

Міністерство охорони здоров'я України  
Міністерство оборони України  
Національна академія медичних наук України  
Український центр наукової медичної інформації  
і патентно-ліцензійної роботи

**Методичні рекомендації:  
КОМПАРТМЕНТ-СИНДРОМ  
ПРИ ВОГНЕПАЛЬНИХ  
ПОРАНЕННЯХ КІНЦІВОК**

Київ – 2022

**Установа-розробник:**

ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України”  
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця МОЗ України  
Українська військово-медична академія МО України  
Головний військово-медичний клінічний центр  
“Головний військовий клінічний госпіталь” МО України

**Укладачі:**

Чл.-кор. НАМН України, д.мед.н., професор  
д.мед.н., професор  
д.мед.н., професор  
д.мед.н.  
  
к.мед.н.  
к.мед.н.

Страфун С.С.  
Бур'янов О.А.  
Борзих О.В.  
Долгополов О.В.  
Лисак А.С.  
Шипунов В.Г.  
Ярмолюк Ю.О.

**Контактний телефон: +38 (044) 486-69-89**  
**Рецензент: д.мед.н., професор Лябах А.П.**

## Вступ

Компартмент-синдром (місцевий гіпертензивний ішемічний синдром) – є одним із найбільш небезпечних ускладнень в ортопедо-травматологічній практиці. За даними різних авторів, він зустрічається у 10-25% пацієнтів із переломами кісток нижніх кінцівок. Значно зростає обсяг компартмент-синдрому при політраумі (до 45%) та при вогнепальних пораненнях певних локалізацій (до 40%).

Відносно низька обізнаність лікарів-практиків із цим синдромом, зростання кількості вогнепальних поранень, які входять до групи високого ризику щодо розвитку ішемічних контрактур, значне медико-соціальне значення проблеми, адже ішемічна контрактура призводить до стійкої інвалідизації хворого, роблять дослідження вкрай актуальним.

Важливості цій проблемі додає й те, що гостра ішемія кінцівки як наслідок травми при некомпенсованому та незворотному її перебігу є ускладненням, яке загрожує життю хворого. Так, через 6-8 годин декомпенсована ішемія тканин стає безповоротною та в ряді випадків призводить до вираженого ендотоксикозу. Що надалі через 3-4 дні може стати причиною розвитку гострої ниркової недостатності та смерті. Деякі автори відмічають, що летальність при нелікованому тяжкому компартмент-синдромі сягає 47%. Симптомокомплекс, який характеризує підвищення підфасціального тиску, отримав назву “місцевий гіпертензивний ішемічний синдром” (МГІС) або “компартмент-синдром”.

**Компартмент-синдром, Т 79.6** (травматична ішемія м'язів) за МКХ-10, – **стан, при якому зростання підфасціального тиску в закритому кістково-фіброзному просторі зменшує перфузію тканин до рівня, нижчого за життєво необхідний, що призводить до ішемії та некрозу м'язів.** Прямим наслідком нелікованого гострого компартмент-синдрому є ішемічна контрактура кінцівки.

**Ішемічна контрактура** (контрактура Фолькмана) – **це патологічний стан, що розвивається внаслідок загибелі м'язів кінцівки через підвищення підфасціального тиску та порушення їх кровопостачання.** До наслідків компартмент-синдрому належать також нейродистрофічний синдром, хронічний післятравматичний остеомиєліт, порушення репаративного остеогенезу.

### Етіологія та патогенез

Вирізняють три основні групи етіологічних чинників, що сприяють розвитку компартмент-синдрому (МГІС):

1) **зменшення розміру фасціального футляра:** тісна та нефізіологічна гіпсова пов'язка, циркулярні опіки, переохолодження, геморагічні син-

дроми, стиснення вагою тіла або стороннім предметом;

2) **збільшення вмісту фасціального футляра:** гематома, флегмона, переломи кісток зі значним зміщенням, екстравазація рідини при інфузіях, інтенсивний набряк, електротравма;

3) **зниження кровообігу у футлярі та зменшення толерантності м'яза до ішемії:** пошкодження судин, синдром реперфузії при ушкодженнях магістральних артерій, тривала гіпотонія внаслідок шоку, тривале підвищене положення кінцівки (положення Overhead), анемія, виражена інтоксикація.

Головну роль у розвитку ішемії та некрозу м'язів відіграють фактори, які викликають набряк м'язової тканини. Перш за все це травми, особливо переломи, вивихи та вогнепальні поранення в зоні ліктьового та колінного суглобів. Підвищення підфасціального тиску у м'язових футлярах зустрічається у 6-35% хворих із переломами кісток як верхньої, так і нижньої кінцівки, а при циркулярних опіках чи електротравмі – до 100%.

Вогнепальні поранення, особливо ті, що супроводжуються переломами кісток, входять до групи високого ризику щодо розвитку компартмент-синдрому. Це пов'язано з самим механізмом травми. Так, при вогнепальному пораненні має місце високоенергетична травма (а при вогнепальних переломах додаткової травматизації завдають численні кісткові уламки, які, отримавши імпульс та певну швидкість від снаряду, який спричиняє поранення, перетворюються на вторинні снаряди, які спричиняють поранення) у поєднанні з малими рановими каналами. Створюється ситуація, при якій розмір ранового каналу недостатній для декомпресії вираженого набряку, що супроводжує вогнепальну травму. Додатковими чинниками, які сприяють розвитку компартмент-синдрому, є локальна ішемія та загальний важкий, шоківий стан організму.

У патогенезі компартмент-синдрому (рис. 1), що має характер замкненого “вадного кола”, основну роль відіграють підвищення підфасціального тиску та локальна ішемія тканин. Тяжка вогнепальна травма супроводжується глибокою циркуляторною гіпоксією, набряком м'язів і кісткового мозку та розвитком м'язової контрактури. Це призводить до суттєвого підвищення підфасціального тиску, яке посилює порушення тканинного кровопостачання, що у свою чергу поглиблює гіпоксичний стан тканин. В умовах гіпоксії порушується енергетичний обмін, що супроводжується розладами функції клітинної натрій-калієвої помпи, внаслідок чого збільшується внутрішньоклітинний вміст Na і Ca та зменшується вміст K. Ці іонні зміни призводять до набухання клітин та їх руйнування. Вивільнені катаболічні ензими спричиняють додаткові локальні ушкодження та надалі зміню-

