

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ ОГНЕСТРЕЛЬНЫХ РАН МЯГКИХ ТКАНЕЙ

Р.Н. Михайлусов

д-р мед. наук, доцент
Харьковская медицинская академия
последипломного образования
ул. Амосова, 58, г. Харьков, 61176, Украина
тел.: +38 (057) 711-80-19
e-mail: mihailusov1@ukr.net
ORCID 0000-0001-5869-7013

А.Н. Велигоцкий

д-р мед. наук, проф., заведующий кафедрой
кафедра эндоскопии и хирургии
Харьковская медицинская академия
последипломного образования
ул. Амосова, 58, г. Харьков, 61176, Украина
тел.: +38 (057) 725-09-22
e-mail: a.n.veligotsky@gmail.com
ORCID 0000-0002-6837-5429

Л.Ю. Свириденко

директор клиники «Лоридан плюс — центр
лазерных технологий»
канд. мед. наук, доцент
Харьковская медицинская академия
последипломного образования
ул. Амосова, 58, г. Харьков, 61176, Украина
тел.: +38 (057) 711-80-19
e-mail: loridan04@ukr.net
ORCID 0000-0002-6720-2737

В.В. Негодуйко

канд. мед. наук, полковник мед. службы
Военно-медицинский клинический Центр
Северного региона МО Украины
ул. Культуры, 5, г. Харьков, 61058, Украина
тел.: +38 (050) 452-32-73
e-mail: vol-ramzes13@ukr.net
ORCID 0000-0003-4540-5207

С.Н. Ромаев

д-р мед. наук, проф.
Харьковская медицинская академия
последипломного образования
ул. Амосова, 58, г. Харьков, 61176, Украина
тел.: +38 (057) 711-80-19
e-mail: loridan04@ukr.net
ORCID 0000-0003-1461-7661

Введение. Важным компонентом лечения огнестрельных ранений является антибактериальная терапия. К сожалению, из-за антибиотикорезистентности многих штаммов микроорганизмов сохраняется риск гнойно-инфекционных осложнений даже при длительной антибиотикотерапии. Для ускорения бактериальной деконтаминации ран в последние годы используют методы физического воздействия, в частности, фотодинамическую терапию (ФДТ). Огнестрельные раны имеют свои особенности, создающие определенные трудности для применения метода фотодинамической терапии.

Цель исследования — проанализировать результаты применения разработанного способа ФДТ в комплексном лечении огнестрельных ран мягких тканей.

Материалы и методы. Выполнялось сравнение основных показателей раневого процесса между ранеными основной группы, которым применялись ФДТ ($n = 52$) и группы сравнения ($n = 32$), которым применялось лечение с комплексными водорастворимыми мазями. Для повышения эффективности метода фотосенсибилизатор «Фотолон» вводили двумя путями: инъекционной инфильтрацией тканей вокруг раны и аппликацией непосредственно на раневую поверхность. Длина волны лазерного излучения 660 нм. Доза лазерной энергии составляла 20 Дж/см².

Результаты исследования. Результаты показали улучшение течения раневого процесса по всем параметрам, при применении ФДТ: срок регресса локального отека в основной группе ($3,7 \pm 0,4$) суток в группе сравнения ($6,2 \pm 0,5$) суток, срок очищения раны ($4,7 \pm 0,6$) суток и ($7,3 \pm 0,8$) суток, соответственно; сроки начала грануляций ($4,6 \pm 0,5$) суток и ($7,8 \pm 0,6$) суток. В начале лечения было выделено 45 патогенных штаммов у 38 (73,1%) раненых основной группы и 26 штаммов у 22 (68,7%) раненых группы сравнения. Через сутки после применения ФДТ патогенная раневая микрофлора была выделена у 5 (9,6%) раненых основной группы — 5 штаммов и 23 штамма у 19 (59,4%) раненых группы сравнения.

Выводы. Наблюдались эффекты ФДТ: быстрая инактивация патогенной раневой микрофлоры, уменьшение отека, болевого синдрома и стимуляция роста грануляций, что способствует раннему закрытию ран.

Ключевые слова: огнестрельные раны мягких тканей, патогенная раневая микрофлора, фотодинамическая терапия, антибактериальный эффект.

