на всю довжину сегменту із ревізією усіх м'язів, особливо параосальних. На цій стадії зазвичай відмічається рабдоміоліз більшої частини м'язів, у місці накладання джгута, із переважним ураженням параосальних (рис.2). Після широкої фасціотомії МФФ та некректомії у ділянці турнікету обов'язково

проводиться фасціотомія дистальних відділів кінцівки (передпліччя або гомілки).

На цій стадії продовжується комплексна консервативна терапія, динамічне спостереження із контрольним (через 12 год) аналізом біохімічних показників крові, УЗД та діурезом. Через 12 год проводиться повторна ревізія м'язів на предмет їх життєдіяльності.

При негативній динаміці, зокрема прогресуванні рабдоміолізу, наростанні показників у біохімічному аналізі крові, розвитку анурії проводиться ампутація кінцівки вище межі накладеного турнікету. Передумовою успішного лікування пацієнтів із 2Б стадію турнікетного синдрому є проведення гемодіалізу. Ознакою позитивної динаміки буде відсутність прогресування рабдоміолізу та зменшення показників трансаміназ.

### 3 стадія (тяжка)

Для розвитку даної стадії характерне накладання турнікет 6 годин та більше. При огляді відмічається виражений деревоподібний набряк сегменту, мацерація у місці, де був накладений турнікет, анестезія та гіпотермія дистальних відділів кінцівки, що можна реєструвати за допомогою тепловізійних пристроїв (рис. 3).

Характерною особливістю даної стадії є розвиток незворотних ішемічних змін у м'язах із формуванням контрактур у суглоба кисті або стопи!

У біохімічному аналізі крові показники АЛат, АсАТ 801 та більше Од/л, креатинін 351 та більше ммоль/л, КФК 20 тис. Од/л та більше, Калій 6,6 ммоль/л та більше, міоглобін 401 та більше, діурез менше 0,3 мл/кг/год, сеча кольору портфейна». По даних УЗД реєструється відсутність дистального кровотоку та ураження м'язових волокон від 51% та більше).

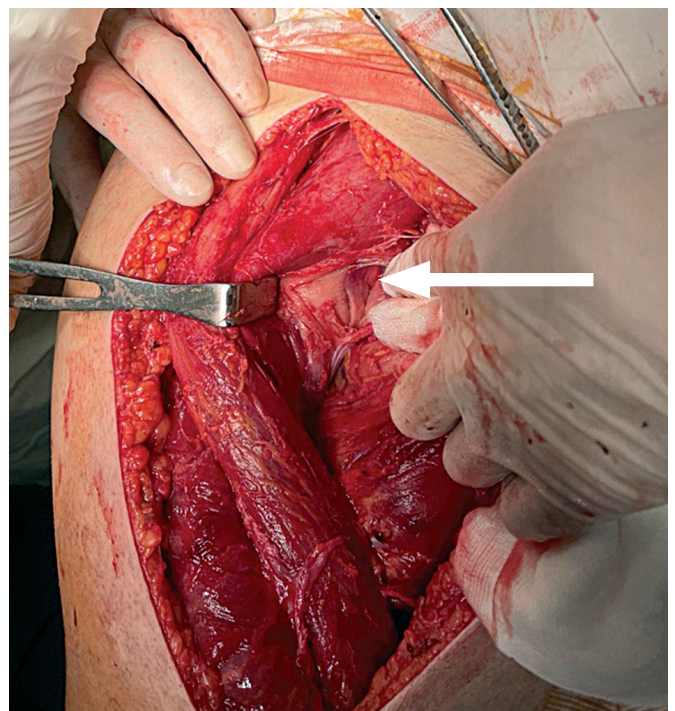
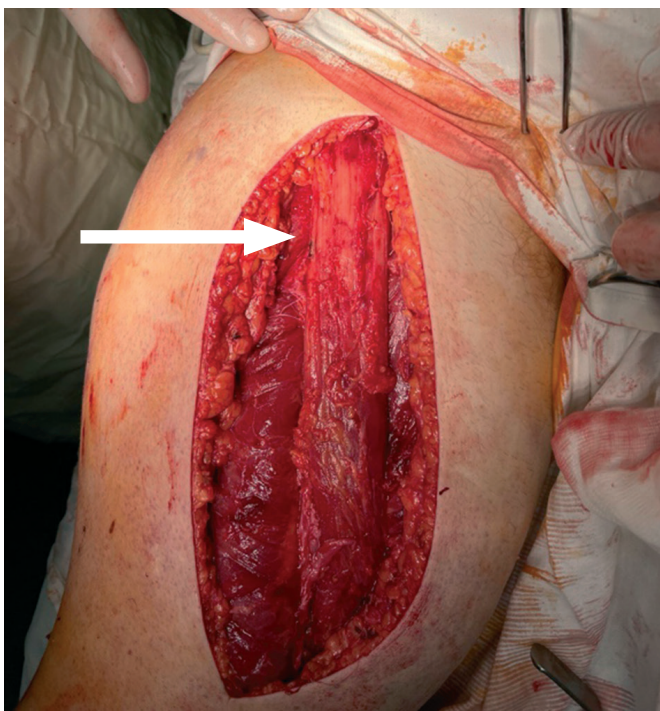
**Тактика ведення пацієнта.** Турнікет не знімається!!! На цій стадії зазвичай має місце рабдоміоліз великого масиву м'язів і зняття турнікету призведе до різкого погіршення стану із високим відсотком летальності. Тому проводиться ампутація кінцівки вище межі накладеного турнікету (рис.4).

