

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Ю. В. Антонова-Рафі, О. М. Бурка, Д. О. Інтелегатор, А. А. Ковальова,
О. В. Ковальова, О. В. Кошля, Н. І. Петрик, О. А. Присяжнюк,
М. В. Рижкова, В. О. Сидорин, Г. І Таран, О. І. Токаренко,
І. Ю. Худецький, Т. О. Шитиков, В. В. Шуба, В. О. Шуба, Л. В. Шуба

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТИКИ, ЛІКУВАННЯ ТА РЕАБІЛІТАЦІЇ ПАТОЛОГІЙ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ

монографія

Запоріжжя
НУ «Запорізька політехніка»
2022

Рекомендовано до друку вченою радою
Національного університету «Запорізька політехніка»
(протокол №10 від 29 червня 2022 року)

Колектив авторів:

Ю. В. Антонова-Рафі, канд.тех.наук, доц. (Розділ 7);
О. М. Бурка, канд.пед.наук (Розділ 1);
Д. О. Интелегатор (Розділ 8);
А. А. Ковальова (Розділ 4);
О. В. Ковальова, канд.мед.наук, доц. (Розділ 2);
О. В. Кошля, канд.мед.наук (Розділ 5);
Н. І. Петрик, доктор філософії (Розділ 5);
О. А. Присяжнюк, канд.хім.наук, доц. (Розділ 1);
М. В. Рижкова (Розділ 3);
В. О. Сидорин (Розділ 3);
Г. І. Таран (Розділ 6);
О. І. Токаренко, д-р мед. наук, проф. (Розділ 2);
І. Ю. Худецький, д-р мед. наук, проф. (Розділ 7, Розділ 8);
Т. О. Шитиков, канд.мед.наук (Розділ 1);
В. В. Шуба, канд. пед.наук (Розділ 9);
В. О. Шуба, доц. (Розділ 9);
Л. В. Шуба доц, канд.пед.наук (Розділ 9).

Рецензенти:

Т. П. Гарник, д-р. мед. наук, професор, Президент ВГО «Асоціації фахівців з народної і Нетрадиційної медицини України».

О. Б. Неханевич, д-р. мед. наук, професор, завідувач кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини та валеології Дніпровського державного медичного університету;

С. Я. Доценко, д-р. мед. наук, професор завідувач кафедри внутрішніх хвороб №3 Запорізького державного медичного університету.

А72 Інноваційні технології діагностики, лікування та реабілітації патологій опорно-рухового апарату : колективна монографія: авт. кол. Ю. В. Антонова-Рафі, О. М. Бурка, та ін. / за ред. О.М. Бурки. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2022. – 241 с.

ISBN 978-617-529-365-2

У монографії висвітлено сучасний стан на розвиток фізичної терапії при патологіях опорно-рухового апарату, а також супутніх станів. Описано механізми виникнення біомеханічних порушень та болю, сучасні технології відновлення після вогнепальних поранень та ампутацій. Розглянуто процес самовиховання паралімпійців з ураженнями опорно-рухового апарату.

Видання може бути корисним для студентів, аспірантів, викладачів, фахівців з фізичної терапії та ерготерапії.

УДК 616.7-08

ISBN 978-617-529-365-2

© Колектив авторів, 2022

© Національний університет
«Запорізька політехніка», 2022

РОЗДІЛ 7. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЛІКУВАННЯ ПОРАНЕНЬ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ

Худецький Ігор Юліанович,

д-р мед наук, проф.,

НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,

ІЕЗ ім. Є.О.Патона НАН України

Антонова-Рафі Юлія Валеріївна,

канд.тех.наук, доц.,

НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,

ІЕЗ ім. Є.О.Патона НАН України

Анотація. В роботі розглянуто особливості надання медичної допомоги при пораненнях опорно-рухового апарату з великими дефектами кісток на усіх стадіях лікування та реабілітації. Проведені дослідження дозволили розробити нове покоління багатофункціональних термохірургічних приладів, які в найбільшій мірі відповідають вимогам по критерію ціна-якість та охоплюють основний перелік хірургічних маніпуляцій та суттєво удосконалюють технології надання медичної допомоги при пораненнях з великими дефектами кістки. Проведено порівняльний аналіз ефективності традиційних хірургічних технологій та нових електротермохірургічних технологій.

Встановлено, що застосування нових технологій дозволяють проводити реконструктивно-відновлювальні втручання з заміщенням втраченого фрагменту кістки синтетичною біокерамікою в рамках однієї операції. Визначена роль фізичних терапевтів на всіх стадіях лікування та реабілітації.

Встановлено скорочення тривалості оперативних втручань, скорочення стаціонарного та загального періоду лікування, зменшення проценту інвалідизації внаслідок ускладнень, зменшення об'єму роботи фізичного терапевта, ерготерапевта та соціальних та психологічних служб.

Вступ. Поранення опорно-рухового апарату є частим наслідком дорожньо-транспортних пригод, аварій на виробництві, травм в екстремальних видах спорту. Але особливого поширення вони набувають при веденні бойових дій, коли тяжкість уражень суттєво зростає. Поранення це пошкодження тканин і органів з порушенням цілісності їх покриву (шкіри, слизової або серозної оболонки), що спричинене вогнепальною зброєю, мінно-вибуховими пристроями, осколками боєприпасів та вторинними пошкоджуючими елементами,

частинами конструкцій транспортного обладнання чи промисловим обладнанням.

Завдання, які стоять перед хірургічною наукою щодо лікування поранень опорно-рухового апарату принципово не змінюються з часів Гіппократа. Основні проблеми таких поранень це кровотечі, інфіковані рани, наявність нежиттєздатних тканин, кістковий дефект, тривале лікування, повторні реконструктивно-відновлювальні хірургічні втручання, великий процент інвалідизації пацієнтів внаслідок ускладнень, тимчасова чи стійка втрата функцій пошкодженої частини опорно-рухового апарату, десоціалізація та втрата професійної активності внаслідок тривалого перебування на стаціонарному лікуванню, потреба в фізичній терапії на усіх етапах лікування.

Усі поранення мають спільну рису, яка не залежить від виду та характеристик, що наніс поранення це утворення первинно інфікованої рани. Інші особливості рани залежать від виду елемента, що викликав пошкодження, локалізації, наявності та ефективності засобів індивідуального чи колективного протибалистичного захисту тощо.

Існуючі хірургічні технології, характеризуються високою вартістю та не завжди є достатньо ефективні. Цим обумовлено постійний пошук все нових і нових хірургічних технологій. Основні критерії, по яким оцінюються хірургічні технології лікування ран це втрати крові під час операції, надійність гемостазу, тривалість оперативного втручання, попередження розвитку інфекційного процесу, тривалість післяопераційного періоду, рівень супутніх ушкоджень здорових тканин, набута інвалідність, амортизаційна вартість обладнання, вартість витратних матеріалів та лікарств під час операції та в період після операції, вартість та ефективність реабілітації. При цьому загальна ефективність лікування залежить від злагодженої роботи мультидисциплінарної команди, де роль кожного учасника хірурга, анестезіолога, медичних сестер, фізичного терапевта, психолога, на кожному етапі може бути визначальною. На даний час перед сучасною хірургією стоять ряд невирішених завдань пов'язаних з наданням своєчасної і високоефективної допомоги при пораненнях.

Всю сукупність хірургічних маніпуляцій звести до таких елементарних дій як розтин, гемостаз, з'єднання, санація ран, видалення не життєздатних тканин, стимуляція репаративних процесів, відновлення форми та функції, заміщення кісткового дефекту синтетичною кіскою.

Традиційно таке лікування проводиться в кілька етапів протягом від одного до трьох років. Нові технології надання медичної допомоги пораненим з великими дефектами кісток на різних стадіях інфекційного

процесу в рані передбачають проведення одного хірургічного втручання поєднавши первинну хірургічну обробку рани з зупинкою інфекційного процесу (переведення рани в стан «чистої»). Робота хірурга в «чистій» рані у свою чергу дозволяє провести заміщення втраченого фрагмента кістки синтетичною кісткою в рамках того ж оперативного втручання. Застосування біодеградуємих елементів остеосинтезу, наприклад виготовлених з біоситалу, дозволять не проводити повторних втручань по їх видаленню.

З одного боку, історія застосування термохірургічних технологій нараховує тисячоліття. У різні періоди розвитку людства саме термохірургічні технології дозволяли вирішувати певні хірургічні проблеми. Так, письмові рекомендації про їх використання давав Гіппократис Сої в четвертому столітті до нашої ери, Celsus у першому столітті нашої ери. Принципи піротехнії в хірургії достатньо повно і систематизовано були дані Н. Бідлоо [12] і М.І. Пироговим (1847 р.). Цими авторами разом з використанням розпечених залізних хірургічних інструментів були описані хірургічні маніпуляції з використанням власне полум'я, палаючих порохових газів, розігрітого воску, пари води та киплячих відварів і т.п.