PHOTODYNAMIC THERAPY OF GUNSHOT WOUNDS SOFT TISSUE**R.N. Mikhaylusov¹, V.V. Nehoduiko², A.N. Veligotsky¹,
S.N. Romaev¹, L.Yu. Svirydenko¹**¹*Kharkiv Medical Academy of Postgraduate Education
51, Amosova Str., Kharkiv, 61176, Ukraine*²*Military Medical Clinical Center of the Northern Region of the Ministry of Defense of Ukraine
5, Culture Str., Kharkiv, 61058, Ukraine
E-mail: mihailusov1@ukr.net*

Introduction. An important component of the treatment of gunshot wounds is antibiotic therapy. Unfortunately, due to the antibiotic resistance of many strains of microorganisms, there remains a risk of purulent-infectious complications even with prolonged antibiotic therapy. In recent years, methods of physical action, in particular, photodynamic therapy (PDT), have been used to accelerate bacterial decontamination of wounds. Gunshot wounds have their own characteristics that create certain difficulties for the application of the method of photodynamic therapy.

Purpose. Analyzes the results of the application of the developed PDT method in the complex treatment of gunshot wounds of soft tissues.

Materials and methods. A comparison was made of the main indicators of the wound healing process between the wounded of the main group who used PDT (n = 52) and the comparison group (n = 32) who used treatment with complex water-soluble ointments. To increase the effectiveness of the method, the «Photolon» photosensitizer was administered in two ways: by injection infiltration of tissues around the wound and by application directly to the wound surface. The wavelength of laser radiation is 660 nm. The dose of laser energy was 20 J/cm².

Results. The results of the study showed an improvement in the course of the wound process in all respects when using PDT: the period of regression of local edema in the main group on (3.7 ± 0.4) days in the comparison group (6.2 ± 0.5), the period of wound cleansing (4.7 ± 0.6) days (7.3 ± 0.8) days, respectively; the timing of the start of granulation (4.6 ± 0.5) days and (7.8 ± 0.6). At the beginning of treatment, 45 pathogenic strains were isolated in 38 (73.1 %) wounded main groups and 26 strains in 22 (68.7 %) wounded comparison groups. A day after the use of PDT, pathogenic wound microflora was isolated in 5 (9.6 %) wounded main groups — 5 strains and 23 strains in 19 (59.4 %) wounded comparison groups.

Conclusions. The effects of PDT were observed: rapid inactivation of pathogenic wound microflora, reduction of edema, pain syndrome and stimulation of granulation growth, which contributes to early closure of wounds.

Key words: gunshot wounds of soft tissues, pathogenic wound microflora, photodynamic therapy, anti-bacterial effect.

ФОТОДИНАМІЧНА ТЕРАПІЯ ВОГНЕПАЛЬНИХ РАН М'ЯКИХ ТКАНИН**Р.Н. Михайлусов¹, В.В. Негодуйко², О.М. Велігоцькій¹,
С.М. Ромаєв¹, Л.Ю. Свіріденко¹**¹*Харківська медична академія післядипломної освіти
вул. Амосова, 58, м. Харків, 61176, Україна*²*Військово-медичний клінічний центр Північного регіону МО України
вул. Культури, 5, м. Харків, 61058, Україна
E-mail: mihailusov1@ukr.net*

Вступ. Важливим компонентом лікування вогнепальних поранень є антибактеріальна терапія. На жаль, через антибіотикорезистентність багатьох штамів мікроорганізмів зберігається ризик гнійно-інфекційних ускладнень навіть при тривалій антибіотикотерапії. Для прискорення бактеріальної деконтамінації ран в останні роки використовують методи фізичного впливу, зокрема, фотодинамічну терапію (ФДТ). Вогнепальні рани мають свої особливості, що створюють певні труднощі для застосування методу фотодинамічної терапії.

Мета дослідження — проаналізувати результати застосування розробленого способу ФДТ в комплексному лікуванні вогнепальних ран м'яких тканин.

Матеріали та методи. Виконувалося порівняння основних показників ранового процесу між пораненими основної групи, яким застосовувалася ФДТ (n = 52) і групи порівняння (n = 32), яким застосовувалося лікування з комплексними водорозчинними мазями. Для підвищення ефективності методу фотосенсибілізатор «Фотолон» вводили двома шляхами: ін'єкційної інфільтрацією тканин навколо рани і аплікацією безпосередньо на поверхню рани. Довжина хвилі лазерного випромінювання 660 нм. Доза лазерної енергії становила 20 Дж/см².