Слід зауважити, що лише використання на цій стадії гемодіалізу дає шанс пацієнту на одужання.

**NB!** У тому випадку, коли згідно анамнезу, турнікет стояв 6 годин та більше, а також при показниках у біохімічному аналізі крові, які відповідають 2 стадії, відсутності контрактури пальців кисті або стопи, що свідчить про життєздатність м'язів, можливе зняття турнікету з метою ревізії м'язів сегменту, де був накладений турнікет.

Згідно нашим клінічним спостереженням при турнікетному синдромі 3 стадії та при негативній динаміці 2Б стадії проводиться гемодіаліз.

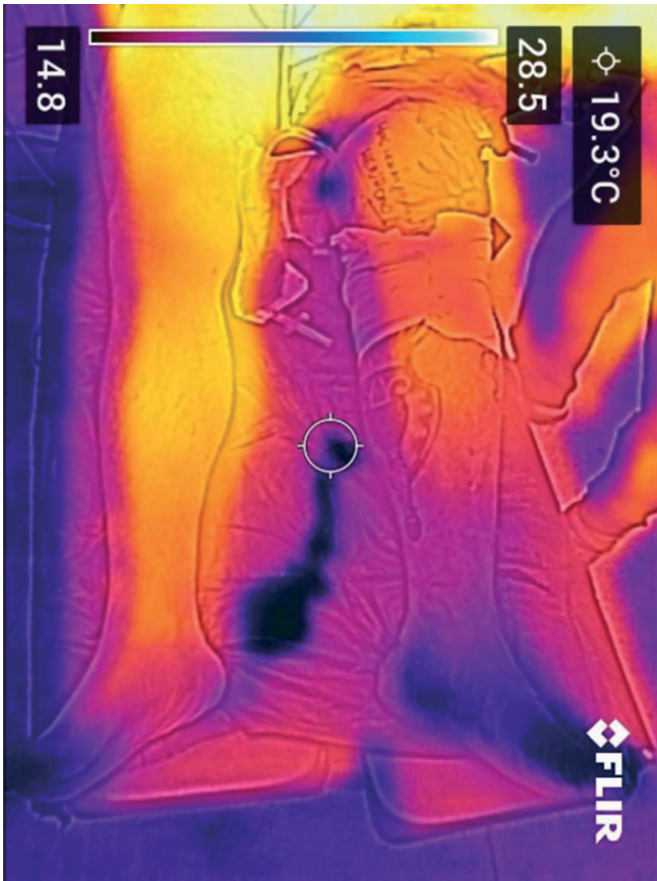
Пацієнтам із гострим ушкодженням нирок



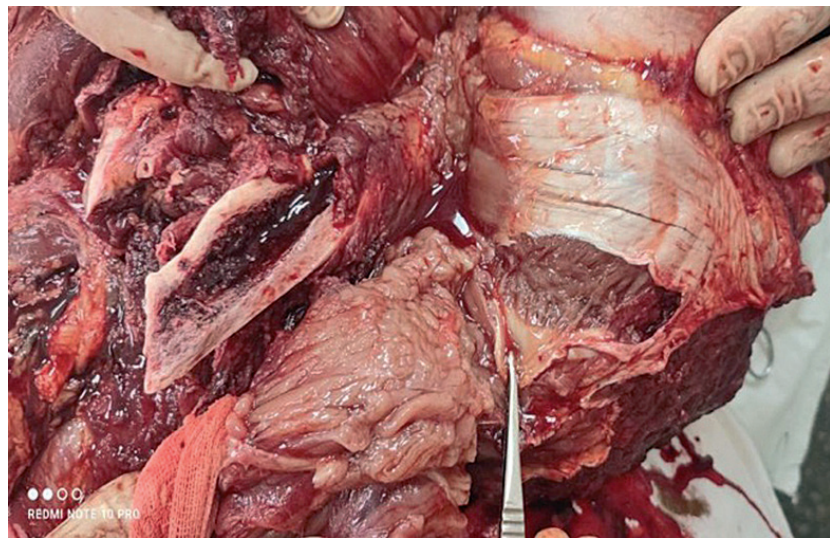
**Рис 2.** Загальний вигляд рани передньо-медіальної поверхні правого стегна після фасціотомії.

А – ревізія поверхневих м'язів правого стегна, де відмічається рабдоміоліз (вказано стрілкою) ділянки кравецького м'язу довжиною 4см у верхній третині рани, яка підлягає видаленню.

Б – ревізія глибоких м'язів правого стегна, де відмічається рабдоміоліз ділянки проміжного м'язу (вказано стрілкою).



