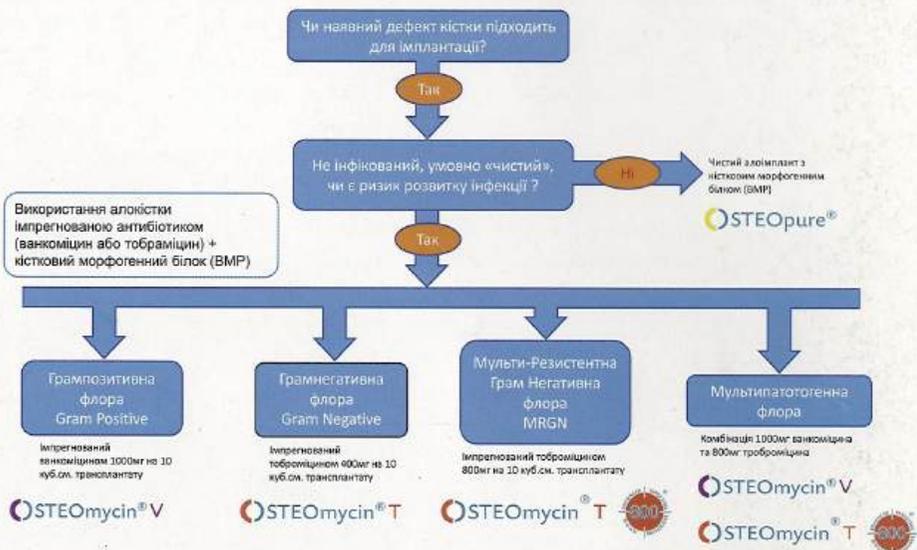


ВИБІР ТИПУ КІСТКОВОГО АЛОІМПЛАНТУ ЗА ВІДСУТНІСТЮ АБО НАЯВНІСТЮ КІСТКОВОЇ ІНФЕКЦІЇ



Методичні рекомендації

Інфекційні ускладнення бойової травми кінцівок



OSTEOMET

Київ 2025

КОМАНДУВАННЯ МЕДИЧНИХ СИЛ
ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ВІЙСЬКОВО-МЕДИЧНИЙ КЛІНІЧНИЙ ЦЕНТР
«ГОЛОВНИЙ ВІЙСЬКОВИЙ КЛІНІЧНИЙ ГОСПІТАЛЬ»
УКРАЇНСЬКА ВІЙСЬКОВО-МЕДИЧНА АКАДЕМІЯ
ВІЙСЬКОВО-МЕДИЧНИЙ ЛІКУВАЛЬНО-РЕАБІЛІТАЦІЙНИЙ ЦЕНТР
УКРАЇНСЬКА АСОЦІАЦІЯ МЕДИЦИНА СИЛ ОБОРОНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
«ІНСТИТУТ ТРАВМАТОЛОГІЇ ТА ОРТОПЕДІЇ НАМН УКРАЇНИ»

ІНФЕКЦІЙНІ УСКЛАДНЕННЯ БОЙОВОЇ ТРАВМИ КІНЦІВОК

Методичні рекомендації за
редакцією К.В. Гуменюка

Київ – 2025

Рекомендовано до видання вченою радою Української військово-медичної академії (протокол № 6 від 3.09.2025 року)

Рецензенти:

Грицай Микола Павлович – доктор медичних наук, професор, Заслужений лікар України, керівник відділу кістково-гнійної хірургії ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України»;

Трутяк Ігор Романович – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри травматології, ортопедії та воєнно-польової хірургії Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького.

Інфекційні ускладнення бойової травми кінцівок/[А.П. Казмірчук, К.В. Гуменюк, І.А. Лурін, О.С. Колісник, Р.В. Гибало, Ю.О. Ярмолюк, С.А. Сапа, С.О. Король, С.А. Цівина, О.В. Борзих, І.Т. Гайдаржи, Ю.В. Клапчук, Д.В. Лось, О.О. Фомін, А.М. Лакша, С.А. Асланян, О.А. Бур'янов, Г.Б. Колов, М.Л. Анкін, І.П. Палій, А.В. Василенко, М.А. Денисюк, Б.В. Матвійчук, В.О. Рогозинський, І.М. Руденко, О.Р. Романовський, Д.П. Сидорук, В.Ю. Шапков, М.С. Пасенко]; за ред. К.В. Гуменюка. Київ: 2025. Видавництво ТОВ «Майстер Книг». 50 с.

У методичних рекомендаціях висвітлені актуальність проблеми, сучасні принципи етіопатогенезу, діагностики, лікування та профілактики вогнепального остеомиєліту, як одного з тяжких ускладнень бойової травми кінцівок. Особливу увагу приділено хірургічній тактиці лікування, оскільки проблема інфекційних ускладнень має вагомий соціальний та економічний значення та є однією з основних причин незадовільних результатів лікування поранених з бойовою травмою кінцівок з великим відсотком інвалідизації та значною часткою ампутацій кінцівок. Надана інформація є необхідною для запобігання розвитку інфекційних ускладнень, які можуть призвести до загрози життю пораненого при несвоєчасному проведенні діагностики та лікування. Видання розраховано на військових лікарів-хірургів, травматологів-ортопедів, лікарів загальної практики, слухачів УВМА, інтернів, широкого кола спеціалістів охорони здоров'я.

© А.П. Казмірчук, К.В. Гуменюк, І.А.

Лурін, О.С. Колісник, Р.В. Гибало, Ю.О. Ярмолюк, С.А. Сапа, С.О. Король, С.А. Цівина, О.В. Борзих, І.Т. Гайдаржи, Ю.В. Клапчук, Д.В. Лось, О.О. Фомін, А.М. Лакша, С.А. Асланян, О.А. Бур'янов, Г.Б. Колов, М.Л. Анкін, І.П. Палій, А.В. Василенко, М.А. Денисюк, Б.В. Матвійчук, В.О. Рогозинський, І.М. Руденко, О.Р. Романовський, Д.П. Сидорук, В.Ю. Шапков, М.С. Пасенко, 2025.

АВТОРСЬКИЙ КОЛЕКТИВ

Казмірчук А.П. - командувач Медичних сил Збройних Сил України, доктор медичних наук, професор, Заслужений лікар України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, генералмайор медичної служби;

Гуменюк К.В. - головний хірург Збройних Сил України, кандидат медичних наук, доцент, Заслужений лікар України, лауреат Національної премії імені Бориса Патона, полковник медичної служби;

Лурін І.А. - віце президент НАМН України, доктор медичних наук, професор, академік НАМН України, Заслужений діяч науки і техніки, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, генерал-майор медичної служби;

Колісник О.С. - начальник НВМКЦ «ГВКГ», Заслужений лікар України, полковник медичної служби;

Гибало Р.В. - заступник начальника НВМКЦ «ГВКГ» - провідний хірург, кандидат медичних наук, доцент, Заслужений лікар України, полковник медичної служби;

Ярмолюк Ю.О. - головний травматолог Збройних Сил України, доктор медичних наук, Заслужений лікар України, полковник медичної служби;

Сапа С.А. - начальник відділення гнійної хірургії НВМКЦ «ГВКГ», кандидат медичних наук, полковник медичної служби;

Король С.О. - начальник кафедри військової хірургії Української військово-медичної академії, доктор медичних наук, професор, Заслужений лікар України, лауреат Національної премії імені Бориса Патона, полковник медичної служби;

Цівина С.А. - начальник відділення травматології НВМКЦ «ГВКГ», полковник медичної служби;

Борзих О.В. - доктор медичних наук, професор, Заслужений лікар України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки;

Гайдаржи І.Т. - начальник клініки ушкоджень ВМКЦ ПдР м. Одеса, кандидат медичних наук, Заслужений лікар України, полковник медичної служби;

Клапчук Ю.В. - начальник клініки ушкоджень ВМКЦ ПнР м. Харків, кандидат медичних наук, полковник медичної служби;

Лось Д.В. - начальник клініки ушкоджень ВМКЦ ЗхР м. Львів, доктор філософії, полковник медичної служби;

Фомін О.О. - начальник клініки ушкоджень ВМКЦ ЦР м. Вінниця, кандидат медичних наук, полковник медичної служби;

Лакша А.М. - заступник начальника Української військово-медичної академії з клінічної роботи, Заслужений діяч науки і техніки, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, доктор медичних наук, професор, полковник медичної служби;

Аслаян С.А. - професор кафедри військової хірургії Української військово-медичної академії, доктор медичних наук, Заслужений лікар України, лауреат Національної премії імені Бориса Патона;

Бур'янов О.А. - завідувач кафедри травматології та ортопедії НМУ імені О.О. Богомольця, доктор медичних наук, професор, лауреат Національної премії імені Бориса Патона;

Колов Г.Б. - завідувач відділу кістково-гнійної хірургії ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», Заслужений лікар України, доктор медичних наук;

Анкін М.Л. - завідувач кафедри травматології та ортопедії НУОЗ України імені П.Л. Шупика, доктор медичних наук, професор;

Палій І.П. - викладач кафедри військової хірургії Української військово-медичної академії, доктор філософії, майор медичної служби;

Василенко А.В. - доцент кафедри військової хірургії Української військово-медичної академії, кандидат медичних наук;

Денисюк М.А. - ад'юнкт кафедри військової хірургії Української військово-медичної академії, капітан медичної служби;

Матвійчук Б.В. - ординатор травматологічного відділення ВМКЛРЦ м. Ірпінь, капітан медичної служби;

Рогозинський В.О. - ординатор відділення травматології НВМКЦ «ГВКГ», кандидат медичних наук, майор медичної служби;

Руденко І.М. - старший ординатор відділення гнійної хірургії НВМКЦ «ГВКГ», підполковник медичної служби;

Сидорук Д.П. - старший ординатор відділення гнійної хірургії НВМКЦ «ГВКГ», підполковник медичної служби;

Романовський О.Р. - ординатор відділення гнійної хірургії НВМКЦ «ГВКГ», капітан медичної служби;

Шапков В.Ю. - ординатор відділення гнійної хірургії НВМКЦ «ГВКГ», майор медичної служби;

Пасенко М.С. - асистент кафедри травматології та ортопедії НМУ імені О.О. Богомольця.