З іншого боку, сучасні способи та методики термічної хірургії використовують такі досягнення сучасної науки і технологічні можливості з їх реалізації як лазерні скальпелі, ультразвукові деструктори, високочастотні електротермокоагулятори, плазменні хірургічні апарати [18].

Основні критерії, по яким оцінюються хірургічні технології лікування ран це втрати крові під час операції, надійність гемостазу, тривалість оперативного втручання, попередження розвитку інфекційного процесу, тривалість післяопераційного періоду, рівень супутніх ушкоджень здорових тканин, набута інвалідність, амортизаційна вартість обладнання, вартість витратних матеріалів та лікарств під час операції та в період після операції, вартість та ефективність реабілітації.

Основний матеріал. В основі запропонованої технології лікування поранень лежить бактерицидний і коагуляційний ефект конвекційно-інфрачервоного потоку при обробці живих м'яких тканин, який створюється безконтактним термохірургічним інструментом, технології високочастотного різання та зварювання, які поєднані в багатофункціональному термохірургічному апараті БТА-300М1 «ПАТОНМЕД» розробки ІЕЗ ім. Е.О. Патона НАН України. Дослідження ефективності дезінфекції гострих та хронічних

хірургічних інфікованих ран проводилось у кілька етапів з створенням моделі інфікованої рани з використанням семи інфекцій.

Ця робота є продовженням досліджень проведених під керівництвом академіка Б.Є. Патона академіком НАН України І.В. Кривцуном, професорами В.С. Гвоздецьким та Ю.О. Фурмановим [6, 7, 11, 17].

Термохірургічні апарати (модулі, боки), що реалізують конвекційно-інфрачервону технологію працюють в діапазоні 200-700°C, їх гемостатичний та дезінфікуючий ефект заснований на принципі створення стерильної пломби з білків клітин тканин, крові, плазми та міжклітинної рідини на поверхні рани. При цьому живі тканини в глибині рани практично не пошкоджуються. Ця технологія може реалізуватись в багатофункціональних апаратах височастотного зварювання, як окремий модуль в паралельному режимі роботи чи в режимі послідовного використання височастотного і конвекційно-інфрачервоного інструментів.

Ця технологія має суттєві переваги у порівнянні з іншими безконтактними термохірургічними технологіями. Так термохірургічні технології з використанням плазми такі, як аргонплазмові апарати, апарати NO-плазми та інші подібні апарати є більш дорогими по вартості та в експлуатації, габаритними, потребують використання балонного обладнання чи стаціонарних систем водопостачання, кваліфікованого технічного персоналу для їх обслуговування. Технологія отримання високотемпературної плазми 6000°C з подальшим її охолодженням до 800-1000°C призводить до карбонізації тканин в рані, що сприяє утворенню рубців та інфільтратів. Застосування лазера має хорошу перспективу в майбутньому за умови використання апаратів з потужністю близько 200 Вт, автоматизованим управлінням рухом в режимі різки та швидким переходом з фокусованого режиму різки в режим коагуляції з площею світлової плями понад 1 см². Нажаль на даний час заборонено застосування в хірургії лазери такої потужності. Застосування ультразвукової дезінфекції рани є суттєво менш ефективним у порівнянні з термохірургічними безконтактними технологіями.

Необхідність застосування тієї чи іншої хірургічної технології в значній мірі залежить від тяжкості поранення. У свою чергу тяжкість поранення у значній мірі залежить від траєкторії та балістичних параметрів елемента, що вражає (маса, швидкість, форма, конструктивні особливості, здатність віддавати енергію снаряду, який уражує, тощо). Серед конструктивних особливостей окремо потрібно виділити феномен «обертання та перевертання» кулі. Серед факторів утворення

вогнепальної рани, що відрізняють її від інших ран є головна ударна хвиля (дія на тканини прямого удару і стиснутого повітря), бокова ударна хвиля (тимчасова пульсуюча порожнина, яка діє на тканини навкруги ранового каналу), пряма дія снаряду на живу тканину, вихровий слід (потік повітря і частинок тканин позаду снаряда, які додатково травмують тканини після дії снаряду).

Вогнепальні рани мають свої структурні особливості, які залежать від кількості енергії що залишається в тканинах і певним чином залежать від маси, швидкості та кінематики елемента, що наносить поранення. Типовими особливостями такого поранення є первинний канал рани (утворюється під дією головної ударної хвилі та прямої дії кулі), зона контузії, яка виникає під впливом усіх факторів утворення вогнепальної рани (головна ударна хвиля, бокова ударна хвиля, пряма дія снаряду, вихровий слід) і приводить до первинного некрозу та зона вторинного некрозу (комоції), яка утворюється під дією бокової ударної хвилі.

У розвитку вторинного некрозу беруть участь порушення мікроциркуляції в стінках ранового каналу, протеоліз, зумовлений звільненням ферментів у зоні первинного некрозу та кавітаційне пошкодження субклітинних структур.

Канал рани може змінювати свій хід під впливом первинної девіації (зміна напрямку просування снаряду внаслідок взаємодії з щільними утвореннями девіації ранового каналу) та вторинної девіації (скорочення тканин, зміна положення тіла).

Візуальна характеристика вогнепальної рани дозволяє за розмірами вхідного та вихідного отворів каналу рани можна визначити вид снаряду, що викликав поранення та визначити особливості утвореної рани. Так, при пораненнях швидкострільними малокаліберними кулями вихідний отвір більший за вхідний, при пораненнях стріловидними кулями вхідний отвір відповідає за розмірами вихідному, при пораненнях осколками та гумовими кульками вхідний отвір більший за вихідний.

При розробці медико-технічних характеристик електротермохірургічної апаратури та технологій також необхідно враховувати особливості перебігу патоморфологічних процесів при вогнепальних пораненнях.

Патоморфологічні процеси у рані проходять певні стадії. Це стадія запалення, яка включає початкову фазу запалення та період очищення рани від некротичних тканин, стадію регенерації тканин в рані, стадію реорганізації рубця та епітелізації.

Період очищення рани протікає у дві фази: первинне очищення відбувається за рахунок травматичного набряку, що сприяє витісненню продуктів розпаду тканин (детриту) згустків, сторонніх тіл, що утворились чи попали в тканини в процесі поранення та вторинне очищення — відбувається за рахунок нагноєння рани.

Ще один фактор, який необхідно враховувати при формуванні медико-технічних характеристик електротермохірургічної апаратури цієї зони порушення мікроциркуляції та некрозу в каналі рани. Вирізняють зону тотального розладу мікроциркуляції вона дає початок розвитку зони первинного некрозу, зону субтотального розладу мікроциркуляції, яка формує зону вторинного некрозу на 3 добу, зону вогнищевих розладів мікроциркуляції вона при неускладненому перебігу ранового процесу відновлює свою функцію через 14 діб, а при ускладненому перебігу перетворюється на ділянку вторинного некрозу, зону функціональних розладів мікроциркуляції у якій нормальний кровообіг відновлюється на 7 добу.

Необхідно враховувати, що некротичні тканини, з урахуванням того, що вогнепальна рана є первинно забруднена мікроорганізмами є сприятливим субстратом для розвитку інфекційного процесу. При цьому є ряд факторів, що протидіють розвитку інфекції в рані. Широко відкрита рана добре аерується що є несприятливим фактором для розвитку анаеробів, ацидоз є несприятливий фактор для розвитку деяких мікроорганізмів, кровотеча з рани та виділення ранового секрету здійснює механічне вимивання з рани мікроорганізмів, клітинний і гуморальний імунітет вбивають мікроорганізми.

Поряд з факторами, що протидіють розвитку інфекції в рані є фактори, що сприяють цьому процесу. Серед них наявність замкнутих порожнин, що обмежують проникнення повітря і сприяють розвитку анаеробів, некротичні тканини є поживним середовищем для мікроорганізмів, канал рани оточений тканинами зі зміненою реактивністю, масивна крововтрата, білковий і електролітний дисбаланс, авітаміноз формують умови імунodefіциту.

У мирний час на до лікарняному етапі як правило будь яка хірургічна апаратура не застосовується а транспортування хворих з вогнепальними пораненнями в мирний час має наступні особливості. Серед них для формування медико-технічних характеристик електротермохірургічної апаратури найбільше значення має те, що транспортування хворих з вогнепальними пораненнями, за можливості, має здійснюватися в найближчий багатoproфільний стаціонар (лікарні швидкої медичної допомоги, де є чергові нейрохірургічні, травматологічні бригади, бригади судинних, абдомінальних та

торакальних хірургів, політравматологічні відділення), час від отримання поранення до надання кваліфікованої медичної допомоги є відносно коротким. При наявності первинного мікробного забруднення інфекційний процес, як правило, ще не розвився.

Таким чином пацієнту зразу надається кваліфікована медична допомога в багатопрофільних стаціонарах з обладнаними операційними, що не висуває додаткових вимог до апаратури таких як мобільність, короткий час розгортання, здатність транспортуватись та працювати в несприятливих умовах, тощо.