**Рис. 3.** Турнікетний синдром лівого стегна. Тривалість турнікету 8 годин: А – зовнішні прояви у вигляді мармуровості, синюшності лівої нижньої кінцівки нижче рівня турнікету із розвитком контрактури пальців стопи та гомілково-стопного суглобу; Б – зниження температури дистальних ділянок кінцівки (19,30С), що свідчить про незворотні зміни.



**Рис. 4.** Загальний вигляд рани після ампутації на рівні верхньо-середньої третини лівого стегна. А – відмічається поширений рабдоміоліз м'язів стегна. Б – загальний вигляд куцк обох стегон із ревізорними швами.

проводиться як гострий так і хронічний діаліз. Перевага надається гострому гемодіалізу, цитратно-кальцієвій антикоагуляції, особливо при

великих ранових поверхнях з метою профілактики кровотечі. Під час гемодіалізу обов'язковий контроль рівня калію (норма 3.5-5.5 ммоль/л) та

бікарбонату (24-28 ммоль/л) крові. Оптимально дотримуватися рівня бікарбонату 28-34 ммоль/л для залужнення крові. Один сеанс гострого діалізу триває 72 години. На курс лікування у середньому потрібно 3 сеанси. При відсутності гострого діалізу проводиться хронічний, який також краще проводити у вигляді Sledd терапії. Сеанс хронічного гемодіалізу триває 10 годин і включає у себе від 10 до 15 сеансів.