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	8
АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ	9
ТЕРМІНОЛОГІЯ	10
ЕТИОПАТОГЕНЕЗ ВОГНЕПАЛЬНОГО ОСТЕОМІЄЛІТУ	11
КЛАСИФІКАЦІЯ.....	13
КЛІНІЧНА КАРТИНА ВОГНЕПАЛЬНОГО ОСТЕОМІЄЛІТУ	16
МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ	17
ХІРУРГІЧНА ТАКТИКА ЛІКУВАННЯ ВОГНЕПАЛЬНОГО ОСТЕОМІЄЛІТУ	20
АНТИБІОТИКОТЕРАПІЯ ТА АНТИБІОТИКОПРОФІЛАКТИКА..	40
ПРОФІЛАКТИКА	45
ВИСНОВКИ	47
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ НАУКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ	48

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

- CRP** – C-reactive protein – С-реактивний білок, лабораторний маркер запалення;
- ESBL** – Extended-Spectrum Beta-Lactamase – β-лактамази розширеного спектру, що продукують мультирезистентні ентеробактерії (*Klebsiella*, *E. coli*);
- FRI** – fracture-related infections – інфекція пов'язана з переломом;
- GN флора** – грамнегативна флора (*Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter* spp. та інші);
- MSSA** – Methicillin-Sensitive *Staphylococcus aureus* – метицилінчутливий золотистий стафілокок;
- MRSA** – Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* – метицилінрезистентний золотистий стафілокок;
- АЗФ** – апарат зовнішньої фіксації;
- КТ** – комп'ютерна томографія;
- КУО** – колонієутворюючі одиниці (кількість живих мікроорганізмів у дозі пробіотики);
- МРТ** – магнітно – резонансна томографія;
- ПХО** – первинна хірургічна обробка.

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ

Проблема лікування вогнепального остеомієліту довгих кісток на сьогодні є надзвичайно актуальною та обумовлена збільшенням кількості вогнепальних поранень у зонах воєнних конфліктів, терористичних атак та побутових інцидентів. За даними Sharma et al. (2021), ризик розвитку остеомієліту після відкритих чи вогнепальних переломів довгих кісток сягає 40-50%, а в умовах бойових дій може перевищувати 60%. У країнах із високим рівнем травматизму ця патологія призводить до тривалого лікування та втрати працездатності пацієнтів.

За статистичними даними українських лікарів, під час бойових дій значна частка санітарних втрат припадає на поранення кінцівок, які складають від 62 до 72% усіх випадків. Уламкові переломи становлять 35-41%, а у 79,3% поранених виявляли дефекти діафіза довжиною понад 3 см, при цьому у 30,6% ці дефекти перевищували 5 см. Особливо високою є частота гнійно-некротичних ускладнень при вогнепальних ушкодженнях передпліччя - вони виникають у 50-60% поранених, а у 38,2% випадків інфекційний процес переходить у хронічний остеомієліт. У середньому ампутація кінцівок проводиться у 11,8% поранених з тяжкими вогнепальними травмами. Інфікування відкритих переломів під час воєнних дій в Україні досягає 30-40%, що значно перевищує аналогічні показники у мирний час. Ці факти підкреслюють масштабність проблеми та нагальну потребу у вдосконаленні сучасних підходів до лікування вогнепального остеомієліту довгих кісток.

Суттєву роль відіграє зміна мікробіологічного профілю збудників. *Staphylococcus aureus* (включаючи MRSA), *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Klebsiella pneumoniae* та інші резистентні бактерії значно ускладнюють перебіг захворювання. Виникнення біоплівки на поверхні секвестрів та імплантів знижує ефективність системної антибіотикотерапії та потребує застосування місцевих антимікробних методів (Masters et al., 2022; Chan et al., 2019).

Крім того, Managing Fracture-Related Infection (2023) підкреслює важливість мультидисциплінарного підходу, який включає хірургів-ортопедів, інфекціоністів, мікробіологів та реабілітологів. Такий підхід дозволяє виробити оптимальну тактику лікування даної категорії пацієнтів з їх подальшою реабілітацією, відновленням та поверненням до повноцінного життя.

Крім медичних аспектів, вогнепальний остеомієліт має вагоме соціальне та економічне значення. Лікування таких пацієнтів є тривалим і дорогим, часто потребує багаторазових хірургічних втручань, а у 10-15% випадків завершується ампутацією кінцівок, що призводить до інвалідизації та зниження якості життя (Jorge et al., 2023; Trampuz & Zimmerli, 2021).

ТЕРМІНОЛОГІЯ

Остеомієліт – це тяжке інфекційно-запальне захворювання, яке уражає кісткову тканину та кістковий мозок, спричиняючи некротичні зміни, утворення гнійно-некротичних осередків та секвестрів. Особливо небезпечним є **вогнепальний остеомієліт**, який виникає внаслідок проникнення патогенних мікроорганізмів у глибокі шари кістки при пораненнях. Контамінація рани землею, уламками та сторонніми тілами значно підвищує ризик розвитку інфекційного процесу (Blyth et al., 2015). Сучасні дослідження підкреслюють роль біоплівки, яка формується на поверхні нежиттєздатних тканин та імплантів, і ускладнює лікування через знижену чутливість мікроорганізмів до антибіотиків (Chan et al., 2019).

Наразі традиційний поділ на гострий та хронічний остеомієліт розглядається як умовний, оскільки клінічна картина часто залежить не від часу перебігу, а від наявності нежиттєздатної кісткової тканини та біоплівки. Незважаючи на це, в клінічній практиці використовують наступні визначення:

1. **Гострий остеомієліт** (до 2-4 тижнів): характеризується яскраво вираженими місцевими та загальними симптомами (біль, набряк, гіперемія, гнійні виділення, лихоманка, без сформованих секвестрів).

2. **Підгострий остеомієліт** (4-8 тижнів), можливе утворення обмежених секвестрів;

3. **Хронічний остеомієліт** (понад 8 тижнів), який проявляється утворенням секвестрів, нориць, періодичними рецидивами та формуванням стійких інфекційних вогнищ. (Calhoun & Manning, 2021). У хронічному процесі також розрізняють:

- **активний варіант** - з явними клінічними ознаками інфекції (наявність нориць, виділення гнійного характеру, рентгенологічно - секвестри, остеосклероз);
- **неактивний варіант** - без симптомів запалення, але з морфологічними змінами.

Етіопатогенез вогнепального остеомієліту

Вогнепальний остеомієліт довгих кісток - це гнійно-некротичний інфекційний процес у кістковій тканині, який виникає внаслідок прямого травматичного ушкодження із проникненням патогенної мікрофлори під час вогнепального поранення. Його етіопатогенез є багатофакторним і динамічним процесом, який формується на тлі поєднання механічного руйнування тканин, інфекційного навантаження, ішемії та порушень імунного гомеостазу.

1. Первинне механічне ушкодження.

Початковий етап розвитку остеомієліту асоціюється з високою кінетичною енергією снаряду або кулі, яка спричиняє руйнування м'яких тканин, окістя, кортикальної та губчастої речовини кістки. Супутні гідродинамічні ефекти формують зону вторинного некрозу, а наявність сторонніх тіл (уламки одягу, взуття, металу, кістки) створює умови для персистенції інфекції.

2. Бактеріальне контамінування та мікробіологічна агресія.

У зону поранення проникає мікрофлора з навколишнього середовища, шкіри, одягу, зброї, ґрунту та повітря. Найчастіше ізольованими збудниками є *Staphylococcus aureus* (у т.ч. MRSA), *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter* spp., анаеробна флора, а також полімікробні асоціації. Умови для розвитку інфекції посилюються через обмежений кровообіг у ділянці ураження, що унеможливає ефективну імунну відповідь та доставку антибіотиків.

3. Порушення мікроциркуляції та ішемія.

Посттравматичне пошкодження судинного русла, гіпоксія, тромбоз дрібних судин і компресія екссудатом призводять до ішемії тканин. Окістя, яке є джерелом кровопостачання кістки, страждає внаслідок підвищення тиску в кістково-фасціальному футлярі. Це сприяє посиленню ішемії тканин та призводить до некрозу кісткової тканини, який, у свою чергу, є сприятливим середовищем для життєдіяльності мікроорганізмів.

4. Запальна відповідь та формування секвестрів.

Реакція імунної системи призводить до інфільтрації ушкодженої ділянки нейтрофілами, макрофагами, лімфоцитами. Утворення гною, секвестрів (фрагментів некротизованої кістки) та гнійних порожнин знижує ефективність антибактеріального захисту. В умовах хронічного перебігу спостерігається активація остеокластичної резорбції та склерозування навколишньої тканини.

5. Формування нориць і перехід в хронічну форму.

У разі неадекватного або запізненого лікування гострий процес трансформується у хронічний остеомиєліт з формуванням норицевих ходів, кісткових порожнин, фіброзних змін та рубцево-дистрофічних ходів процесів. При декомпенсації інфекційного процесу та його процесів. При генералізації (потрапляння в системний кровотік) виникає загроза поширення інфекції - сепсису, що може системного супроводжуватися функціональною втратою кінцівки.

6. Особливості імунопатогенезу:

- у гострій фазі переважає активація вродженого імунітету, надмірна продукція прозапальних цитокінів (IL-1, IL-6, TNF- α);
- формування біоплівки на поверхні імплантів або кісткових уламків знижує ефективність антибіотикотерапії;
- у хронічному перебігу знижується активність Т-клітинної відповіді, зростає роль макрофагів M₂-фенотипу, що підтримують стан латентного запалення.

7. Фактори, що сприяють розвитку вогнепального остеомиєліту:

- висока контамінація рани (>10⁵ К У О / м л) ;
- затримка з первинною хірургічною обробкою (>6 год);
- порушення антисептичного режиму;
- порушення кровотрату і травматичний шок;
- масивна крововтрата і травматичний шок;
- наявність сторонніх тіл;
- наявність стани (цукровий діабет, ВІЛ, імуносупресія) (рис.1).
- імунодефіцитні стани

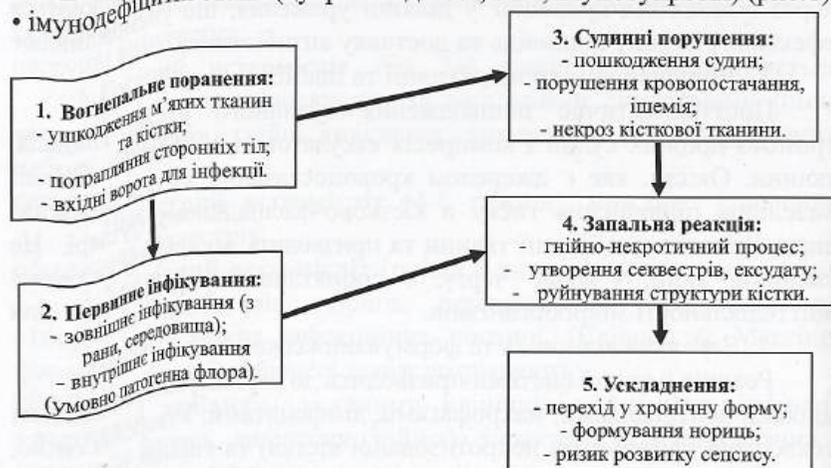


Рисунок 1 - Схема етіопатогенезу вогнепального остеомиєліту довгих кісток

КЛАСИФІКАЦІЯ

Класифікація відкритих переломів (Gustilo–Anderson):

Ця система класифікації використовується для оцінки тяжкості відкритих переломів та прогнозування ризику розвитку інфекцій (Gustilo & Anderson, 2016):

- **I ступінь** - невелика рана до 1 см із мінімальним ушкодженням м'яких тканин;
- **II ступінь** - рана від 1 до 10 см, помірне ушкодження м'яких тканин;
- **III ступінь** - тяжкі ушкодження:
- **IIIА** - великі ушкодження, але можливе первинне закриття;
- **IIIВ** - значні дефекти тканин, що потребують пластичних операцій;
- **IIIС** - супутні ушкодження магістральних судин або нервів.