Алгоритми застосування високочастотних та конвекційно-інфрачервоних хірургічних технологій для організації допомоги при вогнепальних пораненнях на етапах медичної евакуації в ході бойових дій суттєво відрізняються від алгоритмів мирного часу. Відрізняється також структура бойової травми [13].

Особливості таких поранень це множинний, поєднаний і комбінований їх характер (28,7%), переважання пошкоджень кінцівок (до 63,9%), вплив засобів індивідуального захисту на структуру поранень, поранення м'яких тканин кінцівок 50,1%, 36,9% – огнєпальні переломи довгих кісток кінцівок.

У зв'язку з цим медико-технічні вимоги до електротермохірургічної апаратури для військового часу суттєво відрізняються від вимог до апаратури, що використовується в мирний час.

Аналіз алгоритмів традиційних хірургічних технологій по організації допомоги при вогнепальних пораненнях на етапах медичної евакуації в ході бойових дій дозволяє стверджувати про недоцільність використання високочастотних та конвекційно-інфрачервоних хірургічних технологій при наданні першої медичної допомоги. Така допомога надається на полі бою поблизу місця поранення у порядку само- і взаємодопомоги, а також санітаром і санінструктором. Це пов'язано з тим, що заходи першої медичної допомоги перш за все включають тимчасову зупинку зовнішньої кровотечі (пальцеве притиснення судини в рані, пальцеве притиснення судини вище рани, згинання або перерозгинання кінцівки в суглобі, накладання пов'язки, що перетискає судини, накладання джгута, закрутки). Серед інших заходів першої медичної допомоги проводять накладання первинної асептичної пов'язки, яка захищає рану від повторного мікробного забруднення, повторних дрібних травм, висихання, забезпечує спокій рані, введення анальгетику зі шприца-тюбика, що знаходиться в аптечці індивідуальній, транспортна іммобілізація підручними засобами; при їхній відсутності - травмована верхня кінцівка прибинтовується до

тулуба, нижня – до непошкодженої нижньої кінцівки, приймання всередину антибіотиків в таблетках, евакуація.

Таким чином можна виділити як пріоритети зупинку кровотечі та якнайшвидшу евакуацію в рамках платинової хвилини, золотой години [1]. Зважаючи на це та відсутність підготовлених фахівців застосування будь якої хірургічної апаратури на цьому етапі є недоцільним. Певні виключення можуть бути допущені для медичного забезпечення рейдових груп (підрозділів), екіпажів військової техніки, які виконують завдання у відриві від основних сил.

Для даної ситуації був розроблений портативний конвекційно-інфрачервоний інструмент ТПБ-65Б з живленням від бортового живлення автомобіля. Він дозволяє здійснювати зупинку кровотечі з судин діаметром до 3 мм та санацію рани тим самим поєднує елементи першої медичної допомоги та долікарської допомоги.

Аналіз заходів на етапі долікарської допомоги, які в основному направлені на контроль правильності надання першої медичної допомоги, усунення помилок в її наданні та забезпечені якнайшвидшої безпечної евакуації дозволяє зробити висновок про недоцільність застосування електротермохірургічної апаратури на цьому етапі.

Перший етап евакуації на якому можливо і доцільно застосовувати електротермохірургічну апаратуру є етап першої лікарської допомоги. Зважаючи на місце надання першої лікарської допомоги важливими вимогами до апаратури є стійкість до регулярного транспортування, розгортання та згортання, стійкість до коливань напруги струму живлення, стійкість до крайніх кліматичних умов, тощо.

Серед заходів першої лікарської допомоги, які необхідно здійснювати відносно тяжкотравмованих, що потребують першої лікарської допомоги в перев'язувальній, відзначаємо ті, що доцільно здійснюватися з використанням електротермохірургічних технологій.

Це перш за все зупинка зовнішньої кровотечі з використанням височастотного зварювання тканин. По своїй складності вона може бути прирівняна до накладання затискача на ушкоджену судину, що передбачено діючими медичними протоколами [2]. При цьому здійснюється заварювання пошкоджених судини і гарантована зупинка кровотечі. Аналіз досліджень вказує, що якісний гемостаз у випадках використання контактних методів впливу в ранах печінки відбувається при температурі 110-1150С, селезінки 120-1250С. При таких температурах зупинка паренхіматозної кровотечі в рані печінки відбувається протягом 2-6 с, селезінки 8-10 с. При використанні безконтактних методів високотемпературного впливу надійний гемостаз в ранах печінки відбувається при температурі 125-1300С, селезінки 135-

1400С (рис. 1). При таких температурах зупинка паренхіматозної кровотечі в рані печінки відбувається протягом 10-12 с, селезінки – 15-20 с [9].

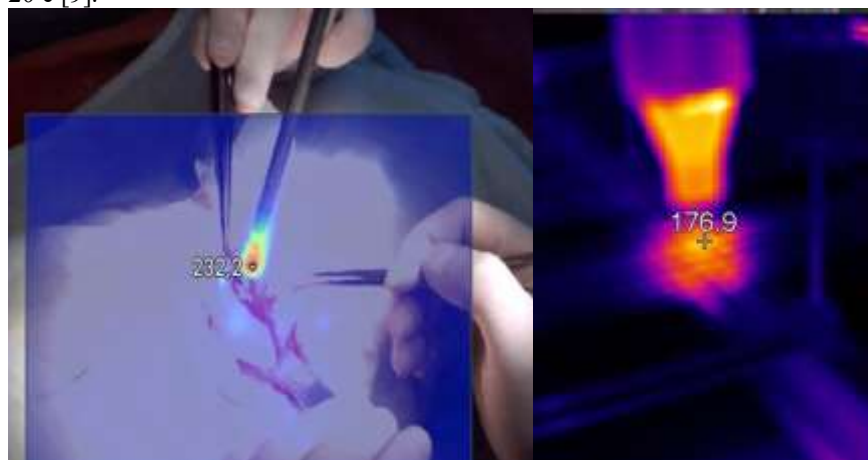


Рисунок 1. Температурні характеристики конвекційно-інфрачервоного потоку в процесі санації рани (а) та на випробувальному стенді (б).

Інший хірургічний захід, який здійснюється на етапі першої лікарської допомоги, це профілактика інфекційних ускладнень. Відповідно до діючих рекомендацій проводиться внутрішньом'язове введення профілактичної дози антибактеріальних препаратів. Разом з тим, використанням конвекційно-інфрачервоної технології дозволяє ефективно боротись з інфекційними процесами в рані на будь якому етапі його розвитку.

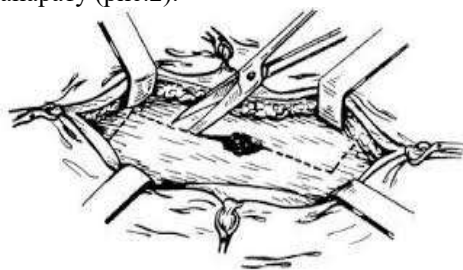
Заходи першої лікарської допомоги, які можуть здійснюватися з використанням електротермохірургічних технологій відносно легкотравмовані, які підлягають амбулаторному лікуванню і поверненню в підрозділ, це перш за все остаточна зупинка капілярних кровотеч та кровотеч з судин невеликого діаметру, дезінфекція ран та профілактика інфекційних ускладнень.

Основним заходом, який здійснюється на цьому етапі є хірургічна обробка рани, як правило це первинна хірургічна обробка рани (ПХО рани) 29,5%. Зважаючи на те, що первинна хірургічна обробка рани - це перше хірургічне втручання, яке виконується за первинними показами

(з приводу поранення) з метою видалення нежиттєздатних тканин, попередження ускладнень і створення умов для загоєння рани. Зважаючи на показання до ПХО вогнепальних ран є проникаючі вогнепальні поранення черепа, грудей, живота, крупних суглобів, очного яблука; кровотеча з рани, яка триває; вогнепальні пошкодження довгих трубчастих кісток, крупних магістральних судин і нервових стовбурів; рани, що забруднені отруйними, радіоактивними речовинами та землею; рани з масивним пошкодженням м'яких тканин були визначені хірургічні маніпуляції, які можуть виконуватись з застосуванням електротермохірургічної технології, їх об'єм та ефективність. З урахуванням можливостей апаратури та опрацьованих методик відкритих оперативних втручань, значна частина хірургічних маніпуляцій таких, як розтин з одночасним заварюванням дрібних судин, заварювання судин, зварювання м'яких тканин більш ефективно здійснюється з використанням хірургічної технології високочастотного зварювання у порівнянні з іншими відомими технологіями.

Проведений порівняльний аналіз хірургічних маніпуляцій на етапах ПХО вогнепальних ран з використанням традиційних та електротермохірургічних технологій.

Розсічення шкірних покривів (епідерми та дерми) для розкриття рани за традиційною та електротермохірургічною технологією здійснюється з використанням скальпелю інші тканини в рані ефективніше розсікати з використанням високочастотного хірургічного апарату (рис.2).



