

СТВОРЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ ТЕРМОГРАФІЧНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ВОГНЕПАЛЬНИХ ПОРАНЕНЬ М'ЯКИХ ТКАНИН

I. П. Хоменко¹, К. В. Гуменюк¹, Є. В. Цема^{1,2}, С. В. Тertiшній³,

¹Національний військово-медичний клінічний центр Міністерства оборони України, Київ

²Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ

³Військово-медичний клінічний центр Південного регіону Міністерства оборони України, Одеса.

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30042020/7022

ARTICLE INFO

Received: 18 February 2020

Accepted: 19 April 2020

Published: 30 April 2020

KEYWORDS

dynamic digital thermography (DDT), the stage of medical evacuation (SME), thermographic classification of gunshot wounds of soft tissues.

ABSTRACT

The aim. To study the effectiveness of using dynamic digital thermography in wounded with gunshot injuries of soft tissues in a multimodal reconstruction scheme. Based on the materials received, propose the concept of thermographic classification of gunshot wounds of soft tissues. Conclusions. The use of a multimodal approach in the reconstructive treatment of gunshot wounds of soft tissues is an effective method of repairing a damaged anatomical structure. The integration of the information obtained during the DDT is the main basis for the materialization of the conceptual creation of thermographic classification of gunshot wounds of soft tissues.

Citation: I. P. Khomenko, Ye. V. Tsema, K. V. Gumenuk, S. V. Tertyshnyi. (2020) Creation Concept of Thermographic Classification of Gunshot Wounds of Soft Tissues. *World Science*. 4(56), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal_ws/30042020/7022

Copyright: © 2020 I. P. Khomenko, Ye. V. Tsema, K. V. Gumenuk, S. V. Tertyshnyi. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Вступ. Травматичне пошкодження м'яких тканин в теперішній час розглядається в основному в межах цивільної медицини. Але враховуючи збільшення кількості військових конфліктів та застосування нових методів обстеження людського тіла перед військовими та цивільними хірургами постає важливе питання – оцінка ушкодження м'яких тканин та класифікація «специфічних» пошкоджень. Проведений аналіз літератури по питанню вогнепальних ран м'яких тканин [1, 2, 3, 5, 10, 14] дозволяє виділити актуальність термографічного аналізу в ході хірургічного лікування вогнепальних поранень м'яких тканин.

Динамічна цифрова термографія (ДЦТ) – це концептуально новий погляд до етіології, патогенезу та лікування вогнепальних ран. Актуальним в вирішенні такої важкої проблеми є мультидисциплінарний підхід (судинні хірурги, абдомінальні хірурги, травматологи) де кожний фахівець розглядає один з власних питань, близьких до фаху.

Мета роботи: вивчити ефективність використання динамічної цифрової термографії у поранених з вогнепальними пошкодженнями м'яких тканин в мультимодальній схемі реконструктивного відновлення. На підставі отриманих матеріалів запропонувати концепцію термографічної класифікації вогнепальних ран м'яких тканин.

Матеріали та методи. В статті представлений аналіз результатів отриманих під час динамічної цифрової термографії вогнепальних ран м'яких тканин [6, 8] у поранених ООС з січня по травень в 2020 році. Результати були інтегровані в основу запропонованої термографічної класифікації.

Базою запропонованого нами методу є тепловий біоефект – локальна температура тіла на спостерігає мій поверхні [11]. Одиниці вимірювання – температура тіла в °C на поверхні пошкодженої ділянки. Важливу роль займає тепловий індекс. Його значення інформує про

умови, які можуть призвести до змін температури на поверхні тіла, всередині тканин, або в точці фокусування тепловізійного спостереження [12, 13, 14, 15]. Тобто, значення отриманої інформації у вигляді температури повідомляє про зміни в м'яких тканинах тіла. Даний метод оцінки має свої специфічні властивості. Фактичне значення температури тіла або теплового біоефекту залежить від:

1. обмінних процесів в людському тілі (головним з яких є обмін глюкози);
2. кількості формених елементів крові (які проходять через одиницю площі, що сканується);
3. швидкість кровотоку через магістральну, або перфорантну судину;
4. цілісність шкірного покриву;
5. наявності запального процесу.