Класифікація остеомиєліту (Cierny–Mader):

Ця класифікація враховує анатомічне розташування інфекції та загальний стан пацієнта (Cierny & Mader, 2020):

Типи ураження кістки:

- **Тип 1 (медулярний)** - інфекція локалізована у кістковому мозку;
- **Тип 2 (поверхневий)** - ураження зовнішніх шарів кістки;
- **Тип 3 (локалізований)** - обмежене ураження без втрати стабільності;
- **Тип 4 (дифузний)** - поширене ураження кістки зі зниженням її стабільності (рис. 2).

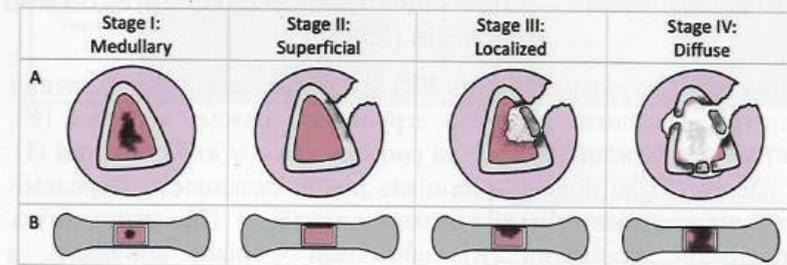


Рисунок 2 - Класифікація остеомиєліту (Cierny-Mader)

Класи «господаря» (урахування загального стану пацієнта) у класифікації Cierny-Mader відображають загальний стан організму пацієнта, що безпосередньо впливає на перебіг захворювання та вибір лікувальної тактики. Це поняття введене для того, щоб оцінити

здатність пацієнта протистояти інфекційному процесу та витримати інтенсивне лікування. Виділяють такі категорії:

- **Клас А** - пацієнти без будь-яких факторів ризику. Організм знаходиться у задовільному стані, імунна система функціонує повноцінно, що створює оптимальні умови для успішного лікування;
- **Клас В** - пацієнти з наявністю факторів ризику, які можуть ускладнювати перебіг хвороби та процес загоєння:
 - *B1 (локальні фактори)* - порушення кровопостачання у ділянці ураження, рубцево-змінені тканини, післяопераційні дефекти, що обмежують регенеративні можливості;
 - *Bs (системні фактори)* - супутні захворювання (наприклад, цукровий діабет, ниркова недостатність, імунодефіцитні стани), шкідливі звички (куріння, алкоголізм), які знижують опірність організму до інфекцій;
 - *Bls (поєднані фактори)* - комбінація місцевих і системних факторів ризику;
- **Клас С** - пацієнти, для яких інтенсивне лікування є надмірно ризикованим або може призвести до серйозних ускладнень, що перевищують очікувану користь. До цієї категорії відносять осіб із тяжкими супутніми хворобами або у термінальних стадіях патологій. Таким чином, ця класифікація дозволяє індивідуалізувати підхід до лікування остеомієліту та обрати оптимальну стратегію залежно від ресурсів організму та тяжкості стану пацієнта (Cierny & Mader, 2020).

The FRI classification – A new classification of fracture-related infections (2024)

Міжнародна група експертів FRI у класифікації FRI визначили три основні елементи, які було згруповано разом: *перелом (F)*, *супутні фактори пацієнта (R)* та *ушкодження м'яких тканин (I)*. Кожен елемент було поділено на п'ять рівнів складності. Переломи можуть бути загоєними (F₁) або незагоєними (F₂₋₅). Пацієнти можуть бути повністю здоровими (R₁) або мати 4 рівні порушень, з ушкодженням органів-мішеней та без нього (R₂₋₅). Стан м'яких тканин варіюється від добре васкуляризованих та таких, що легко закриваються (I₁) до значних дефектів шкіри, що потребують вільних клаптів (I₄). У всіх трьох елементах п'ятий рівень (F₅, R₅ або I₅) описує пацієнта з нереконструйованою кісткою, такими ж м'якими тканинами або непридатного для операції.

Класифікація призначена для керівництва процесом прийняття рішень та покращення якості наукової звітності щодо FRI у майбутньому. Запропонована класифікація базується на думці експертів, тому важливим наступним кроком є клінічна валідація для досягнення кінцевої мети покращення результатів лікування FRI.

Нова класифікація має п'ять стадій; починаючи з простих випадків інфікованих загоєних переломів у здорових людей з хорошими м'якими тканинами (стадія 1), а також переломів зі змінним потенціалом до зрощення (стадії 2, 3 або 4) до стадії 5 без збереження кінцівки або після реконструктивної операції. Наприклад, потреба у вільному клапті (I₄) над добре загоєним переломом (F₁) у пацієнта із 2 супутніми захворюваннями (R₂) дає по класифікації F₁R₂I₄ (рис. 3).

Stage	1	2	3	4	5
Fracture F	Fracture Healed	Fracture Not Healed Good bone healing potential	Fracture Not Healed Poor bone healing potential	Fracture Not Healed Major segmental bone defect	Fracture Not Healed Bone Reconstruction Not Possible
Relevant Patient Factors* R	Fit for Surgery	1 or 2 systemic comorbidities, without end-organ damage	3 or more systemic comorbidities without end-organ damage	Systemic comorbidity with end-organ damage	Unfit for Surgery or Deceased Treatment
Impairment of Soft Tissues I	Robust Direct Wound Closure Possible	Direct Wound closure possible but cover of bone and/or implant is fragile	Soft Tissue Reconstruction is required with local tissue transfer	Soft Tissue Reconstruction is required with free tissue transfer	Soft Tissue Reconstruction Not Possible

Volker Alt, Martin McNally, Marjan Wou
thuyzeBakker, WillemJan Metsemakers,
Leonard Marais, Charalampos Zalavras,
Mario Morgenster

Рисунок 3 - The FRI classification – A new classification of fracture-related infections (2024)

КЛІНІЧНА КАРТИНА ВОГНЕПАЛЬНОГО ОСТЕОМІЄЛІТУ

1. Загальні (системні) симптоми:

- гіпертермія (лихоманка): температура тіла підвищується до 3840 °С, іноді з гектичним характером;
- озноб, пітливість;
- загальна слабкість, втрата апетиту;
- тахікардія, іноді артеріальна гіпотензія при тяжкому перебігу.

2. Місцеві симптоми (локальні прояви):

- а) Гострий вогнепальний остеомієліт:
 - інтенсивний біль у зоні ураженої кістки - посилюється при навантаженні, пальпації, русі;
 - набряк і гіперемія м'яких тканин над ураженою ділянкою; – гіпертермія шкіри, іноді з флуктуацією - утворення гнійників;
- б) Підгострий перебіг:
 - поступове зменшення вираженості загальних симптомів;
 - збереження болю, помірна набряклість, рецидиви температури; – може утворюватися нориця - канал, через який відбувається відтік гною;
- в) Хронічний вогнепальний остеомієліт:
 - наявність хронічного норицевого ходу з періодичним виділенням гнійного ексудату;
 - тупий, ниючий біль у ділянці ураження; – обмеження функції кінцівки.

3. Ускладнення:

- хронізація процесу, формування остеосеквестрів;
- септичний стан;
- формування множинних нориць;
- втрата функції кінцівки;

Клінічна картина вогнепального остеомієліту є поліформною та залежить від багатьох чинників. Вона поєднує інфекційно-токсичні, локальні запальні, некротичні й відновно-регенеративні прояви. Своєчасна діагностика має вирішальне значення для запобігання хронізації процесу та збереження функції ураженої кінцівки.

МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ВОГНЕПАЛЬНОГО ОСТЕОМІЄЛІТУ ДОВГИХ КІСТОК

Незважаючи на значний прогрес у розвитку візуалізаційних та лабораторних методів, діагностика вогнепального остеомієліту є складною через неспецифічність клінічних проявів на початку захворювання, індивідуальних особливостях даної категорії пацієнтів. На сьогодні застосовуються різноманітні клінічні, лабораторні та інструментальні методи виявлення запального процесу у кістковій тканині, проте питання їхньої діагностичної чутливості й специфічності залишається предметом обговорення.

Основні методами діагностики вогнепального остеомієліту:

1. Лабораторні дослідження, які включають:

- загальний аналіз крові (лейкоцитоз, підвищення ШОЕ, високий рівень CRP, прокальцитонін);
- біохімічні показники крові для оцінки загального стану організму; • мікробіологічне дослідження виділень з рани, нориці для виділення збудника та визначення його чутливості до антибіотиків;
- патоморфологічне дослідження кісткових секвестрів (підтвердження діагнозу при сумнівних випадках, дозволяє диференціювати остеомієліт від пухлинного ураження чи специфічного процесу);

2. Інструментальні методи, серед яких провідними є стандартна рентгенографія в 2-ох проекціях; фістулографія; комп'ютерна томографія (КТ), магнітно-резонансна томографія (МРТ), що дозволяють визначити локалізацію ураження, наявність секвестрів, норицевих ходів, ступінь ураження м'яких тканин. Для уточнення активності запального процесу може застосовуватися скінтіграфія.

Рентгенологічна діагностика

Рентгенографія – це рутинний, базовий, доступний і обов'язковий метод діагностики вогнепального остеомієліту. Дозволяє оцінити стан кісткової тканини, підтвердити наявність ураження кісткової тканини, оцінити локалізацію та поширення патологічного процесу, виявити ускладнення (нориці, секвестри), визначити обсяг операційного втручання, контролювати ефективність лікування в динаміці, дає змогу оцінити стабільність кісткових уламків, виявити наявність металевих уламків чи сторонніх тіл, які підтримують інфекцію.