Результати дослідження. Результати показали поліпшення перебігу ранового процесу за всіма параметрами, при застосуванні ФДТ: термін регресу локального набряку в основній групі на $(3,7 \pm 0,4)$ доби в групі порівняння $(6,2 \pm 0,5)$, термін очищення рани $(4,7 \pm 0,6)$ доби $(7,3 \pm 0,8)$ доби відповідно; терміни початку грануляцій $(4,6 \pm 0,5)$ доби та $(7,8 \pm 0,6)$. На початку лікування було виділено 45 патогенних штамів у 38 (73,1%) поранених основної групи і 26 штамів у 22 (68,7%) поранених групи порівняння. Через добу після застосування ФДТ патогенна ранова мікрофлора була виділена у 5 (9,6%) поранених основної групи — 5 штамів і 23 штаму у 19 (59,4%) поранених групи порівняння.

Висновки. Спостерігалися ефекти ФДТ: швидка інактивація патогенної рановий мікрофлори, зменшення набряку, больового синдрому і стимуляція зростання грануляцій, що сприяє ранньому закриттю ран.

Ключові слова: вогнепальні рани м'яких тканин, патогенна ранева мікрофлора, фотодинамічна терапія, антибактеріальний ефект.

Введение

Лечение огнестрельных ран на протяжении пяти столетий остаётся важной медико-социальной проблемой. Основным методом лечения ран является хирургический, это проведение первичной, повторной и вторичной хирургических обработок, наряду с этим дополнительное применение физических, химических, биологических методов воздействия позволяет ускорить отдельные фазы раневого процесса.

Важным компонентом лечения огнестрельных ранений является антибактериальная терапия. Высокий риск микробного загрязнения при этих ранениях даёт основание для раннего, уже на поле боя, применения антибиотиков и противогрибковых препаратов, что позволяет минимизировать риск гнойно-инфекционных осложнений [1,2]. К сожалению такой риск сохраняется даже при длительной антибиотикотерапии с учётом антибиотикорезистентности многих штаммов микроорганизмов. Следует учитывать, что нерациональная антибактериальная терапия приводит к контаминации госпитальной флорой с высокой резистентностью к антибиотикам [3].

В последние годы, в связи с повышением резистентности микроорганизмов к антибиотикам, на замену системной антибактериальной терапии, развиваются альтернативные стратегии с акцентом на тщательную очистку раны (дебридмент) и использование местных антисептических и антибактериальных агентов [4]. Сообщается об эффективности применения для лаважа огнестрельных ран смеси «Декасан» и перекиси водорода (в пропорции 3 : 1), что позволило сократить сроки лечения в среднем на 3–4 суток, а продолжительность антибиотикотерапии с 10 до 7 дней [5].

Для ускорения бактериальной деконтаминации ран в последние годы используют методы физического воздействия, в частности, фотодинамическую терапию (ФДТ). Этот метод достаточно широко используют в онкологии, но в настоящее время растёт число публикаций о применении ФДТ для лечения ран различной этиологии. Основой технологии ФДТ является введение в организм специальных веществ-фотосенсибилизаторов, об-

ладающих свойством избирательного накопления в целевых клетках [6]. Последующее облучение этих клеток приводит к образованию радикалов и синглетного кислорода, которые обладают высокой окислительной активностью и вызывают гибель клеток-мишеней. Кроме этого, активные метаболиты кислорода вызывают микробиоцидность, повышение проницаемости сосудов, высвобождение и инактивацию ферментов, расщепление антипротеиназ, стимуляцию фагоцитоза, усиливают образование цитокинов, адгезивных молекул эндотелия и лейкоцитов [7,8].

Фотосенсибилизаторы обладают тропностью к отдельным структурам микробной клетки и поэтому они задерживаются в этих клетках и в поражённых клетках человека. Их облучение в последующем приводит к гибели микроорганизмов, что и обуславливает бактерицидный эффект ФДТ. Эффективность ФДТ не зависит от спектра чувствительности патогенных микроорганизмов к антибиотикам [7]. Она оказалась губительной даже для антибиотикорезистентных штаммов золотистого стафилококка, кишечной палочки [9,10] и даже мультирезистентной *Acinetobacter baumannii* [11]. Бактерицидный эффект ФДТ имеет локальный характер, он не оказывает системных негативных эффектов на нормальную микрофлору организма и лимитируется зоной лазерного облучения, в отличие от системного применения антибиотиков [12,13].