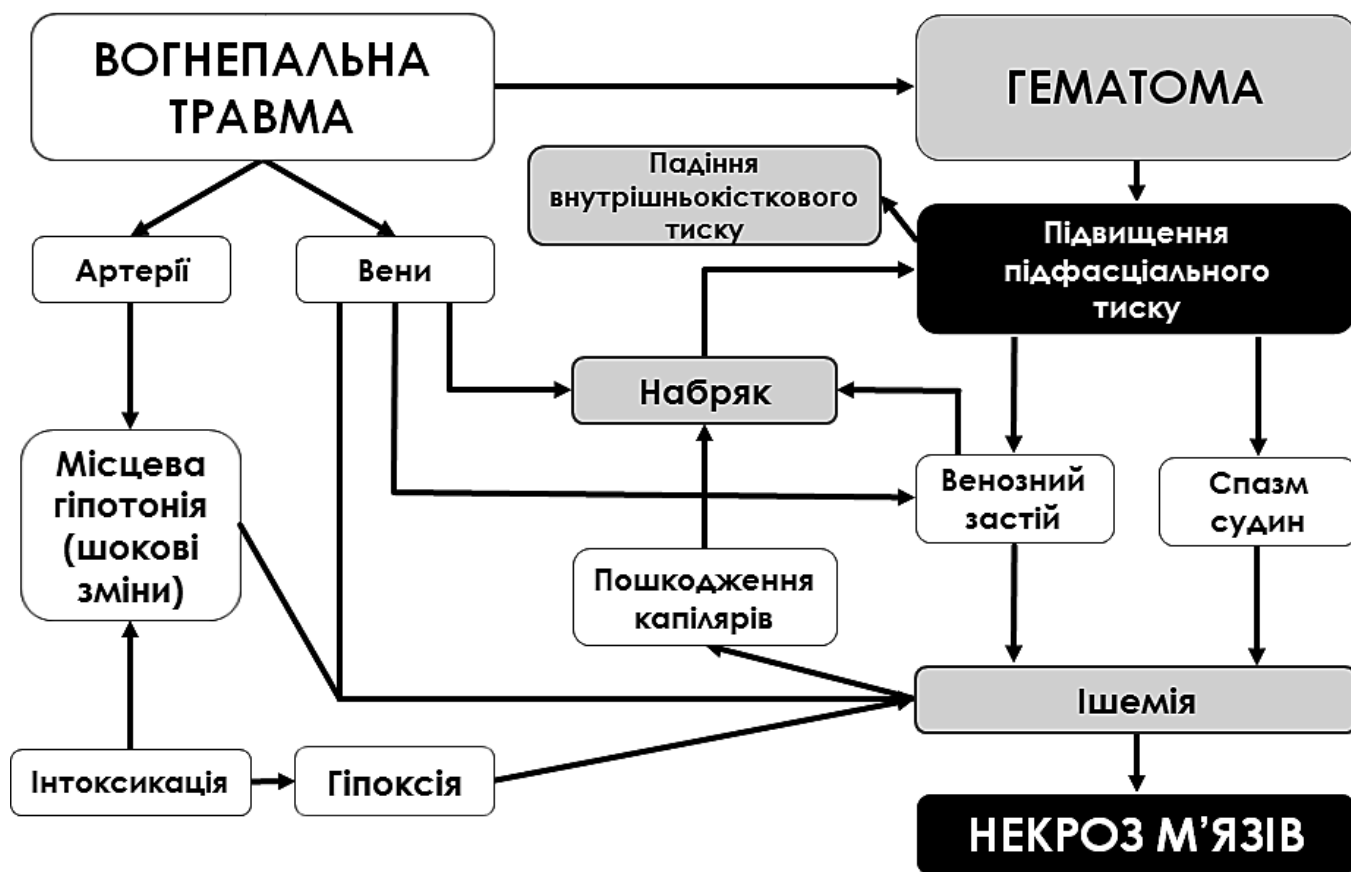


Рис. 1. Схема патогенезу компартмент-синдрому (МГІС)

ють позаклітинний електролітний склад. Ці зміни сприяють розвитку міжклітинного інтерстиціального набряку, що у свою чергу підвищує внутрішньотканинний тиск, суттєво погіршує тканинне кровопостачання та поглиблює гіпоксію тканин.

Варто пам'ятати, що максимальний термін толерантності м'язів до теплової ішемії складає 6 годин, а периферійних нервів – 8 годин.

При тривалому збереженні підвищеного підфасціального тиску і, як наслідок, тривалому порушенні мікроциркуляції та ішемії у м'язах настають незворотні зміни, які проявляються їх некрозом із наступним фіброзуванням та контрагуванням. Відбувається рубцево-жирове переродження м'язової та нервової тканини.

Окремої ваги набуває той факт, що при підвищенні підфасціального тиску та порушенні мікроциркуляції у м'язах відзначається різке падіння внутрішньокісткового тиску (рис. 2). **У нормі внутрішньокістковий тиск (у довгих кістках) не перевищує 8-10 мм рт. ст.** та є мінливим показником, що перебуває під чітким впливом фізіологічних (м'язова робота, гравітація) та патофізіологічних факторів (запалення, ішемія, дегенеративно-дистрофічні процеси та гнійно-некротичне ураження).

Кістка травмованої кінцівки при розвитку компартмент-синдрому також перебуває в умовах

ішемії. Тому відбувається некротизація кісткової тканини та порушуються процеси репаративного остеогенезу (сповільнена консолідація, утворення псевдоартрозів), а при приєднанні інфекційних агентів можливий розвиток остеомиєліту.

При зворотній ситуації, тобто при зниженні підфасціального тиску, внутрішньокістковий тиск теж нормалізується.

### Клініка та діагностика

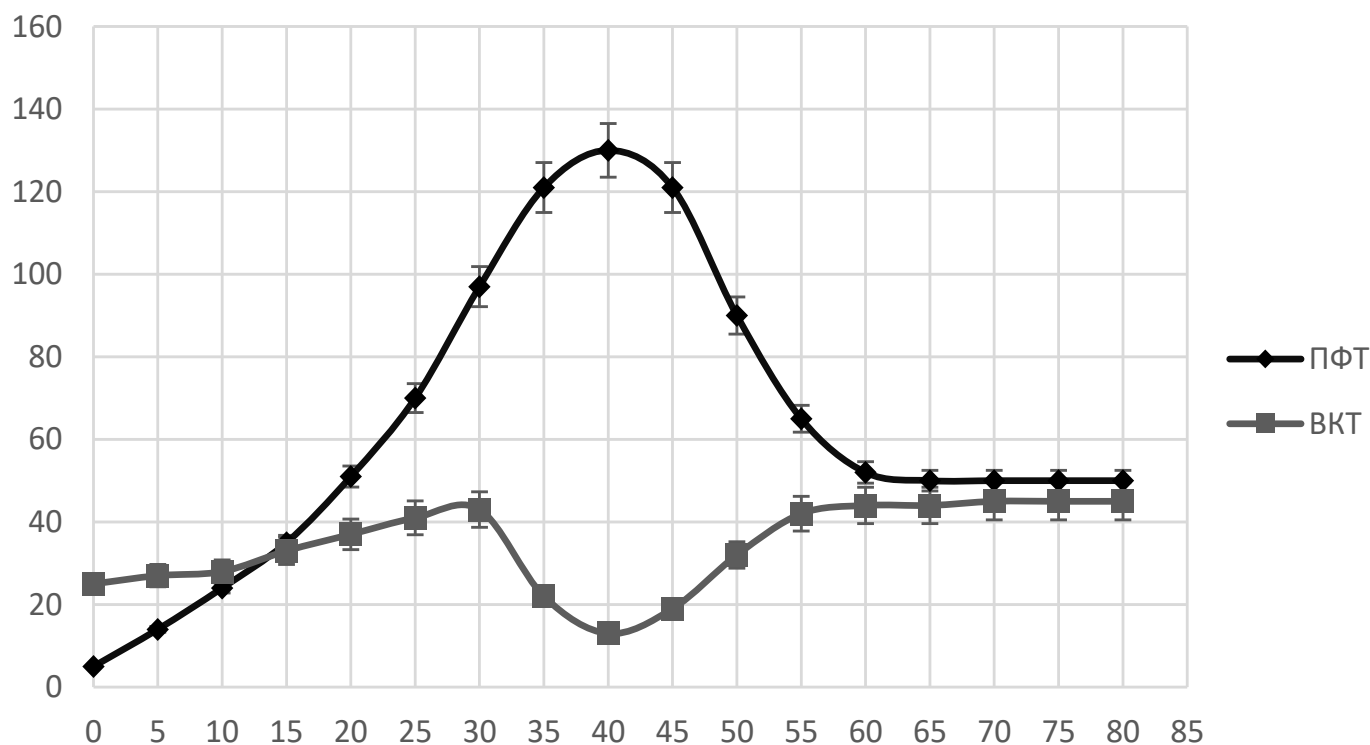
Основою для встановлення діагнозу “компартмент-синдром” є:

**1) ретельний збір анамнезу** (особливу увагу слід звернути на час, який минув від моменту травми до надходження, та час появи набряку; має значення швидкість наростання набряку; необхідно враховувати характер травми: з'ясувати, чи мала місце пряма травма м'язів передпліччя, кисті та гомілки, час можливих періодів ішемії, зв'язаних зі здавленням кінцівки або накладенням джгута);

### 2) клінічна діагностика:

- *виражений, нестерпний біль* (не відповідає тяжкості пошкодження, не зменшується при адекватній іммобілізації ураженої кінцівки, погано купується анальгетиками);

- *щільний напружений набряк* (набряк прогресує на 2-3 добу після травми, на тлі наростання



**Рис. 2.** Графік залежності зміни внутрішньокісткового тиску від підфасціального тиску в умовах гострої ішемії (за С.С. Страфуном)

напруженого набряку значно посилюються болі у передпліччі, кисті або гомілці);

– пара-, гіпо- або анестезія в зоні іннервації уражених ішемією нервів (при локалізації процесу на передпліччі чи кисті зміни настають спочатку в зоні автономної іннервації серединного, а потім ліктьового нервів або ж у зоні іннервації великогомілкового нерва при компартмент-синдромі гомілки; парестезія може супроводжуватись гіпостезією пальців або бути попередником швидкого виникнення гіпостезії, а потім і анестезії);

– біль при пасивному розтягуванні ураженого м'яза (інтенсивність больового синдрому не завжди корелює з тяжкістю ішемічних порушень у м'язах, проте це є однією із ранніх ознак формування ішемічної контрактури);

– парез або плегія уражених м'язів;

**3) визначення підфасціального тиску (в нормі підфасціальний тиск складає 3-8 мм рт. ст.):**

– класична методика Whitesides (1975 р.);

– одномоментне визначення, або моніторинг змін підфасціального тиску за допомогою приладу Monitor pressure system;

**4) зміни біохімічних показників:**

– креатинін кінза (норма: чол. – 52-336 МО/л; жін. – 38-176 МО/л): > 2750 МО/л, а при показниках > 4000 МО/л вірогідність розвитку компартмент-синдрому перевищує 90% (у літературі описані випадки розвитку компартмент-синдрому при показниках 520-1000 МО/л);

– креатинін (норма: 53-115 ммоль/л; 0,6-1,3 мг/дл): > 169 ммоль/л; > 1,92 мг/дл;

– міоглобін (норма: < 0,003 мг/дл; < 35 нг/мл): > 0,037 мг/дл; > 370 нг/мл;

– Са крові (норма: 2,1-2,8 ммоль/л; 8,8-10,4 мг/дл): < 1,6 ммоль/л; < 6,4 мг/дл;

– К крові (норма: 3,6-5,7 ммоль/л): при компартмент-синдромі спостерігають небезпечні зміни в метаболізмі калію, рівень якого може сягати 7,5-8 ммоль/л (після виконання фасціотомії);

– азот сечовини (норма: 3,6-7,1 ммоль/л; 10-20 мг/дл): > 10,7 ммоль/л; > 29,7 мг/дл;

**5) додаткові методи обстеження:**

– УЗД (наявність рідини у підфасціальному просторі, дифузна ехогенність та втрата перистотності м'язової тканини, а з часом – нерівномірна ехогенність, зменшення товщини та ділянки некрозу з утворенням так званих лінз);

– МРТ (зменшення магнітної щільності окремих груп м'язів, гіперінтенсивний сигнал у T1, T2 та STIR режимах);

– голкова електронейроміографія (зниження активності введення до 33% від норми, повне біоелектричне мовчання в ділянках м'язового некрозу).

**Найголовнішим із зазначених критеріїв діагностики компартмент-синдрому є показник підфасціального тиску. Саме він є головним для визначення тактики лікування хворого.**

Ішемічна контрактура м'язів передпліччя, що відбулась, проявляється кігтеподібною деформацією кисті з перерозгинанням пальців у п'яно-фалангових суглобах та згинальною контрактурою в міжфалангових суглобах. Ішемічний некроз власних м'язів кисті характеризується різкою згинальною контрактурою 2-5 пальців у п'яно-фалангових суглобах та розгинальною контрактурою в міжфалангових суглобах, а також приведенням та згинанням 1-го пальця. Ішемічне пошкодження м'язів гомілки – еквіно-варусною деформацією стопи та згинальною контрактурою пальців стопи.

**Методика визначення підфасціального тиску**

Для вимірювання підфасціального тиску за Whitesides (рис. 3) необхідно мати систему, що складається з 3-ходового крана, ін'єкційної голки діаметром не менше 1 мм, системи трубок, манометра (бажано використання ртутного манометра) та 20 мл шприца. Ін'єкційна голка та частина трубки заповнюється стерильним фізіологічним розчином.

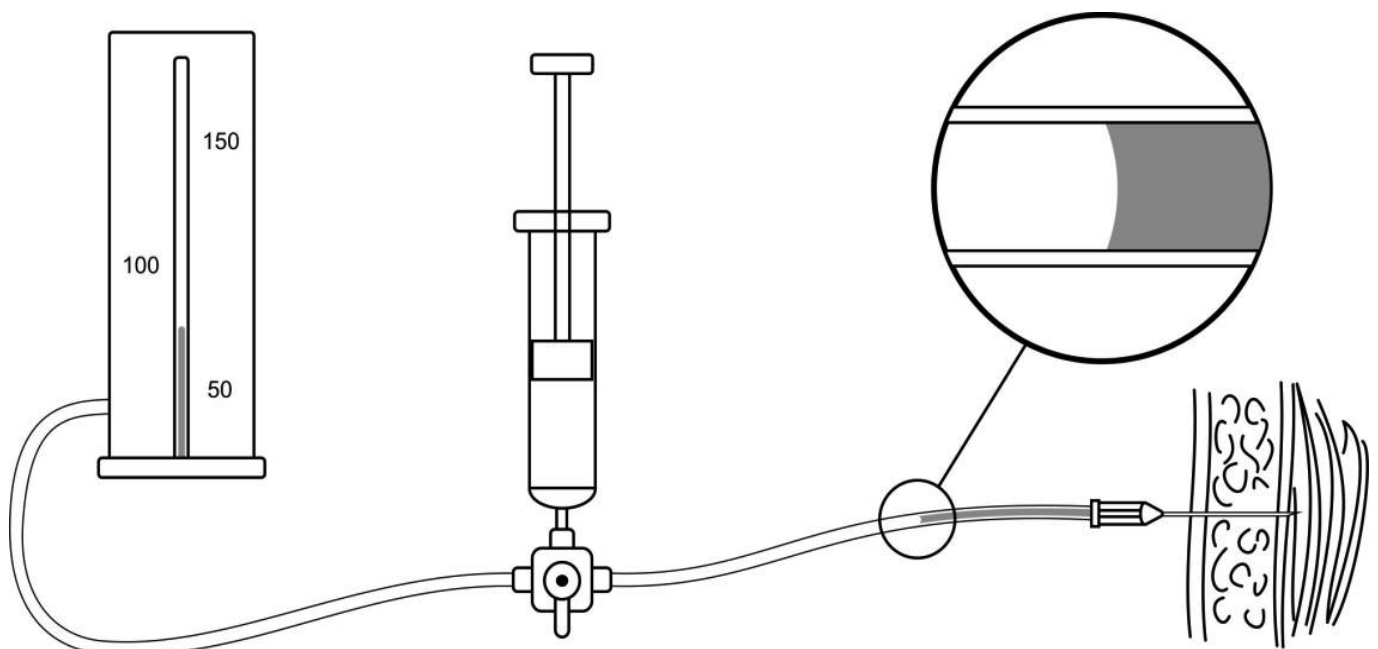
Спочатку виконують інфільтраційну анестезію шкіри (введення анестетика під фасцію недопустиме!) в місці проведення вимірювань. Заповнену фізіологічним розчином голку вводять під фасцію, ізолюючи її за допомогою 3-ходового крана від системи "манометр – шприц". За допомогою шприца підвищують тиск у системі до 20 мм рт. ст. За допомогою 3-ходового крана переводять систему в роботу за режимом "манометр – ін'єкційна голка". У випадках, якщо стрілка манометра або рівень рідини починає знижуватись (що говорить про те, що підфасціальний тиск менший за 20 мм рт. ст.), припиняють подальше вимірювання.