Типові рентгенологічні стадії та ознаки:

1. Рання стадія (1-2 тижні від початку захворювання):

- зміни можуть бути відсутніми або малопомітними;
- перші ознаки з'являються на 10-14 добу від початку інфекційного процесу, можлива поява незначного розмиття структури губчастої речовини кістки, набряк м'яких тканин (непрямий симптом);

2. Стадія остеолізу (2-4 тижні), з'являються характерні рентгенологічні ознаки:

- вогнища остеолізу (вогнища деструкції кісткової тканини);
- періостальна реакція (нашарування кісткової тканини навколо зони ураження);
- деструкція компактної пластинки;
- формування секвестрів (ділянки некротизованої кісткової тканини, які виглядають як щільні включення на фоні остеолізу);

3. Хронічний остеомиєліт (понад 6-8 тижнів):

- чітко окреслені секвестри;
- формування секвестральної порожнини;
- остеосклероз (ущільнення і потовщення кісткової тканини по периферії);
- формування норицевих ходів.

Комп'ютерна томографія (КТ) є високоточним, одним із провідних сучасних методів діагностики остеомиєліту, що дозволяє детально оцінити структуру кісткової тканини при вогнепальному остеомиєліті. КТ має високу роздільну здатність і дозволяє отримати пошарові зображення з точною візуалізацією навіть дрібних дефектів, секвестрів, норицевих ходів, має високу чутливість на ранніх етапах захворювання. Комп'ютерну томографію застосовують при сумнівних даних рентгенографії; для деталізації структури ураженої кістки та визначення розмірів секвестрів; для оцінки внутрішньокісткових нориць та порожнин; для планування обсягу операційного втручання (некрсеквестрэктомії, остеотомії); для контролю зрощення, формування регенератів після остеотомії.

Основні КТ-ознаки вогнепального остеомиєліту довгих кісток:

1. Остеоліз (вогнища кісткової деструкції):

- гіподенсивні ділянки - свідчать про розплавлення кісткової тканини; • вогнища мають нерівні контури, часто без чіткої межі між здоровою та ураженою тканиною.

2. Періостальна реакція:

- наявність періостального нашарування (новоутвореної кісткової тканини під окістям);

- може бути ламінарною (шаруватою), компактною або «сонячною» при агресивному перебігу.

3. Секвестри:

- щільні (гіперденсні) включення на фоні остеолізу - мертві фрагменти кістки;
- добре візуалізуються на КТ завдяки високій контрастності мінералізованих тканин.

4. Нориці, абсцеси, газ у тканинах:

- видимі норицеві ходи (особливо при хронічному остеомиєліті);
- можлива наявність рідинних утворень (гній) або повітря в зоні ураження - ознака інфекції.

5. Зміни навколишніх м'яких тканин:

- ознаки набряку, флегмони або абсцесу;
- обмеженість та ущільнення параосальних структур.

Магнітно-резонансна томографія (МРТ) вважається «золотим стандартом» ранньої діагностики остеомиєліту, особливо у випадках вогнепальних ушкоджень довгих кісток (стегнової, великогомілкової, плечової). На відміну від рентгенографії та КТ, МРТ дозволяє оцінити не тільки структуру кісткової тканини, а й стан кісткового мозку та прилеглих м'яких тканин, що є принципово важливим для раннього виявлення запального процесу.

МРТ-ознаки остеомиєліту довгих кісток:

1. Початкові стадії остеомиєліту:

- гіперінтенсивний сигнал у кістковому мозку на T₂- та STIR зображеннях (ознака набряку, інфільтрації);
- гіпоінтенсивний сигнал на T₁-зображеннях;
- потовщення та підвищена сигналізація у періостальній зоні (ознака периоститу);
- абсцеси у м'яких тканинах біля ураженої кістки.

2. Хронічний остеомиєліт:

- зони склерифікації (гіпоінтенсивні на T₁ і T₂);
- секвестри - як ділянки низької інтенсивності сигналу;
- нориці, внутрішньокісткові порожнини, норицеві ходи.

Фістулографія - це рентгенологічний метод дослідження, який використовується для оцінки напрямку, протяжності та особливостей внутрішньої будови патологічного ходу (нориці). Метод полягає у введенні контрастної речовини у норицевий хід з подальшим рентгенологічним знімком.

При вогнепальному остеомієліті довгих кісток (наприклад, стегнової, великогомілкової або плечової) часто формуються хронічні гнійні нориці, через які відбувається відтік гною з кісткової порожнини назовні.

Діагностичне значення:

- дає можливість оцінити справжні межі остеомієлітичного процесу;
- визначає необхідність і обсяг хірургічного лікування;
- допомагає уникнути рецидивів, оскільки дозволяє видалити всі уражені ділянки.

Фістулографія залишається важливим і доступним методом для точної діагностики хронічного вогнепального остеомієліту, особливо при складних і багатокамерних формах ураження довгих кісток.

ХІРУРГІЧНА ТАКТИКА ЛІКУВАННЯ ВОГНЕПАЛЬНОГО ОСТЕОМІЄЛІТУ

Беручи до уваги те, що ранева мікрофлора в переважній більшості випадків має полімікробний та полірезистентний характер, тому патогенетичний напрямок лікування (а саме: хірургічна обробка гнійного осередку), домінує над етіологічним (мікробним) фактором.

Виходячи з цього, в лікуванні інфекційних ускладнень бойових травм кінцівок, хірургічна складова лікування має визначальний характер. Вона в себе включає наступні елементи:

1. механічну санацію (інтраопераційну хірургічну обробку гнійного осередку);
2. фізичну санацію (етапна УЗ - кавітація);
3. хімічну санацію (пульс-лаваж з антисептиками, бажано з пронтосаном, який в порівнянні з іншими препаратами має широкий антимікробний спектр, що дозволяє зменшити кількість обробок) (рис. 4).

Хірургічна складова – основа лікування



1. Механічна санація (хірургічна обробка).
2. Фізична санація (УЗ - кавітація).
3. Хімічна санація (пульс-лаваж з антисептиками (пронтосан)).
4. Активне дренирування.
5. Фізіотерапевтичні методи.

Рисунок 4 – Основні елементи хірургічної складової лікування інфекційних ускладнень бойових травм кінцівок

Загальними принципами лікування вогнепального остеомієліту є: радикальна обробка рани (дебрідмент), системна та місцева антибіотикотерапія, фіксація уламків, реконструкція дефектів кістки та м'яких тканин, функціональне відновлення. Радикальна хірургічна обробка є ключовим методом зниження бактеріального навантаження в інфікованих тканинах і відіграє вирішальну роль у профілактиці рецидиву інфекції.

Промивання рани. Здійснюється фізіологічним розчином або антисептичними розчинами (наприклад, декасан, хлоргексидин) під низьким тиском, щоб уникнути дисемінації бактерій у здорові м'які тканини та кістку. Об'єм розчину залежить від ступеня ураження: 1-3 л - для невеликих ран, 4-8 л - для помірних, ≥ 9 л - для обширних і забруднених ран.

Дебрідмент включає наступні етапи:

- видалення некротичних нежиттєздатних ділянок кістки та м'яких тканин;
- висічення тканин із недостатньою перфузією;
- видалення сторонніх тіл (за наявності).

Для покращення якості дебрідменту рекомендовано використання ультразвукової кавітації з антисептиками.

Візуальні та тактильні ознаки нежиттєздатної кістки в рані (проте не існує об'єктивних методів інтраопераційного визначення ступеню життєздатності кістки):

- відсутність кровоточивості при обробці або висіченні - найважливіший хірургічний критерій нежиттєздатності;
- тм'яний, сірий, жовтуватий або чорний колір - на відміну від нормальної біло-рожевої або жовтувато-білої життєздатної кістки;
- відсутність блиску – нежиттєздатний кістковий фрагмент має матову поверхню, без нормального «перламутрового» вигляду;
- крихкість, ламкість - тканина легко ламається, шарує або відшаровується при маніпуляціях;
- наявність сірого/гнійного нальоту або сепарація від оточуючих тканин;
- відшарування окістя - відсутність зрощення з окістям - ознака поганого кровопостачання).

Кісткова резекція.

При ознаках некротизованої кістки резекція виконується осциляторною пилою або пилкою Джиглі перпендикулярно до вісі кістки до появи рівномірної точкової кровотечі, що свідчить про наявність життєздатної тканини. При значних резекціях можливе формування «мертвого простору», який потребує подальшого лікування з урахуванням обсягу втрати тканин.

Оцінка стабільності кістки.

Проводиться інтраопераційно після завершення санації. У разі часткових кіткових дефектів можливе застосування одностороннього зовнішнього фіксатора. При наявності обширного сегментарного дефекту (понад 5.0 см) доцільно розглядати варіант застосування багато площинних апаратів зовнішньої фіксації з метою забезпечення стабільної фіксації.

Вибір лікувальної тактики залежить від типу остеомієліта (відповідно до класифікації Cierny-Mader, 2020р.): медулярний (тип I), поверхневий (тип II), локалізований (тип III) і дифузний (тип IV) (табл. 1).

Таблиця 1

Принципи лікування остеомієліту залежно від його типу за класифікацією Cierny-Mader, 2020 р.

Тип остеомієліта	Терміни антибіотикотерапії	Хірургічне лікування
I. Медулярний	4-6 тижнів	видалення ІМ стержня (при наявності), санація каналу, постанова ІМ спейсера, АЗФ при нестабільності
II. Поверхневий	4 тижні	санація, дебридмент, видалення некротичних тканин
III. Локалізований	6 тижнів або більше	санація, агресивний дебридмент, при кістковому дефекті - блокоподібний спейсер, АЗФ, Маскулет
IV. Дифузний	більше 6 тижнів	багатоетапне лікування: радикальна резекція кістки, деконтамінація, АЗФ, спейсери, реконструкція (Маскулет, кістковий транспорт, мікросудинна трансплантація)

При лікуванні медулярного остеомієліту (тип I) основною метою є декомпресія та санація кістково-мозкового каналу, де зосереджений інфекційний процес. При наявності інтрамедулярного стержня в кістково-мозковому каналі слід оцінити термін з моменту проведеної операції, ступінь зрощення кістки та загальний стан пацієнта. При терміні до 6 тижнів з моменту операційного втручання слід розглянути варіант використання концепції DAIR (Debridement, Antibiotics and Implant Retention): хірургічне очищення рани, видалення некротичних тканин, антибіотикотерапія (системна та місцева), збереження наявного імплантата. При термінах більше 6 тижнів з моменту появи початкових проявів інфекції - інтрамедулярний стержень (або пластину) слід видалити, провести санацію, дебридмент кістково-мозкового каналу. Для підвищення

ефективності локального антибактеріального впливу, попередження ускладнень після некректомії довгих кісток та при лікуванні імплантасоційованої інфекції після БІОС рекомендується використовувати **інтрамедулярні спейсери**, що дає змогу скоротити час хірургічного втручання, зменшити крововтрату, запобігти формуванню «залишкових порожнин», стабілізувати уламки кістки.