Отриманий результат температури слід використовувати як керівництво для реалізації хірургічної допомоги на всіх етапах надання медичної допомоги в військово – медичних силах ЗСУ. Залежно від обстеження можуть бути три температурні зони :

- I температурна зона – коли температура тіла на поверхні пошкодженої ділянки більше 32 °С. В такому випадку хірург обмежується видаленням вільних чужорідних та девіталізованих тканин, санацією поверхні антисептичним розчином ;

- II температурна зона – коли температура тіла на поверхні пошкодженої ділянки від 28.5-32 °С. При таких показниках спостерігається більша за глибиною та за площею пошкоджена ділянка. Під час оперативного втручання хірург має «збільшити» об'єм оперативного втручання, але в «межах» стабілізації тепловізійних зон – зони розташування магістральних судин чи проекції перфорантних гілок;

- III температурна зона - коли температура тіла на поверхні пошкодженої ділянки нижче 28.5°С. Перш за все треба адекватно оцінювати стан та обсяг при такому типі пошкодження. М'які тканини «мовчать» тепловізійно – значить, що в м'яких тканинах пройшли незворотні зміни та кровопостачання відсутнє. Така інформація дає хірургу покази для більш радикальних мір: висічення великого об'єму пошкоджених структур, ампутації при наявності демаркаційної лінії.

Альтернативним методом оцінки зони пошкодження є діагностика тепловізійного «відбитку». Процедура складається з декількох етапів. На першому етапі по всій поверхні рани фіксують марлеву серветку, розтягуючи її з обох сторін. Другим етапом проводиться нанесення серветки – відбитку на предметний стіл перев'язувальної або операційної.

Третім етапом проводиться сканування поверхні серветки – відбитку за допомогою портативної системи FLIR C2 [17,18]. Термографічна оцінка інформації отриманої під час сканування виконується згідно фізіологічного діапазону температур на поверхні людського тіла.

Вищевказані обстеження актуальні на I та II рівні надання медичної допомоги, коли в умовах відсутності часу треба «швидко» оцінити стан, продіагностувати та прийняти рішення о доцільному шляху лікування.

На III та IV рівні надання медичної допомоги можливо в умовах стабільності загального стану пораненого провести турнікетний тест. Його проведення стосується тільки поранень кінцівки та не застосовується в разі поранень тулуба, шиї та голови.

Під час проведення турнікетного тесту треба виділити наступні кроки:

Перший крок – термометричне сканування поверхні пошкодження, за мультимодальною схемою, як на I та II ЕМЕ.

Другий крок – використання аудіодоплеру, чи професійних систем ультразвуку для підтвердження «теплих» зон отриманих під час динамічної термографії.

Третій крок – накладання пневматичного турнікету фірми «Stryker», чи гумового турнікету Есмарха до 3 хвилин.

Четвертий етап – термографічне сканування ранової поверхні з визначенням «перших» осередків кровообігу, з яких потенційно буде формуватися база для реконструкції.

Результати та їх обговорення.

У разі значних ранових дефектів м'яких тканин колективом авторів запропонована інша тактика:

1. Термометричне сканування з визначенням «теплих» зон, які позначаються розчином діамантового зеленого.

2. На ранову поверхню кладуться стерильні серветки поверх яких укладають синтетичні охолоджуючі гелеві компреси Nexsage 3 M (укладений на стерильні серветки) на 5 хвилин.

3. Повторно проводиться термометричне сканування ранової поверхні. Під час динамічної цифрової термометрії оцінюється потенціал відновлення: за який час відбувається стабілізація температури на поверхні рани, в яких ділянках скоріше проходить відновлення; визначаються «умовні» зони реконструкції. Даний підхід дає чітку картину плану реконструктивно-відновлювального лікування вогнепальних ран м'яких тканин.