Під час гемодіалізу проводиться контроль волеми за рахунок моніторингу центрального венозного тиску (ЦВТ) та УЗД розмірів посвіту нижньої порожнистої вени (норма 15-20мм).

ВВ! Під час лікування турнікетного синдрому заборонено використовувати діуретики.

### **До основних критеріїв припинення гемодіалізу відносять:**

1. відновлення діурезу до 0,5 мл/кг/год та вище,
2. зменшення рівня креатиніну у крові до 350 ммоль/л та приріст після зниження не більше 50% за 24 години спостереження.

На підставі запропонованої класифікації розроблений алгоритм дій при турнікетному синдромі, який базується на слідуючому:

При I стадії турнікетного синдрому першочергово проводиться консервативна терапія. Хворий госпіталізується у профільне відділення та знаходиться під динамічним контролем чергової зміни. Через 12 годин проводиться контрольний аналіз біохімічних показників крові та оцінка діурезу. При позитивній динаміці продовжується консервативна терапія.

При негативній – проводиться фасціотомія сегменту кінцівки для декомпресії м'язово-фасціального футляру та ревізії м'язів. Зазвичай перша стадія турнікетного синдрому має благоприємний прогноз на одужання.

При 2А стадії турнікетного синдрому крім консервативного лікування першочергово проводиться фасціотомія м'язово-фасціального футляру під місцем де стояв джгут та дистальних сегментів. Під дистальними сегментами розуміється передпліччя при турнікеті на плечі та гомілка при знаходженні турнікету та стегні. Проводиться парціальна некректомія. При позитивній динаміці, тобто відсутності прогресування рабдоміолізу, покращення лабораторних показників крові наступає одужання пацієнта.

2Б стадія може діагностуватися первинно під час поступлення постраждалого або може бути наслідком прогресування 2А стадії із характерною зміною клінічних та лабораторних показників.

При цій стадії першочергово проводиться фас-

ціотомія м'язово-фасціального футляру під місцем де стояв джгут та дистальних сегментів. Зазвичай проводиться розширена некректомія враховуючи більший масив нежиттездатних м'язів. На цій стадії, коли має місце гостре пошкодження нирок проводиться гемодіаліз.

Якщо через 12 годин відмічається негативна динаміка, яка характеризується наростанням трансмінази крові, зниженням діурезу до анурії, появою контрактури у суглобах кисті чи стопи, порушенням магістрального кровообігу ставляться покази до ампутації кінцівки із наступним проведенням гемодіалізу.

III стадія турнікетного синдрому виникає при застосуванні джгута протягом 6 годин та більше, що призводить до незворотного ішемічного ураження м'язів. При анамнестичному застосуванні джгута більше 6 годин, але лабораторних показниках, які відповідають II стадії, відсутності контрактури у суглобах кисті чи стопи проводиться зняття турнікету, фасціотомія м'язово-фасціального футляру та ревізія м'язів під місцем стояння турнікету та на передпліччі чи гомілці із парціальною чи поширеною некректомією. Враховуючи наявність гострого пошкодження нирок проводиться гемодіаліз.

При анамнестичному застосуванні джгута більше 6 годин, лабораторних показниках, які відповідають III стадії, наявності контрактури у суглобах кисті чи стопи, порушеному магістральному кровотоці турнікет не знімається та проводиться ампутація вище джгута із некректомією уражених м'язів.

### **Основними проблемними питаннями в лікуванні турнікетного синдрому вважаємо:**

1) Відсутність своєчасного переходу на давячу пов'язку або переміщення турнікету якомога ближче до вогнепальної рани (5-8 см) після евакуації пораненого з червоної зони бойових дій. Накладання одночасно 2-3 турнікетів на одному рівні однієї кінцівки.