Особливо доцільна концепція із застосуванням інтрамедулярного спейсера, з подальшою заміною на занурений остеосинтез (блокованим інтрамедулярним стержнем) при лікуванні стегнової кістки.

Інтрамедулярний спейсер складається з каркаса, товщиною 5 мм, довжиною 400 мм, виготовлений із хірургічної сталі, інтраопераційно вкривається кістковим цементом. На дистальному кінці каркаса розміщена рухома «куля», яка дає можливість регулювати довжину спейсера. На проксимальній частині - металева петля яка призначена для монтажу та демонтажу спейсера. Сумарний діаметр спейсера має становити 8-10 мм (залежно від діаметра кісткового каналу).

Порядок дій для постановки інтрамедулярного спейсера:

Підготовка оперованого сегмента:

- демонтаж стрижневого апарата зовнішньої фіксації (АЗФ);
- видалення внутрішніх фіксаторів (стрижень, пластина, гвинти).

1. Обробка кістково-мозкового каналу:

- промивання каналу фізіологічним розчином або антисептиком (за можливості - за допомогою системи пульс-лаважу);
- римерування каналу: для спейсера діаметром 10 мм використовують ример діаметром 12 мм;
- вимірювання довжини кістково-мозкового каналу.

2. Формування металевого каркаса:

- моделювання каркаса за формою кістково-мозкового каналу (орієнтиром може бути стандартний інтрамедулярний стрижень для відповідної анатомічної ділянки);
- вибір довжини за допомогою рухомої металевої кулі; зайву різьбову частину видаляють кусачками.

3. Підготовка кісткового цементу:

- змішування цементу з антибіотиком;
- антибіотик висипається в чашу перед додаванням розчинника.

4. Формування спейсера:

- формування по силіконовій трубці:
 - для стегнової кістки - трубка Ø10 мм;
 - для великогомілкової - трубка Ø8 мм;

- після застигання цементу трубку знімають, краї спейсера згладжують рашпілем.

5. Встановлення спейсера:

- імплантація у кістково-мозковий канал.

При відсутності ознак консолидації перелома інтрамедулярний спейсер потрібно доповнити стержневим АЗФ для досягнення повноцінної стабільності.

Після успішного загоєння післяопераційних ран, відсутності клініко-лабораторних ознак інфекції, стабілізації загального стану пацієнта слід **замінити інтрамедулярний спейсер на металевий блокований стрижень** в терміні 2-3 місяці після його постановки, що дасть змогу підвищити стабільності кісткових уламків, сприяє прискоренню зрощення та покращує функціональні результати кінцівки.

Як альтернативу інтрамедулярному спейсеру можна використовувати тимчасовий блокований (або неблокований) інтрамедулярний стрижень, вкритий цементною антибактеріальною мантією. Наводимо клінічний приклад використання інтрамедулярного спейсера (рис. 5, 6, 7):



Рисунок 5 - Інтраопераційно виготовлений інтрамедулярний цементний антибактеріальний спейсер



Рисунок 6 - Імплантований в інтрамедулярний канал великогомілкової кістки цементний спейсер з додатковою фіксацією АЗФ



Рисунок 7 - Комбіноване застосування інтрамедулярного спейсеру, що імплантований в кістково-мозковий канал великогомілкової кістки з блокоподібним спейсером який імплантований в кістковий дефект та з додатковою фіксацією АЗФ

II. Поверхневий остеомієліт (тип II) уражає поверхневий шар кістки (кортикальну пластинку). Основними принципами лікування цього типу остеомієліту є: повне видалення інфікованих та некротичних тканин, очищення (кюретаж) кісткової поверхні до життєздатної (кровоточивої тканини), відтерміноване закриття рани за принципами реконструктивної драбини (можливе використання шкірно-м'язових клаптів).

Вибір реконструкції м'яких тканин залежить від багатьох параметрів. Місцеві м'язові клапті корисні в проксимальному відділі великогомілкової кістки та дистальному відділі стегнової кістки, але нижня третина великогомілкової кістки потребує пластики вільним клаптем.

У разі потреби в тривалому лікуванні ранового процесу можливе застосування терапії негативним тиском (NPWT) як тимчасового методу закриття м'якотканинного дефекту. Оптимальна тривалість першого сеансу становить до 48 годин, другого та кожного наступного - до 72 годин. Інтервали між замінами пов'язок повинні становити від 2 до 4 діб, залежно від клінічного стану рани.

Кожна хірургічна обробка має супроводжуватися контрольованим дебрідментом і ретельною санацією ранової поверхні для зменшення мікробного навантаження.

Слід враховувати, що тривале використання NPWT може сприяти колонізації антибіотикорезистентною мікрофлорою та підвищенню ризику розвитку нозокоміальної інфекції, тому терапія повинна проводитися за чіткими клінічними показаннями з регулярним мікробіологічним моніторингом.

При інфекції навколо стрижня АЗФ - стрижень необхідно видалити, рану промити розчинами антисептиків, зробити кюретаж кісткового тунелю ложкою Фолькмана.

III. Особливістю локалізованого остеомієліта (тип III) є обмежене ураження кістки. Принципами лікування є: санація, агресивний дебрідмент (повне видалення некротизованих ділянок кістки і м'яких тканин, включаючи секвестри та інфіковані імпланти), при порушенні стабільності сегмента - тимчасова фіксація стрижневим АЗФ, встановлення цементного спейсера з локальними антибіотиками.

Остаточна реконструкція проводиться після купірування інфекційного процесу.

При повних або неповних кісткових дефектах зазвичай використовуються цементні поліметилметакрилатні (PMMA) спейсери:

1. **Блокоподібний** - метод вибору завдяки можливості утворення навколо нього індукованої біологічної мембрани;

2. **У вигляді наміста** на нитці або дроті - при неповних дефектах та у епіметафізарних ділянках кістки. Спейсери слід встановлювати у міжуламковий діастаз після декількох хірургічних обробок та повного очищення рани. Блокоподібний спейсер формою та розмірами має бути аналогічний до діаметра прилеглої кістки, із заходженням цементу за краї кістки, вкритий м'якими тканинами за принципами реконструктивної драбини. За технологією Masquelet через 6-8 тижнів утворена навколо спейсера індукована мембрана розрізається, цементний спейсер видаляється, кістковий дефект заповнюється губчастим аутотрансплантатом (при потребі у комбінації з пластичними матеріалами). Мінімальна доза антибактеріального препарату в складі кісткового цементу має становити 5%, максимальна - 15% (в розрахунку на стандартну дозу кісткового цементу - 40 грам). Більша доза антибіотика призводить до зменшення механічних властивостей цементу. Антибактеріальні препарати мають бути термостійкими та водорозчинними, не вступати в реакцію з компонентами цементу та зберігати антибактеріальні властивості навіть в низьких концентраціях. Вибір антибактеріальних препаратів проводиться відповідно до даних бактеріологічного посіву ранового вмісту. Найбільш розповсюдженими антибіотиками, які використовуються у складі цементу є: гентаміцин, тобраміцин, ванкоміцин, амікацин, кліндаміцин, колістин, меропенем.

Технологія Masquelet, яку застосовують при заміщенні кісткових дефектів може використовуватися не лише у варіантах аутокістки чи інших комбінацій з алокісткою та ксеноматеріалами. Сучасні тенденції хірургічного лікування спонукають до нових рішень. Впровадження остеопластичного матеріалу - препарату алокістки імпрегрованої антибіотиками Ванкоміцином та Тобраміцином в різній терапевтичній концентрації дозволяє вирішити не лише питання заміщення кісткового дефекту, але і профілактики (рецидиву) можливих інфекційних ускладнень.

Антибіотики та антимікробні препарати, які слід застосовувати у складі спейсера відповідно до рекомендацій Creative Commons Attribution (CC BY) від 10.08.2024 р. наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Антибіотики та антимікробні препарати, які слід застосовувати у складі спейсера

Група	Препарат	Рекомендована доза в грамах (на 40 грам цементу)
1. Аміноглікозиди	Тобраміцин	1-4,8
	Гентаміцин	0,25-4,8
2. Бета-лактамі антибіотики		
2.1 Цефалоспорини	Цефазолін (I пок.)	1-2
	Цефуросим (II пок.)	1,5-2
	Цефтазидим (III пок.)	2
	Цефотаксим (IV пок.)	2
	Цефтаролін (V пок.)	2-4
2.2 Пеніциліни та комбінації	Пеніцилінтазобактам	4-8
	Тазобактам	0,5
2.3 Монобактами	Азтреонам	4
2.4 Карбапенеми	Меропенем	0,5-4
3. Фторхінолони	Ципрофлоксацин	0,2-3
4. Глікопептиди	Ванкоміцин	0,5-4
5. Лінкозаміди	Кліндаміцин	1-2
6. Макроліди	Еритроміцин	0,5-1
7. Поліміксини	Колістин	0,24
8. Оксазолідинони	Лінезолід	1,2
9. Ліпепептиди	Даптоміцин	2
10. Протигрибкові засоби	Амфотерицин	0,2
	Вориконазол	0,3-0,6
	Ітраконазол	0,25
	Флуконазол	0,2

Кістковий морфогенний білок є основною складовою даного матеріалу і має не лише остеокондуктивні, а власне і остеоіндуктивні властивості. Ця здатність є унікальною, що дає можливість запуснути

остеорепаративний процес навіть без застосування традиційно відомим ПРП чи ПРФ. Акцентуємо увагу на тому, що змішування імпрегнованої алокістки та аутокістки зменшує концентрацію відповідного антибіотика і в окремих випадках є недопустимим. Схема застосування Osteomіcina буде наведена нижче.