Це свідчить про рівновагу або невелике перевищення тиску (на 5-10 мм рт. ст.) у системі "манометр – шприц". Якщо ж руху рівня рідини не відбувається, продовжують вимірювання, кожного разу піднімаючи тиск у системі "манометр – шприц" на 10 мм рт. ст. Прохідність голки перевіряють, натискаючи пальцем у проекції кінчика голки та пропонуючи хворому скоротити м'яз, що супроводжується збільшенням показників підфасціального тиску. Реєструючи останні показники манометру, віднімають від них 10 мм рт. ст., отримуючи дані підфасціального тканинного тиску.

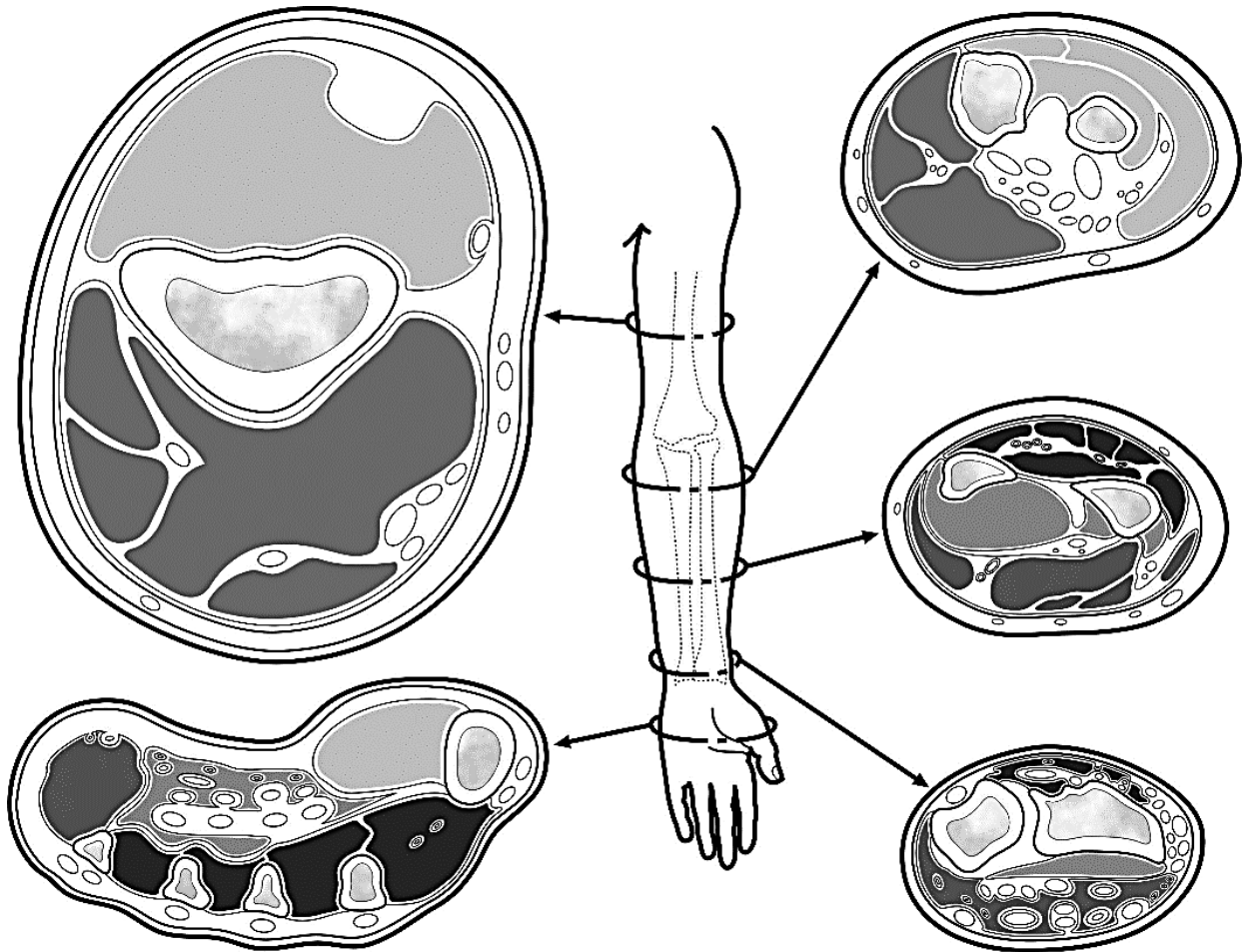
Після визначення підфасціального тиску показники порівнюють із величиною діастолічного тиску хворого. **Діагноз "компартмент-синдром (МПС) встановлюється**, коли підфасціальний тиск на 30-40 мм рт. ст. менший діастолічного (у нормотензивного хворого з АТ 120/80 відповідає абсолютним величинам 40-50 мм рт. ст.). Відповідним чином у хворих у шоківому стані з низькими показниками артеріального тиску критичний підфасціальний тиск буде нижчим, ніж 40-50 мм рт. ст., а у пацієнтів із гіпертонічною хворобою – набагато вищим.

При визначенні підфасціального тиску на передпліччі (рис. 4) вимірювання проводять у середній третині передпліччя поза проекцією магістральних судин та нервів. На кисті (рис. 4) вимірювання виконують у середній третині між'ясного футляра, а при залученні у процес м'язів підвищення 1-го пальця вимірювання проводять на 1,5-2,0 см дистальніше зап'ястного суглоба.

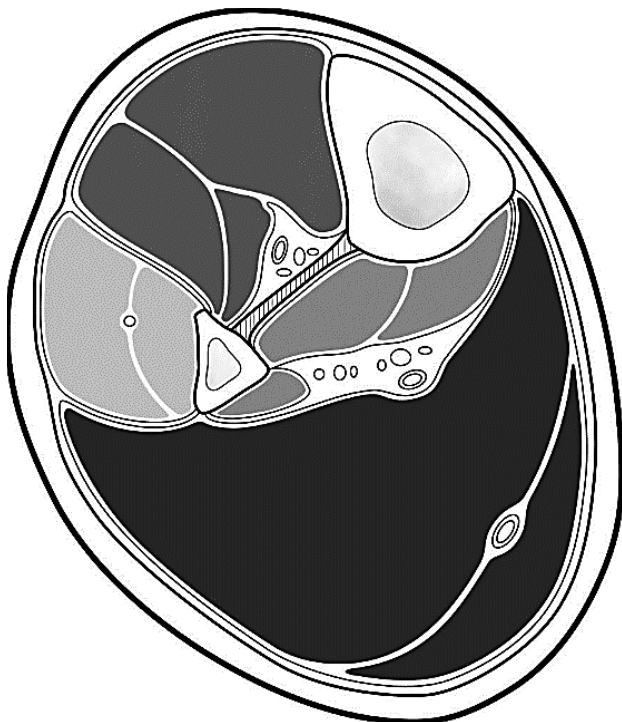
На гомілці (рис. 5) вимірювання підфасціального тиску проводиться з урахуванням чотирьох



**Рис. 3.** Схематичне зображення вимірювання підфасціального тиску за Whitesides



**Рис. 4.** Схематичне зображення фасціальних футлярів верхньої кінцівки



**Рис. 5.** Схематичне зображення фасціальних футлярів гомілки

кістково-фасціальних футлярів. У *передній фасціальний футляр* голка вводиться в середній третині гомілки на 2 см латеральніше гребня великогомілкової кістки. У *латеральний футляр* голка вводиться в середній третині гомілки, в проекції малоомілкової кістки. У *задній глибокий футляр* голка вводиться на тому ж рівні, відступаючи 1 см від медіального краю великогомілкової кістки. У *задній поверхневий футляр* голка вводиться по середині задньої поверхні гомілки на тому ж рівні.