Об'єктивним додатком в підтвердженні представленої термографічної гіпотези є ультразвукове дослідження [3, 4] «теплих» зон – місця розташування магістральних чи перфорантних судин. На I та II рівні надання медичної допомоги ми радимо використовувати аудіодоплер в якості ультразвукового підтвердження «теплих» зон, а на III та IV рівнях радимо використовувати професійні ультразвукові системи та СКТ [9, 19, 20, 21], які не тільки підтверджують точне розташування перфорантних судин на рановій поверхні, але й дають можливість оцінити анатомічну структуру судини (діаметр) в умовах рани та швидкість кровотоку цього «ключа».

Комбінація динамічної цифрової термометрії та ультразвуку підтверджує гіпотезу з приводу зон «відновлення» або «ключів» відновлення, що демонструє перспективу мультимодального підходу при реконструктивно-відновлювальному лікуванні вогнепальних ран м'яких тканин.

Поєднання різних за природою факторів під час діагностики [9, 11, 13] та динамічного спостереження лікувального процесу вогнепальної рани м'яких тканин надає можливість запропонувати наступну класифікацію – **ТЕРМОГРАФІЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ ВОГНЕПАЛЬНИХ РАН М'ЯКИХ ТКАНИН.**

Таблиця 1. Термографічна класифікація вогнепальних ран м'яких тканин

Зона термографічної стабільності	Стойка зона	Нестабільна	Холодна
Температура на поверхні тіла	більше 32 °C	28.5 °C - 32 °C	нижче 28.5 °C
Час від моменту поранення	до 4 годин	6 годин	більше 6 годин
Порівняння отриманого температурного результату з непошкодженою анатомічною ділянкою (нижче контр латеральної анатомічної структури)	на 2.5 °C	2,5-4 °C	більше 4 °C

Рахуємо можливим запропонувати дану класифікацію, бо вона несе у собі риси не тільки додаткової інформативності при оцінці вогнепального пошкодження, але й зручності та мобільності. Мобільність обумовлена розмірами термографічної мобільної камери та простотою застосування на всіх етапах надання медичної допомоги. Важливим фактором тепловізійного обстеження є економічна складова – ціна тепловізору та його витратних матеріалів.

Під час оформлення цієї класифікації ми передбачали, що до неї мають увійти такі моменти:

- час обстеження;
- час після поранення;
- вид поранення;
- локалізація та морфологічні зміни анатомічної зони після поранення;
- порівняння отриманого температурного результату з непошкодженою анатомічною ділянкою.

Але для статистично достовірних даних треба мати термостабільні умови, до яких відноситься: постійна температура приміщення 21 °C, де виконується термографічний скринінг, вологість не більше 18.3 г/см³ та відсутність циркуляції повітря нижче 21 °C. Виходячи з

реальної картини застосування термографічної діагностики на першому та на другому етапі дання медичної допомоги в ЗСУ неможливо дотриматись таких умов. Застосування при діагностиці та лікуванні на I та на II етапі медичної евакуації (ЕМЕ) надає можливість зменшити та прискорити об'єм оперативного втручання, зберегти більший об'єм пошкодженої анатомічної структури. У випадку надання медичної допомоги на III та IV ЕМЕ вже є можливість працювати в «оптимальних» умовах, що дозволяє якісніше оцінити трансформацію пошкодженої ділянки, оточуючі тканини та виконати реконструктивно-відновлювальне хірургічне втручання з мінімальним ризиком ускладнень [6, 7, 15, 16].

Актуальність застосування термографічного процесу в умовах бойових дій та нашої мультимодальної схеми була підтверджена на I та II ЕМЕ аудіодоплером, а на III та IV рівні професійними ультразвуковими системами.