а



б

Рисунок 2. Розсічення м'яких тканин в рані з використанням скальпелю та хірургічних ножиць (а) та високочастотного хірургічного апарату (б)

Кінцева зупинка кровотечі проводиться механічними, фізичними, хімічними чи біологічними способами. Вона вимагає певних умов та необхідних засобів.

Механічні методи зупинки кровотечі. До них відносять перев'язку судини в рані, перев'язку судини на її протязі. Ці методи найбільш ефективні, коли не вдається зупинити кровотечу в гнійній рані. Для кінцевої зупинки кровотечі з великих артерій чи вен використовують накладання судинного шва, який відновлює цілісність судинної стінки та кровотік. При значних дефектах судинної стінки використовують штучні протези чи фрагменти великої підшкірної вени хворого.

Хімічні методи зупинки кровотечі. Хімічні методи зупинки кровотечі ґрунтуються на застосуванні судинозвужувальних препаратів та препаратів, які підсилюють здатність крові до згортання (адреналіну гідрохлорид 0,1 %, 10 % розчин атропіну сульфату). При невеликих поверхневих ранах і подрипинах користуються кровоспинним олівцем (розчин галуни, амонію сульфату і оксиду кальцію). Для підвищення здатності крові зсідатися призначають 10 % розчин кальцію хлориду, ϵ -амінокапронову кислоту, дицинон, вікасол.

Біологічні методи зупинки кровотечі. До них відносять місцеві (гемостатична, фібринна, желатинова губки, фібриноген, фібринна плівка, суха плазма) та загальні («свіжа» донорська кров, фібриноген, плазма крові, кріопреципітат, антигемофільні сироватка та плазма, тромбоцитарна маса та інші.). Для зупинки кровотечі з паренхіматозних органів використовують тампонаду м'язами, великим і малим чіпцем (сальники) чи фасцією.

Фізичні методи зупинки кровотечі. До цих методів відносять використання високих температур, що викликає коагуляцію білка (діатермокоагуляція). Низькі температури підсилюють спазм судин та прискорюють тромбоутворення. Продовжується розвиватися метод кріохірургії в основі якого є застосування холоду при операціях на органах, що добре постачаються кров'ю (мозок, печінка, нирки). Крім того, застосовують електронне випромінювання (лазерний ніж) у хворих з підвищеною кровоточивістю, або при онкологічних операціях.

Але найбільш ефективним фізичним методом зупинки кровотечі є високочастотне заварювання судин та конвекційно-інфрачервона технологія зупинки капілярних та паренхіматозних кровотеч, санація забруднених мікробами ран на різних стадіях інфекційного процесу включаючи гнійні рани.

Серед хірургічних маніпуляцій, які доцільно здійснювати з використанням високочастотної хірургічної апаратури слід відзначити видалення сторонніх тіл, гематом, вільних кісткових відламків,

переведення складної рани в просту, висічення нежиттєздатних країв рани, створення каналів для дренивання рани, відновлювальні і реконструктивні елементи ПХО, шов нерву, шов або пластика судини, шов або пластика сухожилля (рис.3, 4).



Рисунок 3. Випадок лікування хворого з великим дефектом черепа і твердої мозкової оболонки. Успішне інтраопераційне електрозварювання та герметизація твердої мозкової оболонки



Рисунок 4. Приклади зварювання біологічних тканин в лабораторних умовах: а — зварювання епіневрію нерва; б — формування холецистоентероанастомозу; в — зварне з'єднання сухожилля

Протипоказання до ПХО вогнепальних ран з застосуванням традиційних хірургічних технологій є дотичні, "крапчасті", наскрізні і сліпі поранення м'яких тканин з малим діаметром вхідного і вихідного отворів; поранення без пошкодження великих судин і нервів; поранення, що не проникають у порожнини тіла; поранення, що не супроводжуються вогнепальними переломами кісток (крім так званих дірчастих переломів); поранення, що не супроводжуються значним забрудненням рани. Разом з тим в усіх цих випадках доцільно застосовувати конвекційно-інфрачервону технологію санації рани, як засіб попередження інфекційних ускладнень поранень.

Зважаючи на терміни проведення ПХО вогнепальних ран рання — до 12 годин після поранення (до 24 годин при попередньому введенню антибіотика широкого спектру дії); відстрочена — від 12 до 24 годин після поранення (від 24 до 48 годин при попередньому введенню антибіотика широкого спектру дії); пізня — після 24 годин від поранення (після 48 години від поранення при попередньому введенню антибіотика широкого спектру дії) гостро стає питання з розвитком інфекційного процесу в рані та попередженням інфекційних ускладнень в ранній та пізній післяопераційний період. Традиційні хірургічні протоколи передбачають застосування антибіотиків широкого спектру дії при неефективності виділення збудників з рани, посіви, визначення їх чутливості до антибіотиків та призначення необхідної антибактеріальної терапії. Ця традиційна технологія займає достатньо багато часу та значних фінансових затрат.

У ході виконання досліджень здійснено конвекційно-інфрачервону обробку інфікованих поверхневих ран; підфасціальних ран; зупинку кровотеч з паренхіматозних органів черевної порожнини (печінки та селезінки).

Проведене дослідження тканинних препаратів, взятих із зони конвекційно-інфрачервоної обробки, в короткострокові та віддалені терміни після виконання операції. На підставі досвіду проведених операцій та аналізу результатів мікробіологічних, гістологічних та інших досліджень вироблено рекомендації щодо визначення областей найбільш ефективного застосування поєднаної технології безконтактного впливу конвекційно-інфрачервоного потоку на рани та височастотного зварювання живих м'яких тканин.

Конвекційно-інфрачервона технологія дозволяє проводити дезінфекцію тканин рани з одночасною зупинкою капілярних та паренхіматозних кровотеч. Для визначення ефективності дезінфекції забруднених мікроорганізмами ран та ран на різних етапах інфекційного процесу були проведені експериментальні дослідження на лабораторних тваринах.

Результати експериментальних досліджень ефективності конвекційно-інфрачервоної технології обробки інфікованих та гнійних ран наведені відповідно в табл.1 та табл. 2.

В якості матеріалу, що інфікував, застосовувалася суміш культур мікроорганізмів, що складалась з кишкової палички (*Escherichia coli*), пневмонійної клебсієли (*Klebsiella pneumoniae*), синьо-гнійної палички (*Pseudomonas aeruginosa*), золотистого стафілококу (*Staphylococcus aureus*), фекального ентерококу (*Enterococcus faecalis*) в концентрації 0,5 одиниць за Mc Farland для поверхневих і 0,1 одиниць за Mc Farland для

підфасціальних ран; мікроскопічний грибок *Candida albicans* - (0,4 одиниць за Mc Farland для поверхневих і 0,2 одиниць за Mc Farland для підфасціальних ран). 0,5 одиниць відповідає концентрації $1,5 \times 10^8$ мікробних тіл на один мілілітр. Такий набір інфекцій дозволяє прогнозувати результати обробки контамінованих ран на полі бою [3].

Таблиця 1 Результати бактеріологічного контролю ефективності конвекційно-інфрачервоної обробки інфікованих ран у білих щурів

№	Температура КІ потоку на зрізі сопла, °C	Температура повітря у рані, °C	Час обробки рани, с	Бактеріологічний контроль
1	2	3	4	5
1	300	110	60	Росту немає
2	300	110	30	Ent. faecalis 103, St. aureus 103, E. coli 103
3	250	95	30	Ent. faecalis 103 St. aureus 104 Candida albicans 20 мікробних тіл у мл
4	250	95	60	St. aureus 103
5	250	95	90	Росту немає
6	300	110	30	Росту немає
7	300	110	60	Росту немає
8	350	125	15	Росту немає
9	350	125	30	Росту немає

Таблиця 2 Результати бактеріологічного контролю ефективності конвекційно-інфрачервоної обробки підфасціальних гнійних ран у кроликів

№	Температура потоку повітря на зрізі сопла, °C	Температура повітря у рані, °C	Час обробки рани, с	Бактеріологічний контроль
1	300	110	180	Росту немає
2	350	125	90	Росту немає
3	350	125	60	Росту немає
4	300	95	90	Ent. faecalis менше 5×10^3
5	400	140	30	Росту немає

Продовження Таблиці 2

6	300	110	60	Росту немає
7	400	140	90	Росту немає
8	300	110	90	Ent. faecalis 104, E. coli 105
9	200	80	180	Росту немає
10	450	140	30	Ent. faecalis <103 E. coli <103

На основі отриманих даних було розраховані вимоги до температури повітря на зрізі сопла КІ інструменту та часу обробки хронічної інфікованої рани для її стерилізації.

Як свідчать розрахунки, в діапазоні 200-400°C існує чітка залежність між температурою потоку повітря на зрізі сопла і часом обробки рани для досягнення ефекту її стерилізації. Зниження температури на зрізі сопла нижче 200°C недоцільне через суттєве збільшення часу обробки рани, а скорочення часу обробки рани нижче 30 секунд недоцільне через обвуглювання тканин та зниження надійності стерилізації.