Однако, огнестрельные раны имеют свои особенности: наличие раневого канала неравномерного диаметра с возможными девиациями и дополнительными раневыми ходами, различные формы и неровные края входного и выходного отверстий при сквозных огнестрельных ранениях, наличие скрытых полостей и неровная раневая поверхность, что создаёт определённые трудности при обработке раны раствором фотосенсибилизатора и облучении ран. В связи с чем нами были предприняты меры адаптации методики ФДТ огнестрельных ран мягких тканей.

Цель исследования — проанализировать результаты применения разработанного способа фотодинамической терапии в комплексном лечении огнестрельных ран мягких тканей.

Материалы и методы

Исследование выполнено на клинической базе кафедры эндоскопии и хирургии Харьковской медицинской академии последипломного образования — в хирургических клиниках Военно-медицинского клинического центра Северного региона Министерства обороны Украины (ВМКЦ СР). Основная группа — 52 раненых с огнестрельными ранениями мягких тканей, которым, дополнительно к хирургическим методам лечения применялась ФДТ и местное лечение комплексными водорастворимыми мазями. Группа сравнения — 32 раненых, которые получали такое же лечение, за исключением ФДТ. Группы были репрезентативны по полу, возрасту, характеру и срокам огнестрельных ранений, объему поврежденных мягких тканей.

Учитывая особенности огнестрельных ран, способ нанесения ФС был усовершенствован. Для повышения эффективности фотосенсибилизатора его вводили двумя путями: инъекционной инфильтрацией тканей вокруг раны раствором фотосенсибилизатора и аппликацией непосредственно на раневую поверхность путем рыхлой тампонады раневого канала марлевым тампоном, пропитанным раствором фотосенсибилизатора [14]. В качестве ФС использовали раствор «Фотолон» (РУП «Белмедпрепараты», г. Минск, Республика Беларусь). В качестве источника лазерного излучения применяли аппарат лазерный терапевтический «Лика-терапевт М» (ЧМПП «Фотоника Плюс», г. Черкассы, Украина) (рис. 1) и устройство лазерное мобильное (рис. 2), которое разработано для применения при отсутствии электрической сети, в условиях мобильных госпиталей [15].

ФДТ выполняли следующим образом. С помощью инсулинового шприца 1,0 мл со сменной иглой 0,9 G, проводили инъекционное интратканевое обкалывание раствором фотосенсибилизатора «Фотолон» тех участков раны, где были недостаточно удалены некротические ткани, не определена граница здоровых и некротических тканей (рис. 3, А). Затем рану рыхло тампонируют марлевым тампоном с раствором фотосенсибилизатора. После экспозиции в течение 60 минут тампон удаляли и проводили облучение раны лазерным источником с длиной волны 660 нм. Доза лазерной энергии составляла 20 Дж/см² (рис. 3, Б). Затем накладывали повязку с антисептическим раствором — 0,02 % раствора хлоргексидина. При необходимости сеанс ФДТ повторяли через 24 часа и больше. Всего выполняли 1–2 сеанса ФДТ в первой и второй фазе раневого процесса.



Рис. 1. Лазерный терапевтический аппарат «Лика-терапевт М»

Локальный статус раневой поверхности оценивали визуально, выраженность болевого синдрома — по шкале ВАШ, и идентификацию выделенных штаммов проводили по результатам бактериального посева с учётом морфологических, культуральных и биохимических свойств выделенных колоний микроорганизмов. Проведение исследований одобрено локальной этической комиссией ВМКЦ СР. Количественные показатели, соответствовали нормальному распределению, для их сравнения был использован t-критерий (Стьюдента). Для сравнения качественных показателей использованы таблицы сопряженности с определением критерия χ^2 . Различия считали значимыми при вероятности нулевой гипотезы менее 5% ($p < 0,05$).