#### **Диференційна діагностика**

Зважаючи на певну схожість клінічних проявів, що веде за собою обрання неправильної тактики лікування, доцільним є проведення диференціальної діагностики між такими ураженнями кінцівок як: компартмент-синдром, синдром позиційного здавлення, краш-синдром, кластридальний міозит, ушкодження периферійних нервів, пошкодження магістральних артерій.

У таблиці нижче представлена порівняльна характеристика наведених нозологічних форм за клінічними проявами та окремими пунктами – доцільність виконання певних маніпуляцій.

Слід зазначити, що, проводячи диференційну діагностику між нижче наведеними нозологіями, треба пам'ятати: виражений нестерпний біль буде характерний для компартмент- та краш-синдромів і кластридального міозиту. Оніміння та парастезії пальців будуть спостерігатись при компартмент-, краш-синдромі та ушкодженні периферійних нервів. Слабкість м'язів кисті та стопи – при більшості вище згаданих нозологій. Збільшення больового синдрому при розгинанні буде типовою ознакою дебюту ішемічного процесу. Та для більшості станів, які пов'язані з ішемією тканин, буде характерна наявність щільного напруженого набряку.

У лікувальній тактиці доцільно пам'ятати, що джгутування вкрай необхідне при першій допомозі при краш-синдромі та протипоказане при компартмент-синдромі. Декомпресійна фасціотомія вкрай ефективна при компартмент-синдромі та протипоказана при краш-синдромі.

**Синдром позиційного здавлення** характеризується важкими нейроішемічними змінами у тканинах кінцівки, які призводять до некрозу, всмоктуванню продуктів аутолізу та токсикозу. Виникає при тривалому (до 10-12 годин) знаходженні у незручній позі, за якої кінцівка здавлюється тілом, перегинається через твердий предмет (спинка стільця) або звисає під впливом власної ваги.

**Синдром тривалого роздавлювання** (краш-синдром, травматичний токсикоз, компресійна травма, синдром Байуотерса) характеризується, окрім місцевих, системними патологічними змінами у вигляді гіперкаліємії та гострої ниркової недостатності. Виникає при тривалій ішемії здавлених м'яких тканин у постраждалих при землетрусах, завалах шахт, обвалах та ін.

**Кластридальний міозит** (газова гангрена, блискавична гангрена, травматична гангрена, газова флегмона, коричнева флегмона) – анаеробна рана інфекція, викликана бактеріями роду *Clostridium*, яка характеризується некрозом та розпадом м'яких тканин, що швидко розповсюджується, зазвичай з утворенням газів та тяжкою інтоксикацією. Як правило, виникає внаслідок важких проникливих поранень (особливо при мінно-вибухових осколкових пораненнях), що супроводжуються порушенням кровотоку та забрудненням рани землею.

**Ушкодження периферійних нервів** – травма, що характеризується порушенням чутливості та функції м'язів (які іннервуються ураженим нервом) дистальніше рівня ушкодження.

**Пошкодження магістральних артерій** характеризується гострим порушенням кровотоку в тканинах дистальніше місця ураження, кровотоковою раною або наявністю гематоми, що швидко наростає. Пошкодження магістральних артерій за-

вжди потребує ургентного оперативного втручання, направлено на зупинку кровотечі та пластику дефекту артерії.

### Стадійність розвитку ішемічної контрактури

Передумовою виникнення ішемічної контрактури є підвищення підфасціального тиску.

Компартмент-синдром характеризується появою раптового нестерпного болю в ділянці ураженого футляра, щільним набряком, що швидко наростає, прогресуючими неврологічними порушеннями, підвищенням підфасціального тиску. Розрізняють три ступені тяжкості компартмент-синдрому (МГІС) (за С.С. Страфуном, 1991):

1) *легкий ступінь* – без порушення кровотоку по магістральних артеріях. Кисть або стопа тепла, багряно-ціанотична, пульс збережений, наявна парестезія або гіпестезія пальців. Підфасціальний тиск на 30-40 мм рт. ст. нижчий діастолічного артеріального тиску або наближається до нього;

2) *середній ступінь* – без порушення кровотоку по магістральних артеріях. Кисть або стопа прохолодна, ціанотична, пульс ослаблений, відмічається гіпестезія або анестезія пальців. Підфасціальний тиск дорівнює діастолічному або більший за нього;

3) *тяжкий ступінь* – із первинним або вторинним порушенням кровотоку по магістральних артеріях. Кінцівка холодна, бліда, пульс відсутній, анестезія пальців. Підфасціальний тиск перевищує діастолічний, а інколи дорівнює або перевищує систолічний артеріальний тиск.

У разі відсутності лікування компартмент-синдрому настає некроз м'язів, який має певні фази перебігу:

– **ішемічна контрактура – гострий період** – незворотне ушкодження м'язової тканини, що проявляється "пружністю" при спробі пасивних рухів у суглобах уражених сегментів; симптоми компартмент-синдрому прогресують;

– **ішемічна контрактура – реактивно-відновлювальний період** – поступове зменшення набряку, відновлення чутливості, початок формування контрактур і як наслідок вадних установок уражених сегментів кінцівки; інколи спостерігається компресійна нейропатія нервових стовбурів, що проявляється вираженим больовим синдромом;

– **ішемічна контрактура – резидуальний період** – проявляється наявністю сформованих контрактур, відсутністю набряку, частковим відновленням функції м'язів, явищами компресійної нейропатії нервових стовбурів при відновленій чутливості.

### Алгоритм лікування хворих із компартмент-синдромом

1. Кінцівку необхідно звільнити від будь-яких пов'язок, що здавлюють уражений сегмент (зняти



Критерій / Нозологія	Компартмент-синдром	Синдром позиційного здавлення	Краш-синдром	Клостридіальний міозит	Ушкодження периферійних нервів	Пошкодження магістральних артерій
Виражений, нестерпний біль	✓	✗	✓	✓	✗	✗
Онiмiння, парастезii	✓	✓	✓	✗	✓	✗
Набряк, який швидко зростає	✓	✗	✓	✓ ✓	✗	✗
Слабкiсть м'язiв кистi або стопи	✓	✓	✓	✗	✓	✗
Збiльшення больового синдрому при розгинаннi пальцiв	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Порушення гемодинамiки	✗	✗	✓	✗	✗	✓
Порушення функцiї нирок	✗	✓	✓ ✓	✓	✗	✗
Токсемiя	✓	✓	✓ ✓	✓ ✓	✗	✗
Необхiднiсть джгутування	✗ ✗ ✗	✗	✓ ✓	✗	✗	✓
Ефективнiсть фасцiотомiї	✓ ✓	✗	✗	✓	✗	✗
Необхiднiсть гемодiалiзу	✗	✓	✓ ✓	✓	✗	✗

✓ – позначено характерні прояви для цієї нозології

✗ – позначено нехарактерні прояви для визначеної нозології

одяг, за наявності пов'язок – їх легка “номінальна” фіксація бинтом, за необхідності гіпсової іммобілізації використовувати лише простору лонгету).

2. Вкласти кінцівку на рівні серця, при цьому створивши найбільш фізіологічне положення (максимально розслабити уражені фасціальні футляри). Значне підняття кінцівки (навіть на 20-30 см) може сприяти посиленню больового синдрому через погіршення артеріального притоку.