Протягом перших 7-10 діб після операції місце конвекційно-інфрачервоної обробки було вкрите коагуляційним струпом з зоною помірного коагуляційного запалення. З 14-ої по 21-у добу поряд із зменшенням площі запалених ділянок відзначалося відходження країв струпа по периферії від країв рани. З 21-ої по 30-у добу відбувалася подальша фрагментація і відділення термічного струпа з одночасним заміщенням ушкоджених тканин повноцінним рубцем. У більш пізні терміни спостережень зона термічного впливу на тканини була представлена ділянкою шкірної пігментації дещо меншою площею, ніж початкова рана.

Контрольні бактеріальні посіви, взяті на 3-у і 5-у добу після конвекційно-інфрачервоної обробки росту патогенної мікрофлори в зоні впливу не виявили.

Етап кваліфікованої хірургічної допомоги. З урахуванням тяжкості стану поранених в найбільшій мірі переваги електротермохірургічної технології проявляються на етапі кваліфікованої хірургічної допомоги.

Пораненим першої групи, залежно від тяжкості травми, проводяться заходи кваліфікованої хірургічної допомоги. Вони поділяються на невідкладні заходи, термінові заходи першої черги, термінові заходи другої черги [4].

Невідкладні заходи це первинна хірургічна обробка рани (ПХО рани) при кровотечі, ПХО рани з метою ушивання відкритого пневмотораксу, вторинна хірургічна обробка рани при анаеробній інфекції.

Термінові заходи першої черги це ПХО при вогнепальних пораненнях кінцівок із значними пошкодженнями м'яких тканин або при вогнепальних переломах довгих трубчастих кісток, ПХО при ранах, які забруднені отруйними речовинами, радіоактивними речовинами або землею, ПХО при значних відкритих пошкодженнях м'яких тканин, ПХО при проникаючих пораненнях порожнин без ознак кровотечі, асфіксії або розлитого перитоніту, ампутації кінцівок при їх руйнації або ішемічній гангрени, вторинну хірургічну обробку ран при рановій інфекції.

Термінові заходи другої черги це ПХО рани за показами, повторна хірургічна обробка рани. Обсяг кваліфікованої хірургічної допомоги, який виконується за життєвими показами це виконуються невідкладні заходи. При скороченому обсязі кваліфікованої хірургічної допомоги виконуються невідкладні заходи та термінові заходи 1-ї черги. При наданні кваліфікованої хірургічної допомоги в повному обсязі виконуються невідкладні, термінові заходи 1-ї черги та термінові заходи 2-ї черги [8].

Електротермохірургічна апаратура та технології в повній мірі використовуються на етапі спеціалізованої хірургічної допомоги. Така допомога носить вичерпний характер, її мета досягти успішного результату лікування з максимальним відновленням працездатності поранених.

У значній частині випадків комплексне застосування височастотних та конвекційно-інфрачервоних хірургічних технологій дозволяють перевести рану з стану забрудненої мікроорганізмами в стерильну, зупинити в рані інфекційний процес на будь якій його стадії, а видалення нежиттєздатних тканин ліквідувати сприятливе середовище для його відновлення. У зв'язку з цим відпадає необхідність для цілого ряду ситуацій здійснювати дренажування вогнепальних поранень, що суттєво спрощує ПХО та подальше лікування пацієнта.

Накладання первинного глухого шва при ПХО суттєво прискорює загоювання рани, але при цьому суттєво зростає ризик інфекційних ускладнень. Традиційні технології хірургічної допомоги в більшості випадків забороняють накладати глухий первинний шов після обробки вогнепальної рани за винятком невеликого переліку випадків. Одними з головних умов накладання первинного шва при ПХО вогнепальних ран є відсутність ознак та загрози розвитку інфекційних ускладнень та

впевненість в повноцінності ПХО. Комплексне застосування електротермохірургічних технологій дозволяють вирішити ці питання [10].

Ця ситуація також збільшує процент накладання первинних швів (накладаються, як завершення ПХО) та первинних провізорних (накладаються при ПХО, затягуються на 4-5 добу) у відношенні до первинних відстрочених (накладаються до появи грануляцій на 6-7 добу), вторинних ранніх (накладаються після появи грануляцій до розвитку рубця на 8-15 добу) та вторинних пізніх (накладаються після розвитку рубця з висіченням рубця і грануляцій на 20-30 добу).

Застосування комплексних електротермохірургічних технологій у значній мірі дозволяють вирішувати питання збереження живих тканин, як окремої технології методики ПХО вогнепальних ран. У традиційному формулюванні вона зводиться до алгоритму: економна хірургічна обробка м'яких тканин рани (вихідного отвору) з видаленням зруйнованих тканин за принципом «краще залишити мертві тканини, аніж висікти живі», збереження дрібних кісткових уламків, пов'язаних з тканинами, та великих кісткових уламків з ними не пов'язаних. Однак це потребує проведення інтенсивної інфузійно-трансфузійної протишокової терапії протягом гострого та підгострого періодів лікування поранення, масивного промивання рани розчинами антисептиків та препаратами, що транспортують кисень, при наявності набряку проведення декомпресії фасціальних футлярів (фасціотомія), первинний, або первинно-відстрочений стабільно-функціональний остеосинтез апаратами зовнішньої фіксації або гіпсовою пов'язкою [14].

Електротермохірургічна апаратура та технології в повній мірі використовуються при проведенні повторної хірургічної обробки. Це друге і наступне хірургічне втручання, яке проводиться при неповноцінності ПХО (або вторинної хірургічної обробки рани), до розвитку інфекційних ускладнень. Під час повторної хірургічної обробки ран проводиться видалення сторонніх тіл, некректомія нежиттєздатних тканин, накладається первинний відстрочений шов рани.

При проведенні вторинної хірургічної обробки, яка проводиться за вторинними показами з приводу інфекційних ускладнень та для закриття великих дефектів шкіри рани в стадії проводиться ревізія та санація рани, аутодермопластика, накладаються вторинні шви, пластика дефекту рани зміщенням клапотом шкіри чи марочним метод.

Окремо необхідно розглянути ефективність застосування комплексних електротермохірургічних технологій пацієнтам з мінно-вибуховими ураженнями. За визначенням мінно-вибухова травма - це

сполучена травма, яка виникає внаслідок імпульсної дії комплексу уражаючих факторів вибуху мінного боєприпасу і яка характеризується взаємопов'язаним и взаємно обтяжуючим впливом, як глибоких і значних за площею пошкоджень тканин, так і розвитком загального контузійно-коммоційного синдрому. Необхідність окремого розгляду цього питання пов'язана з зростаючою частотою таких уражень. Так, у другій світовій війні кількість мінно-вибухових уражень складала 2,7%; у в'єтнамській війні 12,6%; афганській війні – 25,0%, в період бойових дій на території України в період 2014-2022 за різними даними 27-30% .

Особливостями уражень при мінно-вибухових ураженнях є пошкоджуюча дія на організм ударної хвилі, високої температури і полум'я, осколків і часток вибухового пристрою, вторинні снаряди, що ранять, механічна травма в наслідок забою тіла при ударі об землю та інші тверді тіла, баротравма внаслідок значного і різкого коливання атмосферного тиску в зоні вибуху, токсична дія газоподібних продуктів вибуху та акустична травма. Звичайно в залежності від характеристик конкретного боєприпасу дія перелічених факторів може бути більш чи менш вираженою. При мінно-вибухових ураженнях виникає три зони змін у травмованих тканинах. Це зона відриву, розчавлювання і відсепарування тканин (необоротні зміни), зона контузії (вогнищеві незворотні процеси), зона комосії (структурні зміни судин і нервових стовбурів). Необхідно також відзначити значний поліморфізм анатомічних пошкоджень. Так у кожного другого спостерігається пошкодження груднини та реберного каркасу, у кожного п'ятого – гемопневмоторакс або забій серця, пошкодження очей, кісток лицьового та мозкового черепа, пошкодження органів черевної порожнини та ін.

Основні фактори формування реакції організму на мінно-вибухову травму є аферентна больова імпульсація із численних осередків ушкодження, кровотеча з декількох джерел, розвиток гіпоксії змішаного генезу, структурні пошкодження різних органів та ранній ендотоксикоз.

При розгляді перебігу мінно-вибухових уражень можна виділити наступні клінічні періоди. Це період шоку і інших гострих розладів, обумовлених пораненням (12-48 годин), ранній період після шоку (період численної органної дисфункції і неспроможності травмованих органів) – від 3 до 7 діб, період інфекційних ускладнень або значного ризику їх розвитку (від 2 тижнів до місяця і більше), період сповільненої реконвалесценції або трофічних порушень (від декількох тижнів до декількох місяців).