Простота та швидкість в поєднанні з мобільністю – є головним факторами на передовій військово – медичних сил ЗСУ. Інтерпретація поєднання обумовлена підтвердженням думки: «тепла» зона – залишається, «холодна» зона – видаляється. В умовах передової (I та II рівня ЕМЕ) FLIR C2 в поєднанні з Sonotrax, на нашу думку є оптимальним доповненням до класичної схеми діагностики вогнепального поранення м'яких тканин.

Імплементация мультимодальної схеми діагностики – це практичне відпрацювання нової за походженням класифікації – термографічної класифікації вогнепальних ран м'яких тканин.

Здійснено в умовах I та II рівнів ЕМЕ на сході України на базі 61 Військово – медичного госпіталю та на III та IV рівнях Військово – медичного клінічного центру Південного регіону (м. Одеса) та Національного Військово – медичного клінічного центру ГВКГ (м. Київ). Діагностична імплементация мультимодальної схеми була відпрацьована на I та II ЕМЕ на протязі 4 місяців 2020 з січня по травень в 34 випадках. Під час спостереження поранених встановлено, що отримані нами результати мали перевагу за рахунок мобільності на 50 % в порівнянні з класичними методами рентген обстеження. Проведені спостереження дозволили виділити найбільш значні аргументи ефективності запропонованої схеми:

1. скорочення часу хірургічного втручання на 25% обумовлено набуттям досвіду нових методів діагностики, оцінки пошкодження м'яких тканин при вогнепальному пораненні з використанням мультимодальної схеми.

2. скоріша стабілізація загального стану пораненого, наступна підготовка для евакуації на вищій ЕМЕ спостерігався в 27% випадків.

3. збереження більшого об'єму пошкодженої структури на 18% в наслідок чого відбувається прискорення відновлення ураженої ділянки.

4. Збільшення на 15 % активних рухів в суглобах пошкоджених кінцівок при застосування мультимодального підходу.

5. Прискорення морфологічного відновлення м'яких тканин відбувається в 1.5 рази скоріше за рахунок збільшення щільності фібробластів ранової поверхні.

Під час клінічного обстеження на ЕМЕ у поранених було встановлено достовірну позитивну динаміку відновлення пошкодженої ділянки [5, 7]. Ступень обмеження рухів корелював з об'ємом поранення. В результаті проведених спостережень було встановлено, що поєднання динамічної цифрової термографії та ультразвукового обстеження підвищує якість хірургічної допомоги та зменшую кількість ускладнень на 17%. Швидке одужання, яке відбувалось в ході імплементации мультимодального підходу покращувало психоемоційний стан поранених.

Висновки. Застосування мультимодального підходу при реконструктивно-відновлювальному лікуванні вогнепальних ран м'яких тканин являється ефективним методом відбудови пошкодженої анатомічної структури. Інтеграція отриманої інформації під час ДЦТ [13, 18] є основною базою для матеріалізації концептуального створення термографічної класифікації вогнепальних ран м'яких тканин.

Ефективність мультимодального підходу залежить від стану та об'єму поранення.