3) Недостатньо ретельний збір анамнезу (особливу увагу слід звернути на час, що минув з моменту травмування до поступлення, та час появи і швидкість розвитку набряку). Недостатня увага до розвитку клінічних симптомів характерних для компартмент-синдрому: виражений, нестерпний біль, що не відповідає тяжкості ушкодження, щільний напружений набряк, що прогресує протягом 2-3 діб після травми, пара-, гіпо- або анестезія у зоні іннервації уражених ішемією нервів;

3) У випадку тривалого турнікету при наданні медичної допомоги відсутність адекватної ревізії м'язів на етапах медичної евакуації. Неправильна локалізація та недостатня довжина розрізів для

адекватної ревізії усіх м'язевих футлярів кінцівки, неправильне трактування трофічних змін у м'язах.

## Висновки

Ведення пацієнтів із турнікетним синдромом потребує достатньо ємкого аналізу клінічної картини та лабораторно-інструментальних методів дослідження для формування правильної тактики лікування.

Розроблена класифікація та алгоритм лікування дають можливість раціонального підходу до лікування цієї категорії пацієнтів на основі визначення ступеню тяжкості та стадій розвитку турнікетної ішемії.

Рішення про проведення ампутації кінцівки приймається лише при сумісному огляді декількох профільних спеціалістів: хірурга відділення гнійної хірургії, травматолога та судинного хірурга, анестезіолога сумісно із провідним хірургом, ретельному аналізу даних лабораторних показників, даних діурезу, макроскопічній картині м'язів у ділянці турнікету та дистальних сегментах та обов'язковій згоді хворого при його ясній свідомості.

## References

1. Кравець ОВ, Клыгуненко ОМ, Єхалов ВВ, Гашинова КЮ, Станін ДМ, Зозуля ОО, та ін. Синдром тривалого стискування: Навчально-методичний посібник для лікарів-інтернів різних спеціальностей. Львів: «Новий Світ – 2000»; 2021. 194 с.
2. Kravets' OV, Klygunenko OM, Yevlahov VV, Gashinova KY, Stanin DM, Zozulia OO, et al. Crash syndrome: Educational and methodological manual for intern doctors of various specialties. L'viv: «Novyi Svit – 2000»; 2021. 194 s. [in Ukrainian]
3. Страфун СС, Бруско АТ, Лябах АП. Діагностика та лікування місцевого гіпертензивного ішемічного синдрому (compartment-syndrome). В: Страфун СС, Бруско АТ, Лябах АП, Лесков ВГ, Тимошенко СВ, автори. Профілактика, діагностика та лікування ішемічних контрактур кисті та стопи. Київ: Стилос; 2007. 128 с.