Аналізуючи традиційні алгоритми і принципи лікування мінно-вибухових уражень на етапах медичної евакуації, ефективність

застосування електротермохірургічних технологій та медико-технічних вимог до апаратури було встановлено, що при наданні невідкладної допомоги на догоспітальному етапі застосування будь якої хірургічної апаратури недоцільно.

Традиційні алгоритми і принципи лікування мінно-вибухових уражень на госпітальному етапі включають надання хірургічної допомоги.

В першу чергу виконують невідкладні оперативні втручання, відмова від яких веде до летального наслідку, при цьому передопераційна підготовка проводиться на операційному столі.

В другу чергу виконують термінові операції, відмова від яких веде до розвитку тяжких ускладнень, що можуть призвести до смерті хворого, при виконанні термінових оперативних втручань є 2-4 години для проведення передопераційної підготовки.

В третю чергу виконуються відтерміновані операції, відмова від яких веде до розвитку легеневих і гнійно-септичних ускладнень, відтерміновані оперативні втручання виконують на 2-3 добу після поранення.

Невідкладні та термінові операції виконуються симультантно (одночасно) або послідовно в ході одного наркозу, термінові та відтерміновані операції виконуються в ході одного наркозу, або в різні терміни.

Черговість виконання оперативних втручань їх об'єм, крім іншого, визначається кількістю поранених, що поступили на етап медичної евакуації, тяжкістю уражень, силами та засобами на етапі, якими можна надавати необхідну хірургічну допомогу. Тобто визначається максимальний час, який може бути затрачений на надання хірургічної допомоги на даному етапі наявними силами і засобами.

Зважаючи на те, що мінно-вибухові ураження відносяться до політраум, для скорочення часу надання допомоги хірургічні маніпуляції виконуються паралельно. У зв'язку з цим дуже важливим є скорочення часу на зміну електрохірургічного інструменту та можливість його застосування одночасно з використанням конвекційно-інфрачервоного інструменту.

У зв'язку з цим скорочення тривалості оперативного втручання для однотипних оперативних втручань з використанням електротермохірургічних хірургічних технологій в 2-2,5 рази для однотипних оперативних втручань у порівнянні з традиційними підходами має вирішальне значення.

Невід'ємною частиною оперативного втручання на органах шлунково-кишкового тракту є адекватна мобілізація органу. Здійснення

цього етапу пов'язане з пересіченням судин та відповідною їх обробкою. В залежності від об'єму запланованого втручання, мобілізація органу може займати до двох третин часу операції, та викликати значні складнощі. Таким чином, важливим питанням сучасної хірургії є розробка диференційованого підходу до використання існуючих та впровадження в клінічну практику нових методів гемостазу при операціях на органах черевної порожнини, які б були прості в використанні та безпечні для пацієнта.

Провідне місце серед апаратури для гемостазу в рані, за своїми можливостями та поширеністю займають електрокоагулятори (ЕК), з розсічення тканин з одночасним гемостазом дрібних судин та зупинку кровотечі з судин середнього та великого діаметру. Саме тому в межах дослідження проведено аналіз медико-технічних характеристик та порівняння результатів використання електрокоагуляторів ЭХВА-350 М/120Б, Надія-2 м.350, ForceTriad «Valleylab», ЕК-300М1 та ЕК-300М1 «ПАТОНМЕД». Були проаналізовані результати застосування електрокоагуляторів в процесі оперативних втручань з приводу хірургічної патології органів черевної порожнини, ускладненої запальним інфільтратом оточуючих тканин.

Аналіз медико-технічних характеристик електрокоагуляторів дозволяє виділити кілька груп. До першої групи були віднесені найбільш прості, бюджетні апарати з виключно функціями моно-і біполярного різання та коагуляції. Для досліджень цієї групи був використаний електрокоагулятор ЭХВА-350 М/120Б Надія-2 м.350. До другої групи – апарати з розширеними моно-і біполярними функціями (апарат ForceTriad energy platform фірми Covidien). До третьої групи – апарати, в яких передбачені лише функції зварювання ЕК-300М1 та багатофункціональний апарат ЕК-300М1 «ПАТОНМЕД» з функціями конвекційно-інфрачервоної обробки тканин.

Для аналізу клінічних результатів були використані дані експертної оцінки п'яти хірургів співробітників хірургічного відділення ВЛ №1 ст. Дарниця м. Київ, які мають досвід практичного застосування електрокоагуляторів з різними медико-технічними характеристиками. Для отримання інформації було розроблено анкету, заповнення якої проводилось безпосередньо після закінчення оперативного втручання з використанням електрокоагуляторів. Для оцінки використовували 100 бальну шкалу для якої було встановлені наступні граничні значення 0 балів – неможливість виконання маніпуляції, 50 балів виконання маніпуляції за традиційною технологією висококваліфікованим хірургом, 100 балів оптимальне, з точки зору хірургів, виконання маніпуляції (Таблиця 3).

Таблиця 3 Експертна оцінка якості виконання окремих етапів хірургічних втручань з використанням дослідних апаратів, бали ($X \pm \delta$)

Етап операції	Апарат			
	Надія-2 м.350	ForceTriad «Covidien»	ЕК-300М1	ЕК-300М1 ПАТОНМЕД
Мобілізація шлунку	61 $\pm$ 3	95 $\pm$ 2	73 $\pm$ 3	83 $\pm$ 3
Мобілізація правої половини товстої кишки	65 $\pm$ 3	98 $\pm$ 2	83 $\pm$ 3	92 $\pm$ 3
Мобілізація лівої половини товстої кишки	62 $\pm$ 2	97 $\pm$ 3	81 $\pm$ 2	91 $\pm$ 2
Розсічення брижі тонкої кишки	65 $\pm$ 3	98 $\pm$ 2	95 $\pm$ 3	98 $\pm$ 2
Мобілізація нирки та паранефральної клітковини єдиним блоком	58 $\pm$ 2	97 $\pm$ 3	88 $\pm$ 2	92 $\pm$ 2
Зупинка капілярної кровотечі з десерозованої поверхні печінки	45 $\pm$ 2	92 $\pm$ 2	80 $\pm$ 2	94 $\pm$ 2
Зупинка капілярної кровотечі з десерозованої поверхні селезінки	30 $\pm$ 2	68 $\pm$ 2	48 $\pm$ 2	96 $\pm$ 2
Якість та ергономічність інструменту	25 $\pm$ 2	98 $\pm$ 2	52 $\pm$ 2	52 $\pm$ 2
Агрегований показник якості хірургічних втручань та ергономічності	51,6125	93,1	75,2375	87,475

Порівняльний аналіз даних, які наведених в таблиці 3 дозволяє стверджувати, що агрегований показник якості хірургічних втручань, якості та ергономічності інструменту і апаратури найнижчий у апарата Надія-2 м.350 і складає 51,6 бали. У електрокоагулятора ЕК-300М1 він достовірно більший ($P<0,05$) і складає 75,24 бали, що на 47% перевищує цей показник для попереднього апарату. Агрегований показник для апарата ЕК-300М1 ПАТОНМЕД на 70% достовірно вищий ніж у Надія-2 м.350 ($P<0,01$) та на 16% більше ніж у ЕК-300М1 ($P>0,05$, позитивна тенденція).

Найвищий агрегований показник у ForceTriad «Covidien» - 93,1 бали, це на 82 % вище ніж у апарата Надія-2 м.350 ($P<0,01$), на 24% ($P<0,05$) достовірно вищий ніж у ЕК-300М1 та не достовірно вище 6,9% ($P>0,05$) ніж у ЕК-300М1 ПАТОНМЕД.

Великою перевагою високочастотної та конвекційно-інфрачервоної хірургічної технології є можливість їх застосування для малоінвазивних втручань.

Один з наслідків бойових травм, контузій, пост бар'єрної дії боеприпасів на бронезахист можуть бути шлунково-кишкові кровотечі. Їх лікування залишається актуальною проблемою, яка пов'язана з високою летальністю. За даними центру медичної статистики МОЗ України за 2017 рік госпіталізовано 18968 хворих, з них 35,56% із пізньою госпіталізацією (>24 год). Загальна летальність по Україні складає 5,87%.

По місту Києву – 7,42%. Київська область – 4,27%. Післяопераційна летальність по Україні складає 5,15%, при госпіталізації >24 год. – 7,86%. по Києву – 3,33%, при госпіталізації >24 год. – 6,32%. Київська область – 7,69%, при госпіталізації >24 год. – 7,69%. Ендоскопічний гемостаз дозволяє знизити як загальну так і післяопераційну летальність в 3-4 рази.

Найбільш часто в лікувальній практиці використовують поняття стійкого та нестійкого гемостазу зручного для визначення хірургічної тактики лікування хворих з шлунково-кишковими кровотечами. Під стійким гемостазом при проведенні відеогастродуоденоскопії мають на увазі: відсутність свіжої крові в шлунку та дванадцятипалій кишці, наявність щільного фіксованого тромбу білого кольору, відсутність видимої пульсації судин в ділянці джерела кровотечі; під нестійким гемостазом - наявність на дні джерела кровотечі тромбованої пульсуючої судини, тромбів червоного та коричневого кольору, пухкого згустку червоного кольору, наявність старої та свіжої крові в шлунку та або дванадцятипалої кишки.