За методикою Masquelet повне навантаження на кінцівку та ходіння без додаткових засобів опори можливе в середньому через 8,5 місяців. Клінічний приклад (рис. 8, 9):



Рисунок 8 - Комбіноване застосування інтрамедулярного спейсера та блокоподібного з додатковою фіксацією АЗФ (утворення індукованої мембрани навколо спейсеру за технологією Masquelet)



Рисунок 9 - Заміна методу фіксації через 2,5 місяця на ретроградний БІОС з виконанням комбінованої ауто-алопластики кісткового дефекту с/3 лівої стегнової кістки

IV. Дифузний остеомієліт (тип IV) характеризується тотальним ураженням кістки - як кортикального шару, так і медулярного каналу, при цьому втрачається структурна цілісність, виникає нестабільність кісткових уламків та сегментарний кістковий дефект.

Основні принципи лікування: радикальний хірургічний дебрідмент, тимчасова стабілізація кісткових уламків, тривала антибіотикотерапія, реконструкція кістки та функціональне відновлення.

Дебрідмент має бути агресивним, супроводжуватись видаленням імплантів, секвестрів, нориць, сторонніх тіл, повним висіченням інфікованої та некротизованої кісткової тканини до життєздатної кістки, що може супроводжуватись утворенням великого кісткового дефекту. **Санації рани на початку лікування мають бути щоденними**, супроводжуватись тампонуванням з розчинами антисептиків до наступної обробки.

Важливим в лікуванні кісткової інфекції є забезпечення стабільності кісткових уламків апаратом зовнішньої фіксації (переважно кільцевий або модульний тип). За необхідності використовується інтрамедулярний антибактеріальний спейсер.

Антибіотикотерапія є важливим елементом лікування, має тривати не менше 6 тижнів.

Реконструкція кісткового дефекту критичного розміру в інфекційному процесі у кістках є складною процедурою і може потребувати багатьох складних операцій.

При малих кісткових дефектах (до 2 см) можливе вкорочення кінцівки методом компресії.

При дефектах до 5 см можливе використання методики Masquelet. Техніка формування індукованої мембрани з губчастим аутогранулятом за Masquelet (1986 р.) в даний час ефективно використовується для заміщення кісткових дефектів при лікуванні остеомієліту. При застосуванні техніки Masquelet можливість використання як зовнішньої, так і внутрішньої фіксації.

При кісткових дефектах понад 5 см заміщення кісткового дефекту здійснюється за методикою **компресійно-дистракційного послідовного остеосинтезу**.

Транспортування кістки з використанням дистракційного остеогенезу за Ілізаровим використовується у вигляді декількох методик:

1. **монолокальний компресійний остеосинтез** - після невеликої (до 2,0 см) сегментарної резекції співставлення фрагментів кістки (рис. 6);

2. **монолокальний дистракційний остеосинтез** - супроводжується дистракцією та подовженням кістки на рівні перелому (рис. 10);

3. **білокальний компресійно-дистракційний остеосинтез** - резекція та одномоментне співставлення фрагментів кістки, остеотомія в зоні інтактної кісткової тканини та збереженого кровообігу з метою дистракції і відновлення довжини кінцівки (рис. 11);

4. **білокальний послідовний дистракційно-компресійний остеосинтез** - відрізняється від попереднього варіанта відсутністю одномоментного співставлення фрагментів кістки з вкороченням кінцівки, а сегментарний дефект кістки замщується в процесі переміщення невеликого кісткового фрагменту (рис. 12).

Для лікування дефектів великогомілкової кістки рекомендується використовувати циркулярний фіксатор Ілізарова, для стегнової та плечової - одноплосинний латеральний.

Остеотомію слід виконувати у метафізарній ділянці кістки за допомогою сверла та гострого долота або, як альтернатива, пилки Джиглі.

Методика Ілізарова має більшу ефективність при довжині кісткового дефекту менше 12 см, тоді як перенесення вільної васкуляризованої малогомілкової кістки є більше ефективним при довжині дефекту плечової кістки 12 см і більше.



Рисунок 10 - Монолокальний компресійний остеосинтез після некрсеквестрэктомії з резекцією 2.0 см правої великогомілкової кістки

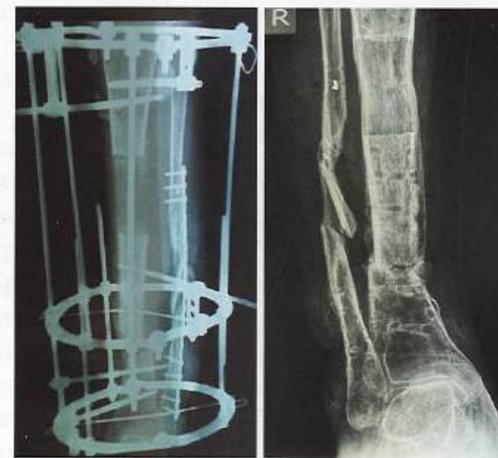


Рисунок 11 - Монолокальний дистракційний остеосинтез при вираженому дефекті правої великогомілкової кістки після вогнепального остеомієліта



Рисунок 12 - Білокальний компресійно-дистракційний остеосинтез при вогнепальному переломі 1/3 лівої стегнової кістки ускладненого вогнепальним остеомієлітом з абсолютним вкороченням лівої нижньої кінцівки до 8.0 см



Рисунок 13 - Білокальний послідовний distraкційно-компресійний остеосинтез при вогнепальному остеомієліті стегнової кістки з дефектом кісткової тканини

Використання васкуляризованої малогомілкової кістки - це загальноприйнята хірургічна методика, яка застосовується для відновлення великих (розміром >10 см) кісткових дефектів переважно верхньої кінцівки. Проте методика є технічно складною і вимагає спеціальних навичок. Було розроблено три варіанти використання: один васкуляризований трансплантат малогомілкової кістки, двоствольна техніка та комбінація із алотрансплантатом (техніка Сарана).

При заборі малогомілкової кістки методом вибору є центральна її частина, так як дистальні її 5 см забезпечує стабільність гомілковостопного суглобу, а проксимальні 2 см потрібно залишати для захисту малогомілкового нерва. У дорослого пацієнта є можливість отримати трансплантат 25-26 см.

Класичний одиночний васкуляризований трансплантат через невідповідність поперечного перерізу має підвищені ризики до перелому, особливо при використанні на нижніх кінцівках. Для профілактики цього ускладнення розроблена двоствольна техніка та техніка Сарана. Завдяки доброму кровопостачанню є можливість поперечної остеотомії фібулярного трансплантата для отримання двох частин, що дає можливість подвоїти площу поперечного перерізу. В такому випадку довжина кісткового дефекта має бути не більше 13 см.

Методика за Сарана полягає у поєднанні васкуляризованого трансплантата малогомілкової кістки із алотрансплантатом. Найбільш прийнятним є розміщення малогомілкового трансплантата в інтрамедулярному каналі кістки, що забезпечує тісний контакт між кістками. Крім того методика може бути використана екстремедулярно.

Проте, використання вільного васкуляризованого трансплантата має ряд недоліків, а саме: потреба мікрохірургічної техніки та складність виконання, тривала іммобілізація, той факт, що для досягнення нормальних розмірів і щільності потрібно до 3 років. Тому рекомендовано застосовувати цю техніку для заміщення кісткових дефектів виключно верхньої кінцівки.

При неефективності відновлення значних кісткових дефектів із хірургічною інфекцією, **ознаках розвитку сепсису та станах, що загрожують життю пацієнта** або при відмові пораненого від подальшого тривалого лікування **ампутація залишається єдиним варіантом**. Ампутацію слід розглядати як варіант лікування, а не як неможливість запропонувати реконструкцію.

Ампутація може призвести до кращого функціонального результату, ніж погано врятована кінцівка. Для прийняття рішення щодо ампутації скликається хірургічний консилиум у складі провідних фахівців та начальників відділень хірургічного профілю, травматолога, судинного хірурга, лікуючого лікаря. Рішення приймається голосуванням, консилиум документується.

Функціональні результати серед пацієнтів суттєво не відрізняються між реконструкцією нижньої кінцівки та ранньою первинною ампутацією, виконаною нижче рівня колінного суглоба, що підкреслює необхідність оптимізації рішень, з метою уникнення непотрібних процедур реконструкції кінцівки та тривалого відстроченого шляху до ампутації.

Клінічні приклади лікування дифузного остеомієліта (рис. 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20):



Рисунок 14 - Неконсолідований вогнепальний перелом в/3 діяфізу лівої великогомілкової кістки, ускладнений вогнепальним остеомієлітом



Рисунок 15 - Некресекевстректомія з резекцією 2.0 см діяфізу лівої великогомілкової кістки з одномоментним вкороченням та компресією уламків з фіксацією в апараті Ілізарова



Рисунок 16 - Результат через 1 рік після операційного втручання



Рисунок 17 - Неконсолідований вогнепальний перелом в/3 діафізу лівої стегнової кістки, лікований БІОС, ускладнений вогнепальний остеомієлітом



Рисунок 18 - Некресефектострєктомія з резекцією 5.0 см. діафізу лівої стегнової кістки, видалення металоконострукції з імплантацією інтрамедулярного цементного спейсера, додатковою фіксацією АЗФ



Рисунок 19 - Видалення імпланту з адаптаційною резекцією уламків лівої стегнової кістки, відкритою репозицією, монтажем компресійно – дистракційного апарату стержневого типу з остеотомією н/3 діафізу лівої стегнової кістки



Рисунок 20 - Результат через 1 рік після операційного лікування

АНТИБІОТИКОТЕРАПІЯ ТА АНТИБІОТИПРОФІЛАКТИКА

Термінологія

Антибіотикопрофілактика – це короткострокове введення антибіотиків перед або під час хірургічного втручання з метою запобігання розвитку інфекційного процесу.

Антибіотикотерапія – це лікувальне застосування антибіотиків при вже сформованому інфекційному процесі. При остеомієліті терапія триває від 4 до 12 тижнів. Вона включає емпіричний етап, спрямований на найбільш імовірні збудники, та етіотропний – після отримання результатів бактеріологічного дослідження.

Загальні принципи

- Перед початком антибіотикотерапії необхідно отримати матеріал для бактеріологічного посіву (кісткова біопсія, гнійне виділення) – це дозволяє обрати найбільш ефективний препарат, відповідно до наказу МОЗ №1513.

- Емпірична терапія призначається з урахуванням найбільш ймовірних збудників (*Staphylococcus aureus*, *Enterobacteriaceae*, *Pseudomonas spp.*).

- Після отримання результатів посіву проводиться корекція антибіотикотерапії згідно з антибіотикограмою.

- Тривалість лікування: при гострому остеомієліті – 4-6 тижнів (мінімум 2 тижні внутрішньовенно з переходом на пероральні форми), при хронічному – 6-12 тижнів.