3. **При легкому ступені компартмент-синдрому:** призначають курс консервативної терапії, а при незначних або сумнівних результатах

консервативного лікування – призначають повторний курс. За стійкої відсутності позитивного ефекту від консервативних заходів та наростанні симптоматики проводять оперативне лікування (фасціотомія).

4. **При середньому ступені компартмент-синдрому:** курс консервативної терапії доцільно проводити лише один раз. При неефективності або сумнівних результатах консервативного лікування повторний курс консервативної терапії є недоцільним, та необхідно розв'язувати питання щодо виконання фасціотомії.

5. **При тяжкому компартмент-синдромі:** найбільш доцільним та правильним рішенням буде ургентне оперативне втручання з декомпресією всіх фасціальних футлярів та ретельною ревізією судинно-нервових пучків. На етапах підготовки до фасціотомії можливе проведення швидкого курсу консервативної терапії.

6. **Якщо компартмент-синдром розвивається внаслідок перелому кісток, вивиху сегмента або вогнепальних поранень:** необхідне проведення оперативного втручання в ургентному порядку. На етапах підготовки до операції доцільним є проведення однократного курсу консервативної терапії. Декомпресійну фасціотомію слід сполучати зі стабільним черезкістковим (або якщо є така можливість – накістковим) остеосинтезом стрижневими односторонніми апаратами зовнішньої фіксації. **УШИВАННЯ РАН ПІСЛЯ ВИКОНАННЯ ФАСЦІОТОМІЙ СУВОРО ЗАБОРОНЕНО!**

### Консервативне лікування

Консервативна терапія при компартмент-синдромі складається з наступних ланок:

1) **адекватне знеболення** (анестезія плечового чи поперекового сплетення, спинномозкова анестезія, провідникова анестезія, внутрішньокісткова анестезія) дозволяє розслабити рефлексорно напружені м'язи, зменшити вплив загальношочкових змін (зменшити виділення катехоламінів, що сприяють спазму судин), запобігти формуванню больової домінанти у головному мозку;

2) **охолодження сегмента кінцівки** (тільки водою, не льодом) при легкому та середньому ступенях компартмент-синдрому як метод рефлексотерапії направлене на зменшення больового синдрому та сповільнення процесів метаболізму клітин – зменшення їх енергетичних потреб та як наслідок зменшення набряку тканин;

3) **гіперволемічна гемоділюція** (розведення крові шляхом дозованого збільшення ОЦК та його резерву) здійснюється інфузією однакових об'ємів кристалоїдних розчинів і плазмозамінників та сприяє реалізації механізмів антиагрегації та повноцінному кровообігу в системі мікроциркуляції. Методика проведення:

а) постійно переливають один із кристалоїдних розчинів (ізотонічний розчин NaCl, розчин Рінгера, Рінгера-Локка чи Рінгер-лактат, дисоль, трисоль, лактосол, ацесоль, розчин глюкози) в кількості 1-1,5 мл/(кг\*год);

б) якщо втрата ОЦК менше ніж 12-15%, а рівень гемоглобіну вище 100 г/л, то переливають плазмозамінники та поліелектролітні розчини;

с) об'єм інфузії повинен на 30-50% перевищувати встановлену втрату ОЦК;

д) темп введення та співвідношення вказаних розчинів підбирають, орієнтуючись на централь-

ний венозний тиск, артеріальний тиск, діурез, концентрацію гемоглобіну, гематокрит;

4) **зняття спазму периферійних судин**, що сприяє покращенню мікроциркуляції та нормалізації клітинного метаболізму і як наслідок зменшення набряку;

5) **покращення реологічних властивостей крові** у стандартних терапевтичних дозах;

б) **стабілізація судинних мембран** (есцинова сіль 2,6-діаміногексанової кислоти), що запобігає виходу плазми у міжклітинний простір та сприяє зменшенню інтерстиціального набряку тканин;

7) **препарати, що збільшують толерантність м'язової тканини до ішемії** (залежно від ступеня компартмент-синдрому – використання інфузійних розчинів чи таблетованих форм);

8) **зменшення набряку кінцівки та покращення венозного та лімфовідтоку** (нестероїдні протизапальні препарати, сечогінні препарати).

**Важливо пам'ятати: через порушення місцевого кровотоку, що призводить до ішемії, біодоступність ліків у тканинах знижена!**

### Лікувальна фасціотомія

**Лікувальна фасціотомія** – оперативне втручання, спрямоване на декомпресію кістково-фасціальних футлярів шляхом розсічення фасції. Виконують лікувальну фасціотомію при розвитку клінічних проявів компартмент-синдрому та за відсутності позитивного ефекту від консервативної терапії або високих цифрах підфасціального тиску.

Показаннями до фасціотомії є:

– важкий ступінь компартмент-синдрому; переломи кісток зі зміщенням, вивихи сегментів, вогнепальні поранення, опіки, електротравма, ускладнені компартмент-синдромом; середній ступінь компартмент-синдрому за неефективності однократного курсу консервативної терапії; або компартмент-синдром легкого ступеня за відсутності позитивного ефекту від подвійного курсу консервативної терапії;

– пошкодження судинно-нервових пучків;

– багатоуламкові переломи проксимальної третини гомілки або передпліччя (ризик розвитку компартмент-синдрому перевищує 40%), чи дистальної третини стегна або плеча;

– вогнепальні ушкодження великих суглобів;

– масивні ушкодження м'яких тканин, дробові вогнепальні поранення;

– виражений напружений набряк сегмента кінцівки, що супроводжується гіпостезією або анестезією пальців, больовим синдромом, що посилюється при розгинанні пальців;

– виражений напружений набряк сегмента кінцівки після відновлення магістральних судин (синдром реперфузії).

Лікувальну фасціотомію доцільно поєднувати з позавогнищевим стабільним остеосинтезом АЗФ або контролем стабільності апарата зовнішньої фіксації, що був накладений раніше. У разі розвитку компартмент-синдрому внаслідок порушення магістрального кровотоку лікувальну фасціотомію варто сполучати з відновленням магістральних судин.

**Найбільша ефективність лікувальної декомпресійної фасціотомії досягається у перші 6-8 годин від моменту розвитку компартмент-синдрому.** Також під час виконання фасціотомії є доцільним проводити ревізію судинно-нервових пучків. Уже на 2-3 добу після фасціотомії ішемічний набряк спадає, і у частини хворих можна частково або повністю зашити рани. Якщо зашивання ран неможливе – на 10-15 день їх необхідно закривати розщепленим шкірним клаптем. При виявленні під час декомпресії некротичних змін у м'язах можна видаляти лише явно нежиттєздатні ділянки. Остаточну некректомію необхідно відкласти на 5-7 день.

У хворих із тяжким ступенем компартмент-синдрому при відсутності кровотоку по магістральних артеріях необхідно виконувати декомпресивну фасціотомію разом із ретельною ревізією судинно-нервових пучків. Оперативне втручання має охоплювати не тільки ревізію магістральних судин, але і періадвентиціальну симпатектомію, а у випадках тромбозу магістральних артерій – тромбектомію або їх пластику.

### Методики фасціотомій

Існує три основні методики виконання декомпресивних фасціотомій, різниця між якими полягає в їхній інвазивності.

**1. Закрита фасціотомія** – оперативне втручання, направлене на декомпресію фасціальних футлярів через невеличкі шкірні доступи та закритого розсічення фасції. Має спірний характер, оскільки ішемічний набряк після декомпресії може бути значним. Малі шкірні розрізи в цьому випадку відіграють негативну роль, бо зазвичай відбувається настання вторинного здавлення шкірою як обмежувальним футляром. Цей метод може знайти своє застосування при легкому ступені компартмент-синдрому у поєднанні з адекватною масивною консервативною терапією та як профілактичний засіб.