На сьогодні існує ряд способів ендоскопічного гемостазу: хімічний (капрофер, ліфузол), ін'єкційний (адреналін 1:20, ремістип), монополярна коагуляція, аргонплазмова коагуляція, лазерна коагуляція, та накладання кліпс [16]. Прогноз вірогідного рецидиву кровотечі тісно пов'язаний з використанням відповідного способу ендоскопічного гемостазу.

Ін'єкційні методи гемостатичної терапії широко застосовуються і являються надзвичайно простими у використанні і на сьогоднішній день, найбільш дешевими з існуючих. Механізм гемостатичної дії полягає у вазоконстрикторному ефекті адреналіну, ефекті тампонади (здавлення джерела кровотечі оточуючими тканинами), розвитку термінального артеріїту, а також прямого впливу на процес утворення тромбу. Перевага термічних методів зупинки кровотечі (монополярна коагуляція, аргонплазмова коагуляція, лазерна коагуляція) в тому, що їх можна підвести безпосередньо до джерела кровотечі, вони мають хороший коагуляційний ефект, дешеві та прості у використанні. Гемостатична терапія за допомогою монополярної термокоагуляції використовується дуже рідко у зв'язку з надлишковим надходженням тепла до оточуючих тканин (перегрівання), а також частим ускладненням - перфорацією органу. Аргонплазмова коагуляція ґрунтується на коагуляції за допомогою потоку аргонного газу, та може використовуватись тільки при поверхневих кровоточивих дефектах (виразках, ерозіях). Недоліком методу є небезпека пошкодження судин більшого діаметру, які не кровоточать, Неможливість використання у пацієнтів зі штучним водієм ритму. Для лазерної коагуляції недоліком є дороге обладнання, що рідко використовується на практиці. При використанні механічних методів гемостазу застосовують ендокліпси, які можуть використовуватись в ситуаціях візуалізації видимих судин. Іноді виникають труднощі в їх накладанні, однак в тих випадках, коли виразки розташовані у важкодоступних місцях цей метод може бути найкращим для ендоскопічної гемостатичної терапії при виразках які кровоточать.

Вище зазначені особливості методів гемостазу пояснюються тим, що ін'єкційна та термічна гемостатична терапія не є достатньо ефективною при кровотечах з артерій діаметром більше 1мм, які розташовані на дні виразки. Для хімічного та ін'єкційного гемостазу характерною рисою є тимчасова зупинка кровотеч.

Нами запропонований новий спосіб ендоскопічного гемостазу: високочастотна зварювальна біполярна електрокоагуляція за допомогою апарату ЕК-300 М1 (в режимі перекриття). Цей метод має свої переваги:

1. На кінці електроду пристрою температура складає 550С;

2. Відсутність ураження в зоні коагуляції пояснюється поверхневою дією на тканини;

3. Діаметр судин, які заварюються від 1 до 3мм;

4. Можливість використання у хворих зі штучним водієм ритму.

Слід зазначити, що використання цього методу доцільне лише при верифікації судини, яка кровоточить [5].

При аналізі отриманого матеріалу нами в першій експериментальній групі (І група) було виділено три підгрупи, в залежності від діаметру заварюваної судини та часу біполярної електрокоагуляції (судини заварювали в режимі перекриття). До першої підгрупи І групи належать судини з діаметром 1мм, на яку діяли протягом 15 секунд; до другої підгрупи І групи – судини з діаметром 1мм, на яку діяли з експозицією заварювання 30 секунд; до третьої підгрупи І групи – судини діаметром 2 мм та часом електрокоагуляції 30 секунд.

При патоморфологічному дослідженні отриманих біопатів першої підгрупи І групи при забарвленні гематоксиліном та еозином виявлено, що ендотелій судин діаметром 1 мм на окремих ділянках має хаотичну орієнтацію – одні перичити розташовані перпендикулярно базальній мембрані, інші «розпластані» на ній, крім того наявні ділянки часткової облітерації просвіту артерій з коагуляцією ендотелію протилежних зон; в просторі судин візуалізуються еритроцити та гомогенні еозинофільні маси. При забарвленні стінки артерій на еластичні волокна звертає на себе увагу «гофрований» вигляд внутрішньої еластичної мембрани, що свідчить про спазм стінки артерій.

Виявлено, що субендотеліально наявні множинні дрібні порожнини з гомогенною, на окремих ділянках з базофільною, рідиною та оптично пусті простори навколо гладких м'язових клітин середньої оболонки, що вказує на набряк стінки судини. Наявні ділянки розволокнення адвентиції та частково середньої оболонки артерії: розволокнення зовнішньої еластичної мембрани та часткову дезорганізацію еластичних волокон адвентиційної оболонки. Артерії суміжних ділянок діаметром менше 1 мм частково облітеровані, поодинокі – повністю. Трофічні структури (судини судин) та нервові стовбури адвентиції та суміжних тканин інтактні; присутній виражений набряк периневральних, периваскулярних м'яких тканин.

При морфологічному дослідженні біопатів артерій другої підгрупи І групи виявлена субтотальна та тотальна облітерація просвіту судин з коагуляцією ендотелію, набряком стінки артерії. Знайдено деструкція еластичних волокон внутрішньої та зовнішньої еластичної мембрани, еластичних волокон адвентиції.

При морфологічному дослідженні біоптатів артерій третьої підгрупи I групи виявлено, що облітерація просвіту не відбулась, стінка артерії свою структуру зберегла: зовнішня та внутрішня еластичні мембрани цілі, мають «гофрований» вигляд, еластичні волокна адвентиції збережені. При дослідженні біоптатів артерій діаметром 3мм другої підгрупи II групи, на які діяли методом біполярної електрокоагуляції протягом 30 секунд морфологічно виявлено, що простір артерії облітерований: частково за рахунок спазму стінки артерії та коагуляції ендотелію діаметральних ділянок інтими судини, частково за рахунок коагуляції еритроцитів з формуванням тромботичних мас. В другій експериментальній групі (II група) виділено три підгрупи, в залежності від діаметру заварюваної судини та часу біполярної електрокоагуляції.

При патогістологічному дослідженні біоптатів артерій діаметром 2 мм першої підгрупи II групи, на які діяли методом біполярної електрокоагуляції з експозицією 15 та 30 секунд, при стандартному забарвленні гематоксиліном та еозином виявлена субтотальна (15 секунд) та тотальна (30 секунд) облітерація просвіту артерій з коагуляцією ендотелію. Встановлено втрату нормальної будови адвентиційної оболонки з гомогенізацією периваскулярних тканин. При забарвленні на еластичні волокна виявлено, що в артеріях, на стінки яких діяли з експозицією 15 секунд, простори - облітеровані, внутрішня еластична мембрана відносно збережена, має «гофрований вигляд», еластичні волокна різних шарів зруйновані, не визначаються, на окремих ділянках зовнішня еластична мембрана розшарована.

Встановлено розшарування внутрішньої еластичної мембрани та дезорганізація еластичних волокон середньої оболонки, зовнішньої еластичної мембрани, адвентиції. В оточуючих тканинах дрібні судини та нервові стовбури відносно збережені, сполучнотканині компоненти з ознаками гомогенізації.

При дослідженні біоптатів артерії діаметром 3мм, на яку діяли методом електрокоагуляції з експозицією 60 секунд і віднесли до третьої підгрупи II групи виявлено повна облітерація просвіту артерії, руйнування та гомогенізація шарів, відсутність еластичних волокон, гомогенізація оточуючих артерію м'яких тканин.

На підставі проведеного експериментально-морфологічного дослідження та проведених статистичних розрахунків на рівні значущості 0,05, можна зробити висновок, що для зупинки кровотечі з судини діаметром 1мм найбільш ефективною є експозиція 30 секунд при застосуванні зонда 2 мм. Для ефективного гемостазу кровотечі з судини діаметром 2мм ефективним є застосування зонда 2 – 30секунд

експозиції. Для ефективного гемостазу судин 3мм достатня експозиція не менше 30 секунд із застосуванням зонда 3,2 мм.

Таким чином експериментально обґрунтовано, що при застосуванні зонда діаметром 2мм та діаметрі судини 1 мм на 15 секундів наступила зупинка кровотечі, при діаметрі судини до 2 мм на 30 секундів зупинка кровотечі наступила частково. При застосуванні зонда діаметром 3,2мм та діаметрі судини до 2 мм включно на 30 секундів наступила повна зупинка кровотечі, при діаметрі судини до 3 мм включно експозиція 30 секунд та більше була достатньою для гемостазу. Враховуючи результати експериментальної операції, недоліки вже існуючих методів зупинки кровотеч, при зварювальній електрокоагуляції більш ефективніше настає гемостаз при кровотечах із судин з діаметром 2-3мм без пошкодження сусідніх судин або анатомічних утворень. Впровадження та використання в практиці лікарями-ендоскопістами зварювальної електрокоагуляції створює нові можливості у лікуванні шлунково-кишкових кровотеч.