4. Strafun SS, Brusko AT, Liabakh AP. Diagnosis and treatment of local hypertensive syndrome (compartment-syndrome). In: Strafun SS, Brusko AT, Liabakh AP, Lieskov VG, Tymoshenko SV, editors. Prophylaxis, diagnosis and treatment of ischemic contractures of the hand and foot. Kyiv: Stylos; 2007. 128 p. [in Ukrainian].
5. Страфун СС, Тимошенко СВ, Лопайчук ВО. Оцінка ефективності профілактики та лікування місцевого гіпертензивного ішемічного синдрому (компаратмент синдрому) шляхом моніторингу підфасціального тиску у хворих з переломами кісток кінцівок. Травма. 2003;3:22-25.
6. Strafun SS, Tymoshenko SV, Lopaichuk VO. Evaluation of the effectiveness of prevention and treatment of local hypertensive ischemic syndrome (compartment syndrome) by monitoring subfascial pressure in patients with limb bone fracture. Trauma. 2003;3:22-25 [in Ukrainian].
7. Brodie S., Hodgetts T.J., Ollerton J., McLeod J., Lambert P., Mahoney P. Tourniquet use in combat trauma: UK military experience. J. R. Army Med. Corps. 2007;153:310–313.
8. Caubère A, de Landevoisin ES, Schlienger G, Demoures T, Romanat P. Tactical tourniquet: Surgical management must be within 3 hours. Trauma Case Rep. 2019 Jul 3;22:100217. doi: 10.1016/j.tcr.2019.100217.
9. Cheremskiy A, Goloborodko N. Emergency tourniquets: from past to present. EM [Internet]. 2019 Mar. 26 [cited 2024 Apr. 18];(1.96):42-7. Available from: <https://emergency.zaslavsky.com.ua/index.php/journal/article/view/1061>. DOI: 10.22141/2224-0586.1.96.2019.158744.
10. Kuzminskiy IV. Influence of ischemic-reperfusion syndrome of limbs on deviations of indicator of cytolytic syndrome. Achievements of clinical and experimental medicine. 2018;3:176-81. DOI: <https://doi.org/10.11603/1811-2471.2018.v0.i3.9351>
11. Sabate-Ferris A, Pfister G, Boddaert 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 Oct;48(5):3847-3854. doi: 10.1007/s00068-021-01828-4.
12. Вересюк ТО, Сельський ПР, Телев'як АТ, Сельський БП. Морфологічні зміни у скелетних м'язах задніх кінцівок щурів при гострій ішемії–реперфузії, спричиненій накладанням артеріального турнікета, та її корекції карбацетамом. Вісник медичних і біологічних досліджень. 2020;3(5):16–23.
13. Veresiuk TO, Selskyy PR, Televiak AT, Selskyy BP. Morphological changes in skeletal muscles of the hind limbs of rats in acute ischemia-reperfusion caused by arterial tourniquet application, and its correction by carbacetam. Bulletin of Med and Biol Res. 2020;3(5):16–23 [in Ukrainian].

## Tactics of Treatment of Tourniquet Syndrome after Gunshot Wounds

*Khoroshun E.M.<sup>2,3</sup>, Strafun S.S.<sup>1</sup>, Shypilov S.A.<sup>2,3</sup>, Klapchuk Yu.V.<sup>2,3</sup>, Babrii O.S.<sup>2</sup>, Honcharenko S.S.<sup>2</sup>, Kupriianchuk V.V.<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup>Military Medical Clinical Center of the Northern Region, Kharkiv

<sup>3</sup>Kharkiv National Medical University, Kharkiv

**Summary.** The objective of our study was to develop a differentiated approach to the treatment of tourniquet syndrome based on the severity and stages of its development.

*The work was based on a retrospective analysis of 30 wounded with tourniquet syndrome of the upper and lower extremities, who were treated at the Military Medical Clinical Center of the Northern Region. All the wounded were hospitalized from the combat zone; all were males, aged  $33.8 \pm 0.4$  years. After admission to the Military Medical Center of the Northern Region (Role 3), anamnestic data were collected, clinical symptoms as well as laboratory and additional research methods were analyzed. To form a differentiated approach to the treatment of tourniquet syndrome, the analysis of the following indicators was carried out: the duration of the tourniquet (up to 3 hours, 3.1-6 hours, 6.1 hours and more), the place of tourniquet application (shoulder, thigh), local clinical manifestations (edema, paresthesia, hypoesthesia, anesthesia, hypothermia, contracture of the joints of the hand or foot), laboratory indices (creatinine, alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, creatine phosphokinase, potassium, and myoglobin), assessment of peripheral pulse, diuresis, ultrasound examination of muscles, ultrasound examination of the kidneys and inferior vena cava to calculate infusion therapy, radiographic and thermal imaging studies at the site of injury, and intraoperative visual evaluation of the muscles (viable muscles, partial or widespread rhabdomyolysis). Based on the analysis of the obtained data, a classification and treatment algorithm of tourniquet syndrome were developed, which enabled to take a rational approach to the treatment of this category of patients based on determining the severity and stages of its development.*

**Keywords:** *tourniquet syndrome; muscle-fascial sheath; gunshot wounds of extremities; ischemic tissue injury; amputation; hemodialysis.*