Досвід практичного використання динамічної цифрової термографії в поєднанні з ультразвуком продемонстрував високий зв'язок між різними за природою методами діагностики та їх доповнюючою ефективністю при лікуванні поранених з пошкодженням м'яких тканин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Білий В.Я., Заруцький Я.Л. Военно-польова хірургія // Київ «Фенікс», 2018р. – С. 498 – 500.
2. Гаилов А. Д., Урунбаев Д. У., Дадажанова Ф. А. Особенности хирургической тактики при сочетанных костно-сосудистых огнестрельных ранениях // Ангиол. и сосуд. хир. – 1999. – № 2. – С. 57–61.
3. Гамбарин Б. Л., Бахридинов Ф. Ш., Хаза Н. М. Оценка регионарного кровотока нижних конечностей методом ультразвуковой доплерографии // Клини. медицина. – 1985. – Т. 43, № 8. – С. 123–126.
4. Долинин В.А., Лебедев Л.В., Перегудов И.Г., Гордеев Н.А. Техника хирургических операций на сосудах. – СПб.: Гиппократ, 2004. – С. 176–177.
5. Лимберг А.А. Планирование местнопластических операций на поверхности тела. Теория и практика: рук. для хирургов / А.А. Лимберг. – Л.: Медгиз, 1963. – 509 с.
6. Самохвалов И.М. Ранения магистральных кровеносных сосудов /Опыт медицинского обеспечения войск в Афганистане 1979-1989 гг. – Т.3. оказание хирургической помощи при ранениях различной локализации/ Под ред.И.А. Ерюхина, В.И. Хрупкина. – Гл.11. – М.: ГВКГ им. Акад. Н.Н. Бурденко.2003. – С.422–444.
7. Слесаренко С.В., Бадюл П.А., Слесаренко К.С./ Алгоритм пластической реконструкции при раневых дефектах //Пластична, реконструктивна і естетична хірургія. – 2015.- № ½. – С. 6–12.
8. Самойленко Г.Е. Особенности обширных огнестрельных ран и их пластического закрытия / Г.Е. Самойленко, О.В. Андреев // Харківська хірургічна школа. – 2016. - №3. – С 118 – 122.
9. Обельчак И. С., Бокерия Л. А., Войновский А. Е., Акимов А. В. Мультиспиральная компьютерная томография в диагностике огнестрельных повреждений магистральных сосудов // Радиология-практика. – 2012. – №5.
10. Озерецковский Л. Б., Перегудов И. Г. О механизме не прямых повреждений артерий конечностей при огнестрельных ранениях // Вестн. хирургии. – 1972. – Т. 109, № 11. – С. 108–112.
11. Chubb D, Rozen WM, Whitaker IS et al. Images in plastic surgery. Digital thermographic photography (“thermal imaging”) for preoperative perforator mapping. *Annals of Plastic Surgery* 2011; 66, 324-325.
12. de Weerd L, Mercer JB, Voe Setså L. Intraoperative dynamic infrared thermography and free-flap surgery. *Annals of Plastic Surgery* 2006; 57, 279–284.
13. Chubb D, Rozen WM, Whitaker IS et al. Images in plastic surgery. Digital thermographic photography (“thermal imaging”) for preoperative perforator mapping. *Annals of Plastic Surgery* 2011; 66, 324-325.
14. Domanlecl J., Orłowski T., Prizystasz T. Gunshot wounds caused by modern firearms in the light of our investigations // *J. Trauma*.1988. –Vol.28, N 1.- P.163–165
15. Itoh Y, Arai K. Use of recovery enhanced thermography to localize cutaneous perforators. *Annals of Plastic Surgery* 1995; 34, 507–511.
16. Masia J, Clavero JA, Larrañaga JR et al. Multidetector-row tomography in the planning of abdominal perforator flaps. *Journal of Plastic and Reconstructive Aesthetic Surgery* 2006; 59, 594–599.
17. Miland ÁO, de Weerd L, Mercer, JB. Intraoperative use of dynamic infrared thermography and Indocyanine green fluorescence video angiography to predict partial skin flap loss. *European Journal of Plastic Surgery* 2008; 30, 269-276.
18. Pascoe DD, Mercer JB, de Weerd L. Physiology of thermal signals. In Diakides NA, Bronzino JD (eds). *Medical Infrared Imaging* CRC Press, Taylor Francis Group, Boca Raton 2008; 6.1-6.20.
19. Perforator flap Second edition Anatomy Technique and Clinical Applications, Phillip N. Blondeel Steven F. Morris Geoffrey G.Hallock Peter C. Neligan, volume II,2013 p 1247–1250.
20. Ribuffo D, Atzeni M, Saba L, et al. Angio computed tomography preoperative evaluation for anterolateral thigh flap harvesting. *Ann Plast Surg* 62:368–371, 2009.
21. Taylor GI, Palmer JH. The vascular territories (angiosomes) of the body: experimental study and clinical application. *Br J Plast Surg* 40:113-141, 1987.