**2. Комбінована фасціотомія** – оперативна декомпресія фасціальних футлярів, що базується на проведенні відкритої фасціотомії у верхній та середній третинах передпліччя або гомілки, а далі – закритої підшкірної фасціотомії. Методика комбінованої фасціотомії є найбільш виправданою і може широко застосовуватись при легкому

(за відсутності ефекту від консервативної терапії) та середньому ступенях компартмент-синдрому, а також при мінно-вибухових пораненнях.

**3. Відкрита фасціотомія** – методика оперативної декомпресії, що базується на виконанні широких шкірних доступів на всьому протязі фасціального футляру. Повна відкрита фасціотомія дає гарні результати декомпресії, але не відповідає всім вимогам, оскільки сухожилки в рані певний час залишаються оголеними, що може призвести до їх рубцевого блоку.

### Техніка фасціотомії на передпліччі

**Доступ:** зигзагоподібний розріз від медіального надвиростка плеча до межі середньої та нижньої третини передпліччя.

**Фасціотомія:** фасцію розтинають поздовжньо на всьому протязі шкірного розрізу, а далі (до дистального краю передпліччя) проводять закриту фасціотомію поза проекцією судинно-нервових пучків.

**Ревізія судинно-нервових пучків:** необхідно виконати ревізію серединного нерва під круглим пронатором та в середній третині передпліччя.

Якщо наявне ішемічне пошкодження не тільки згиначів, а й розгиначів кисті та пальців, слід проводити таку комбіновану фасціотомію на обох (долонній та тильній) поверхнях передпліччя.

### Техніка фасціотомії на кисті

**Доступи:** повздовжній розріз по долонній поверхні в області тенара, паралельно 1-й п'ясній кістці, поза проекцією гілочок серединного нерва. Повздовжній розріз по долонній поверхні в зоні гіпотенара паралельно 5-й п'ясній кістці, відступаючи 0,5 см від проекції ліктьового нерва в бік до ліктьового краю кисті. Окремі повздовжні розрізи у кожному міжкістковому проміжку на тилі кисті. Обов'язкова лігаментотомія поперечної зв'язки зап'ястка.

**Фасціотомія:** проводиться відповідно до доступів.

### Техніка фасціотомії на гомілці

**Доступи:** медіальний повздовжній доступ на протязі проксимальної та середньої третини гомілки паралельно великогомілкової кістці, відступаючи від останньої на 2-3 см назад, важливо не пошкодити велику підшкірну вену, відводячи її до верхнього краю рани. Латеральний доступ проводять по передньому краю малоомілкової кістки на протязі верхньої та середньої третини гомілки.

**Фасціотомія з медіального доступу:** декомпресивну фасціотомію заднього глибокого футляра гомілки виконують на всьому протязі розрізу, а дистальніше – закрито. Використовуючи

цей же розріз, мобілізуючи задній край шкіри на протязі всього розрізу на глибину 2-3 см та орієнтуючись по задній стінці глибокого фасціального футляра, проводять повздовжній розріз по медіальному краю заднього поверхневого футляра.

**Фасціотомія з латерального доступу:** мобілізуючи передній край шкіри на всьому протязі, виконують декомпресію передньо-латерального кістково-фасціального футляра повздовжнім розрізом, починаючи на 2 см дистальніше шийки малогомілкової кістки. Повздовжнім розрізом фасції біля нижнього краю рани проводять декомпресію м'язів, які покривають малогомілкову кістку й утворюють латеральний кістково-фасціальний футляр, розріз фасції необхідно починати на 2-3 см дистальніше шийки малогомілкової кістки.

### Основні принципи профілактики компартмент-синдрому при вогнепальних пораненнях

Ключ до ефективної профілактики компартмент-синдрому лежить у площині визначення груп ризику серед пацієнтів із вогнепальними пораненнями. Серед основних критеріїв, які підлягають аналізу при оцінці ситуації є: оцінка ступеня енергії вогнепального ушкодження, оцінка тяжкості травми, тяжкість транзиторної ішемії, локалізація травми та визначення адекватної тактики ведення таких поранень.

Тяжкість вогнепальних поранень напряму залежить від кінетичної енергії кулі, яку вона має на момент її контакту з тканинами організму. Енергія кулі (та будь-якого іншого снаряду, що спричиняє поранення) вираховується за формулою:

$$E_k = \frac{mV^2}{2}$$

Як видно з формули, енергія залежить від двох змінних величин: маса (m) та квадрат швидкості кулі (V<sup>2</sup>).

При попаданні кулі зі швидкістю більшою за 183 м/с (пневматична зброя, патрони типу Флобер) у тканинах навколо ранового каналу виникають шоківі зміни. При швидкості кулі від 305 м/с (РСР пневматична зброя, дозвуковий патрон, малокаліберна зброя, пістолетна куля) виникає ефект тимчасової кавітації ранового каналу. Коли швидкість кулі перевищує 610 м/с (автомати (автомат Калашнікова), вогнепальна зброя середнього та великого калібру), ефект кавітації стає значним та прогресує по мірі збільшення швидкості кулі.

Ефект кавітації ранового каналу може викликати пошкодження тканин значно більше, ніж діаметр кулі, та є основним чинником порушення мікроциркуляції й, як наслідок, подальшої ішемії.

Тактика ведення вогнепальних поранень:

### 1) вогнепальні пошкодження м'яких тканин:

*а) травми з низькошвидкісної зброї спричиняють незначні пошкодження м'яких тканин:*

- потребують лише поверхневої санації та мають бути залишені для загоювання вторинним натягом;

- коли кулю не можна пропальпувати підшкірно і вона не загрожує ушкодженням судинно-нервового пучка, вона повинна бути залишена;

*б) травми зі швидкострільної зброї завдають значного ушкодження м'яких тканин:*

- вимагають агресивної хірургічної обробки рани та постійного контролю;

- необхідно видалити чужорідні тіла та деваскуляризовані тканини;

### 2) вогнепальні пошкодження кісток:

*а) переломи кісток, спричинені низькошвидкісною зброєю:*

- мають схожі характеристики з закритими переломами;

- нестабільні переломи вимагають хірургічної стабілізації;

- ті, які можна легко репонувати, можна лікувати консервативно;

*б) переломи кісток, спричинені швидкострільною зброєю:*

- лікування спирається на клінічні рекомендації ведення відкритих переломів;

- ризик інфікування та виникнення компартмент-синдрому дуже високий;

- апаратний метод фіксації з або без фасціотомії – основа первинної стабілізації перелому;

- балістичні переломи малогомілкової кістки і гомілки перебувають у групі підвищеного ризику для розвитку компартмент-синдрому;

### 3) вогнепальні дробові поранення:

- лікування спирається на клінічні рекомендації ведення відкритих переломів із масивним ушкодженням м'яких тканин;

- ризик інфікування та виникнення компартмент-синдрому дуже високий;

- агресивна хірургічна тактика ведення з видаленням некротизованих тканин;

- обов'язкова ретельна перевірка цілості магістральних судин;

- обов'язкова фасціотомія;

- апаратний метод первинної стабілізації перелому.

Окремо звертаємо увагу, що відповідно до стандартів військово-польової хірургії при пораненнях кінцівок високоенергетичними елементами комбінована або відкрита фасціотомія є обов'язковим елементом первинної хірургічної обробки (ПХО), від якості та повноти якої залежить подальша доля хворого.

ПХО ран є складним реконструктивно-відновлювальним втручанням, яке потребує беззаперечного та детального виконання базових принципів: широкого розсічення рани, висічення нежиттєздатних та забруднених тканин із врахуванням раціонального доступу, ревізією пошкоджених анатомічних структур та фасціотомією всіх м'язево-фасціальних футлярів на всьому протязі ураженого сегмента.