Рис. 2. Устройство лазерное мобильное для облучения глубоких раневых каналов и полостей

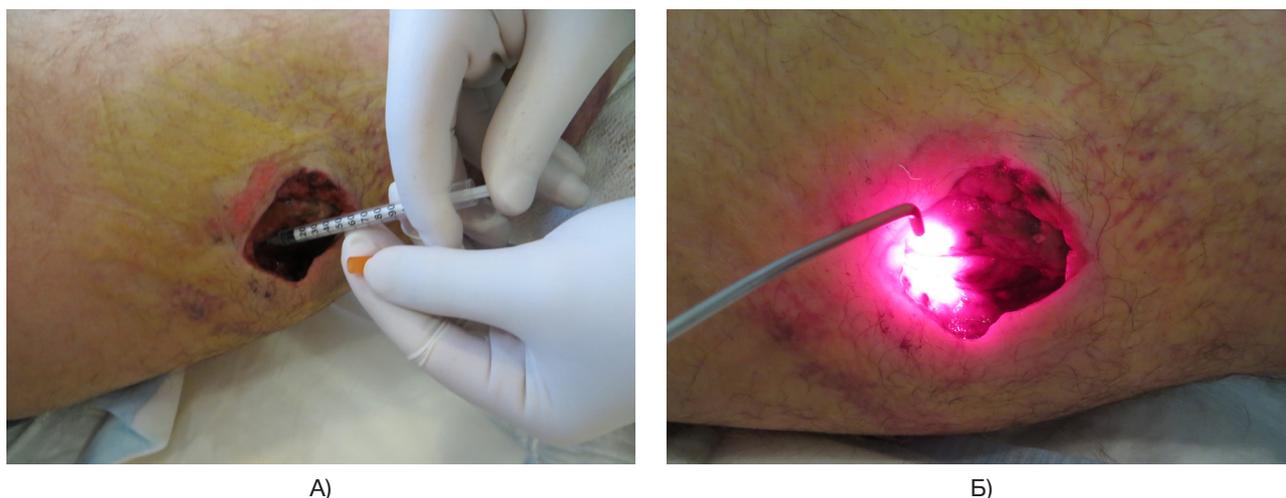


Рис. 3. Раненый С. Огнестрельное осколочное слепое ранение мягких тканей средней трети левого бедра, 3 сутки после ранения и выполнения первичной хирургической обработки раны: А) обработка раны фотосенсибилизатором; Б) облучение лазерным излучением с длиной волны 660 нм

Результаты и обсуждение

ФДТ была выполнена 52 раненым, которые составили основную группу. Уже после первой процедуры ФДТ у 46 (88,5%) раненых наблюдался отчетливый положительный эффект от применения ФД — выраженная очистка ран и редукция локального воспалительного процесса, в связи с чем было достаточно выполнения одной процедуры. У 6 (11,5%) раненых, в связи с недостаточной очисткой ран был выполнен повторный сеанс ФДТ на следующие сутки.

Для анализа эффективности применения ФДТ выполнялось сравнение основных показателей раневого процесса между похожими по объему, количеству и локализации ранами основной группы, которым применялись ФДТ ($n = 52$) и группы сравнения ($n = 32$), которым применялось лечение с комплексными водорастворимыми мазями, результаты анализа представлены в табл. 1

По всем показателям наблюдалось улучшение течения раневого процесса при применении ФДТ. Срок регресса локального отека у больных основной группы составил ($3,7 \pm 0,4$) суток, в группе

сравнения ($6,2 \pm 0,5$) суток. Срок очищения раны у больных основной группы ($4,7 \pm 0,6$) суток, в группе сравнения ($7,3 \pm 0,8$) суток. Сроки начала грануляций у больных основной группы ($4,6 \pm 0,5$) суток и в группе сравнения ($7,8 \pm 0,6$) суток. Количество перевязок у больных основной группы ($5,6 \pm 1,2$) и в группе сравнения ($17,2 \pm 3,1$). Срок регресса болевого синдрома у больных основной группы ($5,4 \pm 1,4$) суток и в группе сравнения ($3,8 \pm 0,9$) суток. Нормализация температуры тела ($< 37^\circ\text{C}$) у больных основной группы ($3,3 \pm 1,2$) суток и в группе сравнения ($6,1 \pm 1,5$) суток. Во всех сравнениях по t -критерию $p < 0,001$. Достоверно реже выполнялись повторные хирургические обработки: после ФДТ — 8 (15,4%) и при традиционной терапии — 21 (65,6%) (табл. 1).