- При мультирезистентній флорі карбапенеми, цефтазидимавібактам, колістин або їх комбінації.

Антибіотикопрофілактика

Антибіотикопрофілактика проводиться для зниження ризику розвитку остеомієліту після операцій або бойових поранень. Вона має бути короткочасною, своєчасною та відповідати сучасним рекомендаціям.

Невогнепальний остеомієліт:

- перед плановими резекційними втручаннями та санацією осередків інфекції: цефазолін 2 г внутрішньовенно за 30-60 хв до розрізу; при алергії – кліндаміцин 600-900мг;
- продовження профілактики не більше 24 годин при «чистих» операціях;

- при високому ризику контамінації (відкриті переломи) – комбінація цефазоліну з гентаміцином протягом 48-72 год.

Вогнепальний остеомієліт:

- на догоспітальному етапі – раннє введення антибіотика протягом перших 3-6 год після поранення (Наказ МОЗ №1004);
- основні схеми: цефазолін 2 г внутрішньовенно або левофлоксацин 500 мг перорально; при високому ризику грамнегативної флори – піперацилін/тазобактам 4,5 г внутрішньовенно;
- тривалість профілактики – 24-72 години, далі за показаннями переходять на лікувальну антибіотикотерапію.

Таблиця 3

Антибіотикопрофілактика при остеомієліті

Ситуація	Препарат	Доза	Тривалість
Планова операція (резекція)	Цефазолін	2 г в/в за 30-60 хв до розрізу	1 доза, максимум 24 год
Відкриті переломи	Цефазолін + Гентаміцин	2 г + 5 мг/кг	до 72 год
Бойове поранення	Цефазолін / Левофлоксацин	2 г в/в / 500 мг per os	до 24 год
Високий ризик GN-флори	Піперацилін/тазобактам	4,5 г в/в кожні 8 год	до 72 год

Бактеріологічне дослідження при остеомієліті

Відповідно до рекомендацій IDSA (2019) та наказу МОЗ №1513 (2023), правильний забір матеріалу дозволяє обрати найбільш ефективну антибіотикотерапію та уникнути нераціонального застосування широкого спектру препаратів.

Під час операційного втручання забір виконується суворо асептично після розкриття вогнища інфекції. Найбільш інформативним є відбір кісткової тканини безпосередньо з осередку запалення, бажано із зони під секвестром або з центральної частини інфікованої ділянки. Додатково можуть братися зразки гною чи ексудату з глибини осередку.

Поверхневі мазки з рани, нориць або дренажів для посіву не використовуються, оскільки вони містять контаміновану мікрофлору

шкіри й не відображають справжнього спектра збудників остеомієліту.

Для достовірності необхідно відібрати три окремих зразки кісткової тканини, а при хронічних формах – п'ять. Кожен зразок поміщають у стерильний контейнер без фіксатора або в спеціальне транспортне середовище, маркують із зазначенням точного місця забору та доставляють до лабораторії, оптимально впродовж 2 годин. Якщо транспортування неможливе у цей термін, зразки зберігають при температурі +4°C не більше 24 годин.

Отримані посіви дозволяють провести етіотропну антибіотикотерапію та уникнути нераціонального використання препаратів широкого спектра. Повторні бактеріологічні дослідження виконують у разі відсутності клінічного ефекту або при рецидиві інфекції після основного лікування.

Якщо антибіотики вже призначені, для отримання достовірного результату рекомендується їх відміна на 48-72 години, якщо це дозволяє клінічний стан пацієнта.

Повторні бакпосіви виконуються у випадках відсутності клінічного ефекту, при підозрі на мультирезистентну флору або при рецидиві інфекції.

Так, у період між забором матеріалу під час операції та отриманням результатів бактеріологічного посіву (3-5 діб) пацієнт не може залишатися без лікування, тому застосовується емпірична антибіотикотерапія.

Це стандартна практика, яку підтверджують як міжнародні гайдлайни IDSA (2019), NATO CPG, так і наказ МОЗ №1513.

Чому потрібна емпірична терапія?

Після операції існує високий ризик розмноження залишкової мікрофлори та прогресування інфекції. Відмова від антибіотиків на цей період підвищує ризик сепсису та погіршення місцевого процесу.

Які антибіотики призначаються в цей період?

Емпірична терапія підбирається за ймовірним спектром збудників:

Для невогнепального остеомієліту (мирний час):

MSSA, MRSA → ванкоміцин 15 мг/кг кожні 12 год

Enterobacteriaceae → цефтріаксон 2 г раз на добу або цефепім 2 г кожні 12 год, комбінація: ванкоміцин + цефтріаксон.

Для вогнепального остеомієліту (бойова травма):

високий ризик мультирезистентної грамнегативної флори меропенем 2 г кожні 8 год + ванкоміцин 15 мг/кг кожні 12 год або

піперацилін/тазобактам 4,5 г кожні 8 год + даптоміцин 6 мг/кг (при MRSA)

Принцип: комбіноване покриття грамположитивної (MSSA/MRSA) і грамнегативної флори (включаючи Pseudomonas/Acinetobacter).

Що робити після отримання посівів?

Деескалація терапії → заміна на вузькоспектральний антибіотик відповідно до чутливості.

Якщо посіви негативні, а клініка стабільна → продовжують обрану схему 4-6 тижнів.

Згідно наказу МОЗ №1513: емпіричне призначення дозволене тільки до верифікації збудника, із наступною корекцією.

Як це виглядає на практиці?

Під час операційного лікування мінімум 3-5 зразків → відправка на бакпосів.

Відразу стартуємо емпіричну комбінацію: ванкоміцин + цефепім (або меропенем).

На 3-5 добу отримуємо посіви → або звужуємо спектр (наприклад, тільки цефазолін при MSSA), або коригуємо на активний антибіотик (цефтазидим-авібактам при ESBL).

Антибіотикотерапія

Антибіотикотерапія призначається при встановленому діагнозі остеомієліту з урахуванням збудника та чутливості. Початкова терапія є емпіричною, а після отримання результатів посіву переходять до етіотропної.

Невогнепальний остеомієліт:

- MSSA – цефазолін 2 г кожні 8 год або оксацилін 2 г кожні 4 год;
 - MRSA – ванкоміцин 15 мг/кг кожні 12 год або даптоміцин 6 мг/кг на добу;
 - Enterobacteriaceae – цефтріаксон 2 г кожні 24 год або фторхінолони.
- Тривалість лікування – 4-6 тижнів (мінімум 2 тижні внутрішньовенно з подальшим переходом на пероральні форми).

Вогнепальний остеомієліт:

- ESBL Klebsiella pneumoniae – цефтазидим-авібактам 2,5 г кожні 8 год.
- Acinetobacter baumannii – меропенем 2 г кожні 8 год + колістин.
- Pseudomonas aeruginosa – меропенем або піперацилін/тазобактам.

Тривалість лікування – не менше 6 тижнів внутрішньовенно з можливим подальшим переходом на пероральний прийом.

При остеомієліті тривалість антибіотикотерапії (4–6 чи 6–12 тижнів) визначається клінічними, лабораторними й мікробіологічними критеріями (табл. 4).

Таблиця 4

Антибіотикотерапія при остеомієліті

Збудник	Препарат 1-ї лінії	Альтернатива	Тривалість
MSSA	Цефазолін 2 г q8h**	Оксацилін 2 г q4h*	4–6 тижнів
MRSA	Ванкоміцин 15 мг/кг q12h***	Даптоміцин 6 мг/кг q24h****	6 тижнів
Enterobacteriaceae	Цефтріаксон 2 г q24h****	Фторхінолони: Левофлоксацин 500–750 мг q24h**** Ципрофлоксацин 400 мг в/в q12h*** або 500–750 мг per os q12h***	4–6 тижнів
ESBL Klebsiella	Цефтазидим-авібактам 2,5 г q8h**	Меропенем 1–2 г q8h**	6–12 тижнів
Acinetobacter baumannii	Меропенем 2 г q8h** + Колістин	Тайгециклін 100 мг навантажувально, потім 50 мг q12h***	6–12 тижнів

Примітки:

- *q4h – кожні 4 години (6 разів/добу);
- **q8h → 2 г внутрішньовенно три рази на добу (кожні 8 годин);
- ***q12h → кожні 12 годин (двічі на добу);
- ****q24h → раз на добу.

- Мінімальна тривалість - 4 тижні для гострого остеомієліту після радикальної санації осередку.
- Продовження до 6-12 тижнів необхідне, якщо:
 - є залишкові інфіковані тканини;
 - персистують клінічні ознаки інфекції (лихоманка, біль, набряк);
 - лабораторно зберігається запальний синдром:
 1. CRP > 15 мг/л після 2-3 тижнів лікування;

2. лейкоцитоз > 10×10⁹/л;

3. підвищений прокальцитонін > 0,5 нг/мл у тяжких випадках;

– повторні бакпосіви позитивні (виділяється той самий збудник або новий мультирезистентний штам).

Коли можна зупинити антибіотикотерапію:

- пацієнт клінічно стабільний, відсутня лихоманка й локальні ознаки запалення;
- CRP нормалізувався (<15 мг/л) і зберігається на нормальному рівні не менше 1-2 тижнів;
- немає даних за прогресування на контрольних візуалізаційних методах (рентген, КТ/МРТ).

Важливо: сучасні настанови рекомендують не продовжувати терапію «про всяк випадок» при стабільному клінічному стані, оскільки це підвищує ризик резистентності й не покращує результатів.

Таким чином, антибіотикопрофілактика після санації осередку остеомієліту повинна бути короткостроковою і обґрунтованою, а тривале призначення антибіотиків у так званому «імуносупресивному режимі» не має доведеної ефективності та не рекомендоване сучасними настановами (IDSA, 2019).

Грибкова інфекція

У випадках хронічного остеомієліту, особливо після багаторазових курсів антибіотиків, можлива грибкова суперінфекція (*Candida spp.*). У таких випадках рекомендовано каспофунгін 70 мг внутрішньовенно в перший день, далі 50 мг на добу протягом 6-12 тижнів, з подальшим переходом на флуконазол 400 мг перорально протягом 2-4 тижнів.

ПРОФІЛАКТИКА

Профілактика вогнепального остеомієліту - це сукупність заходів, спрямованих на запобігання розвитку інфекційного процесу у кістках після вогнепальних поранень. Через високу контамінованість (забруднення) ран, ризик інфікування при таких пораненнях дуже високий, тому профілактика є критично важливою - особливо в умовах бойових дій, надзвичайних ситуацій або при пораненнях цивільного населення.