Оптимальним є виконання фасціотомії з просвіту ранового каналу з метою зменшення об'єму хірургічної агресії. Але у випадку, коли локалізація вхідного чи вихідного отвору ранового каналу не дозволяє виконати адекватну фасціотомію, остання має бути виконана через окремий доступ.

**Важливо пам'ятати:**

1. Усі вогнепальні пошкодження є умовно контрмінованими, тому потребують адекватної антибіотиотерапії та проведення профілактики правцю.

2. Вогнепальні пошкодження потребують контролю електролітного балансу (корекція гіперлактатемії, гіпокальціємії та метаболічного ацидозу, що розвиваються при значних ураженнях м'язів).

3. При вогнепальних переломах показана стабілізація фрагментів апаратами зовнішньої фіксації (бажано односторонніми).

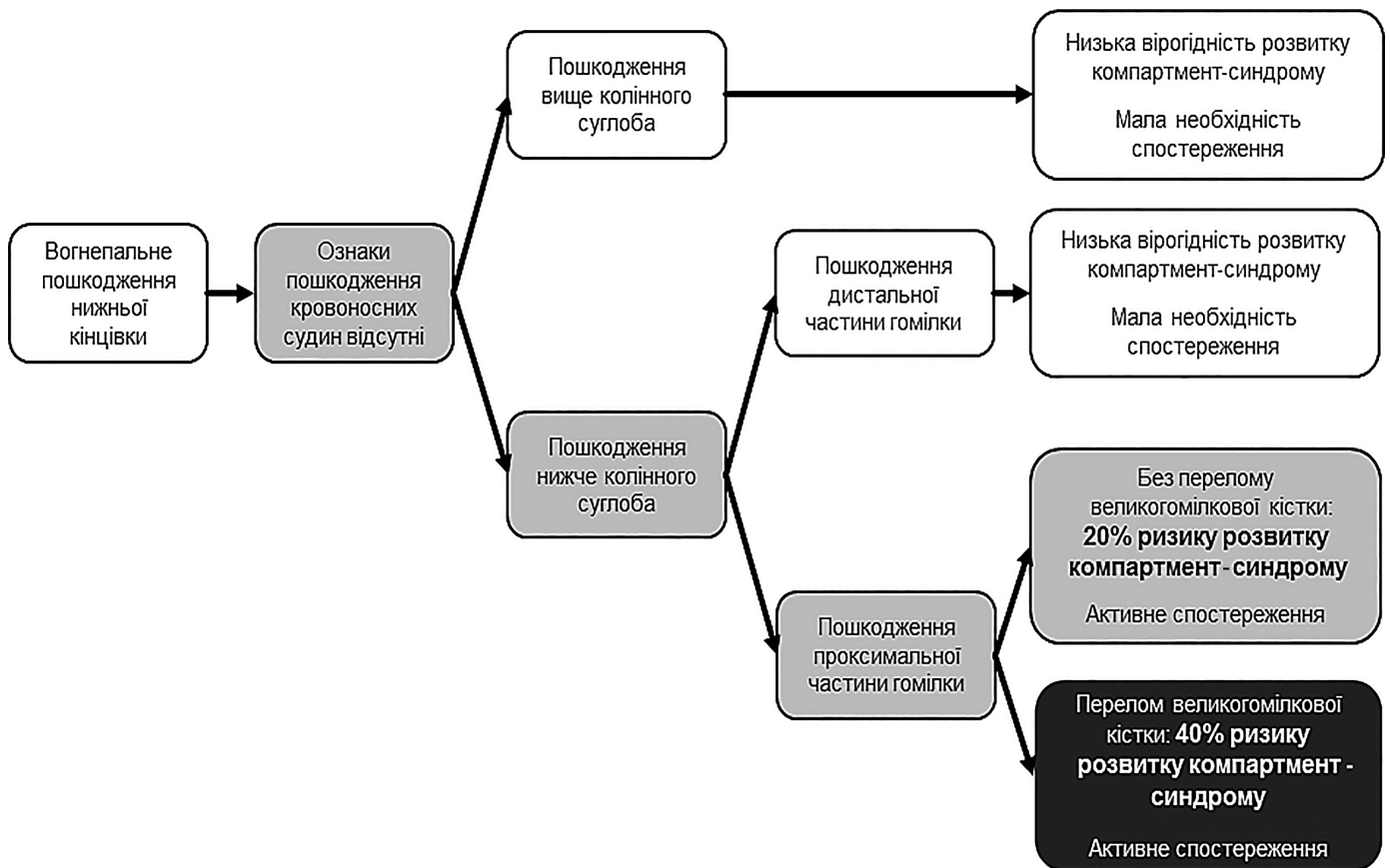
4. Необхідно проводити видалення нежиттєздатних тканин (важливо пам'ятати, що єдиною ознакою життєздатності м'яза є його можливість скорочуватись при електричному подразненні) та чужорідних тіл (зважаючи на об'єм травми, що буде нанесена при їх вилученні).

5. Декомпресійна фасціотомія (а іноді й декомпресія кожного м'яза) показана при:

- пошкодженнях великих судин кінцівки.
- вогнепальних пошкодженнях дистальних відділів плеча та стегна, проксимальних відділів гомілки та передпліччя, пошкодженнях великих суглобів.

Спираючись на численні статистичні дані, було розроблено та ухвалено алгоритм ведення хворих із вогнепальними пораненнями нижньої кінцівки, зважаючи на ризик розвитку у них компартмент-синдрому (рис. 6).

Зважаючи на наведений алгоритм, вважаємо, що виконання профілактичних фасціотомій при вогнепальних переломах проксимальної третини



**Рис. 6.** Алгоритм профілактики компартмент-синдрому (МГІС) при вогнепальних пошкодженнях нижньої кінцівки [Gonzalez R.P. Anatomic location of penetrating lower-extremity trauma predicts compartment syndrome development / Richard P. Gonzalez R.P., Scott W., Wright A., Phelan H.A., Rodning C.B. // The American Journal of Surgery. – 2009. – №197 (3). – С. 371–375.]

великогомілкової кістки за відсутності можливості постійного нагляду за станом пацієнта та моніторингу підфасціального тиску є доцільним та виправданим.

### Профілактична фасціотомія

Спираючись на ретроспективний аналіз, було визначено ряд випадків, коли необхідно виконувати фасціотомію (декомпресію фасціальних футлярів), не чекаючи розвитку клінічних проявів компартмент-синдрому. Тобто випадки, при яких розвиток компартмент-синдрому є безумовним або має дуже високий ризик. Такий вид фасціотомії заведено називати **профілактичними фасціотоміями**.

*Показання до виконання профілактичної фасціотомії:*

1) локалізація багатоуламкових переломів у ділянці ліктьового та колінного суглобів (особливо важливо при локалізації у проксимальній третині великогомілкової кістки);

2) вогнепальні переломи будь-якої локалізації з порушенням магістрального кровотоку;

3) у випадках політравми – в комплексі з ПХО вогнепальних переломів будь-якої локалізації;

4) мінно-вибухові поранення будь-якої локалізації;

5) у випадках тривалого накладання джгута на кінцівку (понад 2 години);

6) вогнепальні переломи будь-якої локалізації в поєднанні з великими опіками;

7) циркулярні опіки.

Зважаючи всі “за” та “проти” виконання профілактичної фасціотомії у випадках вогнепальних поранень, варто пам’ятати:

## Профілактична фасціотомія

Ні

- ішемічна контрактура
- псевдоартрози та остеомієліт
- нейротрофічні розлади

Так

- рубець на шкірі
- можливе зниження сили кисті або стопи на 5%.