Висновки та рекомендації

1. Проведений аналіз сучасних вогнепальних, мінно-вибухових поранень і бойових травм в ході збройного конфлікту та нещасних випадків мирного часу. Визначені основні хірургічні маніпуляції, що здійснюються на етапах медичної евакуації та в медичних закладах де надається перша лікарська, кваліфікована та спеціалізована допомога. Оцінена ефективність сучасної хірургічної апаратури, що заснована на фізичних принципах, тенденції та перспективи її подальшого розвитку.

2. Встановлено, що оперативні втручання, що проводяться з приводу цієї патології мають ряд особливостей. Перш за все це те, що усі вогнепальні та мінно-вибухові рани мирного та воєнного часу є первинно забрудненими мікробами. Пацієнта з такими пораненнями, можуть поступати в лікувальні заклади, де їм надається перша лікарська, кваліфікована чи спеціалізована допомога можуть поступати на різних стадіях інфекційного процесу включно з сформованою гнійною ранюю. З урахуванням дефіциту часу на надання необхідної допомоги в таких випадках застосовують антибіотики широкого спектру дії в максимальних дозах. Однак це не гарантує необхідної антибактеріальної терапії у випадках резистентних до антибіотиків штамів збудників. Проведення необхідних посівів на чутливість інфекції до антибіотиків є достатньо затратним у фінансовому, матеріально-технічному та кадровому забезпеченні. Використання термохірургічної апаратури дозволяє стерилізувати рану та одночасно забезпечити гемостаз в рані з дрібних судин, паренхіми органів, губчастих кісток та капілярів.

3. Проведений аналіз умов, об'єму та характеру надання хірургічної допомоги на етапах медичної евакуації дозволив визначити кілька типів багатофункціональної електротермохірургічної апаратури для надання першої лікарської, кваліфікованої та спеціалізованої допомоги.

4. Аналіз даних власних досліджень з використанням лабораторних зразків та багатьох досліджень інших авторів дозволяють аргументовано рекомендувати застосування розробленої конвекційно-інфрачервоної термохірургічної апаратури для дезінфекції забруднених мікробами ран на різних стадіях інфекційного процесу включаючи гнійні рани.

5. Для вирішення завдань, які стоять на етапі першої лікарської допомоги найбільш ефективними є багатофункціональні високочастотні коагулятори, що дозволяють зупинити кровотечу з судин з можливістю застосування конвекційно-інфрачервоного інструменту для дезінфекції ран в режимі переключення. З урахуванням умов експлуатації, регулярним переміщенням в зоні бойових дій корпус цієї апаратури повинен відповідати вимогам до польової медичної апаратури.

6. Етап кваліфікованої та спеціалізованої допомоги передбачає виконання значно складніші оперативні втручання включаючи категорію політравми. Оперативні втручання проводяться кількома хірургами одночасно з чітко визначеними завданнями для кожного з них.

7. Тому багатофункціональна електротермохірургічна апаратура повинна забезпечувати можливість одночасної роботи високочастотного електрозварювального конвекційно-інфрачервоного інструмента. При цьому підключення двох високочастотних інструментів одночасно з можливістю швидкого переключення їх в робочий режим суттєво прискорює проведення оперативних втручань.

8. Враховуючи, що кваліфікована та спеціалізована допомога може надаватись, як в польових мобільних медичних закладах так і в стаціонарних операційних, корпуси апаратури може виготовлятися для польових та стаціонарних умов відповідно до необхідності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білий, В.Я. Актуальність «платинової хвилини» та «золотої години» для сучасної системи лікувально-евакуаційних заходів / В.Я. Білий, А.В. Верба, М.І. Бадюк, В.О. Жаховський, В.Г. Лівінський, Г.О. Слабкий, М.В. Кудренко, І.П. Мельник // Україна. Здоров'я нації. – 2016. – № 4 (40). – С.19-27.

2. Військова хірургія з хірургією надзвичайних ситуацій / За ред. В.Я. Білого. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2004. – 324 с.

3. Звіт про науково-дослідну роботу дослідження механізмів структурних перетворень живих тканин при їх з'єднанні та обробці в умовах, що відповідають електротермохірургічним операціям, з метою подальшого розвитку і вдосконалення технології, обладнання та інструменту (заклучний) / ІЕЗ НАН України. – Том 2. – Київ, 2015. – С. 27-32.

4. **Лурін, А.І.** Військово-польова хірургія / А.І. Лурін, Є.В. Цема. – К.: Кафедра хірургії №4, 2013. – 54 с.

5. **Опарін, С.О.** Експериментальне обґрунтування лікування шлунково-кишкових кровотеч за допомогою ендоскопічної височастотної зварювальної біполярної електрокоагуляції / С.О. Опарін, О.О. Дядик, Я.П. Фелештинський, Б.В. Сорокін, К.С. Козлова, Д.В. Луценко, ОВ. Грузинський // MORPHOLOGIA, 2018. – Том 12. – № 3. – С. 105-109.

6. Пат. UA 23204 Україна, МПК (2006) A61B 17/00. Спосіб безлігатурного з'єднання дефектів м'яких живих тканин [Текст] / Б.Є.Патон, В.С. Гвоздецький, Ю.О.Фурманов та ін. (Україна). – Заявл. 28.12.2006 ; опубл. 10.06.2007, Бюл. №6. – 4 с.

7. Пат. UA 32900 Україна, МПК (2006) A61B 17/22. Спосіб санації гнійно-септичних вогнищ підшлункової залози [Текст] / Ю.О.Фурманов, І.В.Хомяк, В.С. Гвоздецький та ін. (Україна) – Заявл. 28.12.2006; опубл. 10.06.2007, Бюл. №6. – 4 с.

8. Посібник до практичних занять з військово-польової хірургії / за ред. проф. О.Є. Лоскутова – Тернопіль, Укрмедкнига, 2003. – 218 с.

9. **Сухін, І. А.** Диференційований вибір методів розділення тканин та гемостазу в умовах запального інфільтрату черевної порожнини (експериментально-клінічне дослідження) : дис. ... д-ра мед. наук : 14.01.03 - Хірургія / І. А. Сухін ; ДУ «Нац. ін-т хірургії та трансплантології ім. О. О. Шалімова». Київ, 2015. – С.128-129.

10. **Сухін, І. А.** Дослідження впливу на паренхіматозні органи високотемпературних методів розсічення та коагуляції тканин в експерименті / І. А. Сухін, І. Ю. Худецький, С. Г. Качан, О. М. Білиловець // Клін. хірургія. – 2013. – № 1. – С. 76-78.

11. **Фурманов, Ю.А.** Создание экспериментальных моделей инфицированных ран с последующей термоструйной обработкой / Ю.А.Фурманов, И.М.Савицкая, В.Г.Терехов, В.С.Гвоздецкий С.Н.Терехов, О.А.Гейленко// Клінічна хірургія. – 2008. – № 11-12. – С.24-25.

12. **Худецький, І. Ю.** Подальше вдосконалення апаратури для припинення кровотечі, оброблення й лікування інфікованих ран з використанням високотемпературного потоку / І. Ю.Худецький, І. В.

Кривцун, Г. В. Терехов, В. О. Петухов, Л. О. Новгородська // - Клінічна хірургія. – 2010. – №7. – С. 53-55.

13. **Шудрак, А. А.** Бойова хірургічна травма в ході проведення АТО 25 лютого 2015 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://present5.com/bojova-xirurgichna-travma-v-xodi-provedennya-ato-25/>

14. **Юнко, М.А.** Хірургія військової травми [Текст] : практикум для студентів медвузів України. / М.А. Юнко, Я.Е. Яцкевич – Львів, 2005. – 166 с.

15. **Akin, M.** Comparison of heater probe coagulation and argonplasma coagulation in the management of Mallory-Weiss tearsand high-risk ulcer bleeding./ M. Akin, E. Alkan, Y. Tuna, T. Yalcinkaya, B. Yildirim // [Arab Journal of Gastroenterology](#). – Volume 18, Issue 1, March 2017. – PP. 35-38..

16. **Fomin, P.D.** Methodological recommendations. / P.D. Fomin, B.B. Boiuko, B.B. Haponov, V.I. Nikishaev // Minutes. – 2012. – №5. – 5-12.

17. Pat. for model 30372 Ukraine. Int. Cl. A61B 18/04. Method for treatment of gunshot wounds / Paton B.E, Furmanov Y.A, Gvozdetskiy V.S. et al. – appl. 25.10.2007 ; publ. 25.02.2008.

18. **Paton, B.E.** Welding and related technologies for medical applications / B.E. Paton // International The Paton Welding Journal. – №5. – PP.11-25.