I. Первинна профілактика :

1. Адекватна первинна хірургічна обробка вогнепальної рани:
 - ретельне висічення нежиттєздатних тканин (м'язів, окістя, видалення вільнолежачих кісткових уламків);
 - видалення сторонніх тіл (осколків, уламків, одягу, бруду);
 - рясне промивання рани антисептичними розчинами;
 - формування умов для відтоку ранового вмісту (дренування).

2. Своєчасна фіксація кісткових уламків:
 - застосування апаратів зовнішньої фіксації;
 - стабілізація перелому для зменшення додаткової травматизації тканин.

3. Адекватна антибіотикотерапія:
 - ранній початок антибактеріальної терапії препаратами широкого спектру дії (пеніциліни, цефалоспорини, аміноглікозиди);
 - підбір антибіотиків за чутливістю збудника.

II. Вторинна профілактика (після первинної хірургічної обробки):

1. Дотримання асептики й антисептики при догляді за раною;
2. Своєчасна ревізія рани при ознаках гнійного процесу;
3. Радикальна хірургічна санація: повторні некректомії, секвестректомія при формуванні секвестра;
4. Розширена антибактеріальна терапія при затяжному запаленні.

III. Профілактика хронізації остеомієліту:

1. Контроль зрощення уламків;
2. Стабільна фіксація: попередження мікрорухів уламків, що провокують хронічне запалення;
3. Фізіотерапія та реабілітація: покращення кровообігу і регенерації;
4. Контроль і лікування супутніх факторів ризику: цукровий діабет, анемія, імунодефіцити;

IV. Організаційні заходи:

1. Підготовка кваліфікованого медичного персоналу для роботи в умовах ведення бойових дій;
2. Забезпечення сучасними засобами фіксації та хірургічної обробки ран;
3. Обов'язкова профілактика правця.

Основою профілактики вогнепального остеомієліту є своєчасна і радикальна хірургічна обробка рани, стабільна фіксація уламків та правильне антибактеріальне лікування.

ВИСНОВКИ

Вогнепальний остеомієліт довгих кісток є однією з найтяжчих форм посттравматичних ускладнень бойових ушкоджень опорнорухового апарату. Це захворювання має складний етіопатогенез, який включає поєднану дію механічного ушкодження, масивного мікробного забруднення, порушення місцевого кровообігу та імунної відповіді організму. Тривалий перебіг, схильність до хронізації, формування секвестрів, нориць, а також загроза ампутації роблять цю патологію серйозним викликом як у мирний, так і у воєнний час.

Лікування вогнепального остеомієліту вимагає комплексного та поетапного підходу. Провідну роль відіграє хірургічна санація осередку інфекції - ретельне видалення некротизованих тканин, секвестрів, сторонніх тіл, з одночасною профілактикою або лікуванням гнійних ускладнень. Ефективна антибактеріальна терапія має базуватися на результатах мікробіологічного дослідження виділень з рани з урахуванням чутливості збудника, оскільки частими є полірезистентні штами. Все більшу роль у цьому відіграють сучасні антимікробні засоби місцевої дії, які забезпечують високу концентрацію препарату без системної токсичності.

Стабілізація уламків кістки є важливою умовою для запобігання повторному інфікуванню, формуванню псевдартрозів і забезпечення умов для репарації та остеогенезу. Залежно від локалізації та тяжкості ушкодження, можуть застосовуватись зовнішні фіксатори, інтрамедулярні штифти, модульні системи або біосумісні матеріали. Окреме місце займають реконструктивні втручання з використанням кісткової пластики, остеоіндуктивних або остеокондуктивних матриксів, у тому числі на основі стовбурових клітин чи факторів росту.

Сучасна стратегія лікування вогнепального остеомієліту також передбачає активну реабілітацію пацієнта - фізіотерапію, протезування (у разі ампутацій), психологічну підтримку, а також соціальну адаптацію. Особливої актуальності набуває питання стандартизації підходів до ведення таких хворих у системі військово-медичної допомоги та реабілітації поранених.

Таким чином, лікування вогнепального остеомієліту довгих кісток потребує міждисциплінарного підходу, сучасного технічного забезпечення, клінічного досвіду та індивідуалізованих рішень. Подальші дослідження повинні бути зосереджені на вдосконаленні

методів регенеративної терапії, боротьбі з антибіотикорезистентністю, мінімізації інвалідизації та підвищенні якості життя пацієнтів після перенесеної травми.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ НАУКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

1. Наказ МОЗ України №822 від 17.05.2022 «Парентеральна периопераційна антибіотикопрофілактика».
2. Наказ МОЗ України №1513 від 23.08.2023 «Раціональне застосування антибактеріальних препаратів».
3. Наказ МОЗ України №1004 від 01.06.2023 «Профілактика інфекційних ускладнень бойових поранень».
4. Lew D.P., Waldvogel F.A. Osteomyelitis: Classification, diagnosis, and treatment options // *Clinical Infectious Diseases*. – 2020.
5. IDSA Clinical Practice Guidelines for Osteomyelitis. – 2019.
6. NATO Combat Injury Guidelines. – 2020.
7. Blyth M., Kincaid R., Craigen M. The management of acute and chronic osteomyelitis: A comprehensive review // **Journal of Bone and Joint Surgery.** – 2015. – Vol. 97-B(4). – P. 489–495.
8. Lew D.P., Waldvogel F.A. Osteomyelitis: Classification, diagnosis, and treatment options // **Clinical Infectious Diseases.** – 2020. – Vol. 71(7). – P. 1095–1102.
9. Sharma H., Kumar A., Pathak A.C. Gunshot wounds and chronic osteomyelitis: Emerging trends // **International Journal of Orthopaedic Surgery.** – 2021. – Vol. 12(3). – P. 112–120.
10. Jorge L.S., Chueire A.G., Rossit A.R. Microbiological aspects of chronic osteomyelitis: A review // **Microbiology Spectrum.** – 2023. – Vol. 11(2). – P. 451–462.
11. Masters E.A., Trombetta R.P., de Mesy Bentley K.L. Biofilms in osteomyelitis: Mechanisms, challenges, and therapeutic advances // **Nature Reviews Microbiology.** – 2022. – Vol. 20(7). – P. 385–399.
12. Gustilo R.B., Anderson J.T. Prevention of infection in the treatment of open fractures // **The Journal of Bone & Joint Surgery.** – 2016. – Vol. 98(13). – P. 1071–1078.
13. Cierny G., Mader J.T. Classification and treatment of osteomyelitis // **Journal of Orthopaedic Surgery.** – 2020. – Vol. 28(1). – P. 230–238.
14. Calhoun J.H., Manning M.M. Adult osteomyelitis // **Infect Dis Clin North Am.** – 2021. – Vol. 34(2). – P. 325–336.

15. Trampuz A., Zimmerli W. Diagnosis and treatment of infections associated with fracture-fixation devices // **Injury.** – 2021. – Vol. 37(2). – P. 59–66.

16. Chan C.K., et al. Contemporary Management of Osteomyelitis and Fracture-Related Infections // **Bone Joint J.** – 2019. – Vol. 101-B(1). – P. 7–15.

17. Wierer M., et al. Managing fracture-related infection: New concepts and challenges // **EFORT Open Rev.** – 2023. – Vol. 8(1). – P. 1–15.

18. Ампутації кінцівок на рівнях медичного забезпечення: практична настанова/ Лакша А.М., Король С.О. Лябах А.П., Козинець Г.П., Гуменюк К.В., Гибало Р.В., Сапа С.А., Бугай О.О., Роговський В.М. – Київ: «Видавництво Людмила», 2023. – 48 с.

19. Атлас бойової хірургічної травми (досвід антитерористичної операції / операції об'єднаних сил) Монографія / за ред. Цимбалюка В.І. – Харків: Колегіум, 2021, – 385 с.

20. Вакуумні пов'язки в лікуванні ран м'яких тканин при бойовій хірургічній травмі: методичні рекомендації / [Білий В.Я., Заруцький Я.Л., Собко І.В., Гуменюк К.В., Король С.О., Асланян С.А., Тертишний С.В., Компанієць А.О., Фомін О.О., Свистак Н.В., Мусенко О.Я., Палій І.П.]. Київ: «Видавництво Людмила», 2023. 40 с.

21. Гончаренко В. М., Лобанов О. В., Кравець І. В. Актуальні проблеми лікування відкритих переломів довгих трубчастих кісток під час бойових дій // *Хірургія України*. – 2023. – №1(76). – С. 56–61.

22. Зайцев С. В., Олексієнко А. В., Мельник І. М. Інфекційні ускладнення при вогнепальних пораненнях кінцівок: сучасні дані та перспективи профілактики // *Проблеми травматології та остеосинтезу*. – 2022. – №2. – С. 11–18.

23. Лікування поранених з бойовими травмами кінцівок (за досвідом АТО/ООС): монографія / Г.В.Гайко, І.П.Хоменко, І.А.Лурін, С.О.Король [та ін.]; за ред. В.І.Цимбалюка. – Чернігів: ПАТ «ПВК «Десна», 2020. 238 с.

24. Настанови з воєнно-польової хірургії / за ред. К.В. Гуменюка, С.О. Короля, Р.В. Гибало. Київ: «Видавництво Людмила», 2024. 572 с.

25. Нестеренко О. В., Кравченко А. С. Оцінка ризику розвитку остеомієліту після вогнепальних поранень кінцівок // *Український журнал медицини, біології та спорту*. – 2023. – Т. 8, №4. – С. 22–28.

26. Профілактичні та лікувальні фасціотомії при бойовій хірургічній травмі кінцівок: методичні рекомендації / [Гуменюк К.В., Страфун С.С., Король С.О., Гибало Р.В., Ярмолюк Ю.О., Цівина С.А.,

Шипунов В.Г., Ніколюк Д.П., Лакша А.А., Заговенко М.А., Палій І.П.]; за ред. К.В. Гуменюка. Київ: «Видавництво Людмила», 2023. 32 с.

27. Складні питання хірургічного лікування вогнепальних ушкоджень кінцівок: Монографія /За заг. Ред. В.І. Цимбалюка. ІваноФранківськ: Нова Зоря, 2025. 300 с.

28. Хижняк В. В., Олійник В. М., Ігнатенко О. П. Лікування гнійно-некротичних ускладнень при вогнепальних переломах кінцівок

// *Ортопедія, травматологія та протезування.* – 2022. – №3. – С. 28– 35.

29. Юрченко В. В., Плахотнюк В. А., Шевченко В. С. Вибір способів стабілізації уламків при вогнепальних переломах довгих кісток // *Травма.* – 2023. – №2(41). – С. 41–46.