До начала лечения у 38 раненых основной группы и 22 контрольной группы выделена патогенная раневая микрофлора по результатам бактериологических исследований ($p > 0,05$ по критерию χ^2). Из них у 49 раненых были выделены монокультуры бактерий, у 11 были выделены 2 культуры микроорганизмов, таких раненых

Таблица 1

Анализ эффективности применения ФДТ

Показатель	I группа (сравнения) ($n = 32$)	II группа (основная) ($n = 52$)	Величина p
Сроки регрессии локального отека, сутки	$6,2 \pm 0,5$	$3,7 \pm 0,4$	$< 0,001^1$
Сроки очищения раны, сутки	$7,3 \pm 0,8$	$4,7 \pm 0,6$	$< 0,001^1$
Сроки начала грануляций, сутки	$7,8 \pm 0,6$	$4,6 \pm 0,5$	$< 0,001^1$
Количество перевязок до закрытия раны	$17,2 \pm 3,1$	$5,6 \pm 1,2$	$< 0,001^1$
Сроки регрессии болевого синдрома (до ВАШ менее 3 баллов.), сутки	$5,4 \pm 1,4$	$3,8 \pm 0,9$	$< 0,001^1$
Сроки нормализации температуры тела, сутки	$6,1 \pm 1,5$	$3,3 \pm 1,2$	$< 0,001^1$
Количество ПоХО (абс., %)	21 (65,6%)	8 (15,4%)	$< 0,002^2$

Примечание. ¹ Величина p по t -критерию. ² Величина p по критерию χ^2 .

было 7 в основной группе и 4 в группе сравнения. Были выделены следующие микроорганизмы: *Staphylococcus aureus* — 22 наблюдений, *Staphylococcus epidermidis* — 13 раненых, *Streptococcus pyogenes* — 3 раненых, *Acinetobacter* — 8 раненых, *Pseudomonas aureginosa* — 4 раненых. Вообще выделен 71 штамм микроорганизмов (табл. 2).

На следующие сутки после выполнения ФДТ наблюдалось значительное визуальное очищение ран у раненых основной группы и регресс воспалительных проявлений. При заборе микрофлоры, у раненых основной группы, было обнаружено у 5 (9,6%) раненых наличие 5 штаммов микроорганизмов, в группе сравнения, через сутки было идентифицировано 19 (59,4%) раненых с 23 штаммами микроорганизмов ($\chi^2 = 22,65$; $p < 0,001$).

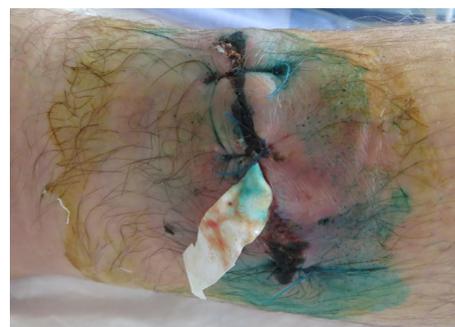
Выраженными эффектами при применении ФДТ были эффективная и быстрая инактивация патогенной раневой микрофлоры, стимуляция роста грануляций, что впоследствии позволяло раньше выполнить закрытие ран (наложение первично-отсроченных и ранних вторичных швов) после хирургических обработок по сравнению с ранеными группы сравнения.

Эффективной точкой приложения выявилось применение ФДТ при устранении одной из грубых и довольно распространённых в начале проведения антитеррористической операции ошибок первичной хирургической обработки (ПХО) — первичном ушивании огнестрельных ран не по показаниям. После снятия швов ушитой при ПХО огнестрельной раны, тщательной обработки антисептиками, применения одного сеанса ФДТ позволяло быстро, уже на следующие сутки ликвидировать воспалительные явления в ране (рис. 4).

Уменьшение количества перевязок до закрытия раны при использовании ФДТ с $(17,2 \pm 3,1)$ до $(5,6 \pm 1,2)$, и уменьшение количества повторных хирургических обработок с 21 (65,6%) до 8 (15,4%) имеет несомненно экономический эффект, который в данной работе не подсчитывался.

Таким образом, анализ результатов применения ФДТ огнестрельных ран мягких тканей по предложенному способу обнаружил достоверное уменьшение времени очистки огнестрельных ран и общей продолжительности раневого процесса. Осложнений, аллергических реакций и других негативных явлений, связанных с применением метода ФДТ, не зарегистрированы.

При наличии в ране обильного загрязнения с признаками микробного воспаления ран эффективным оказался метод ФДТ, который был усовершенствован благодаря применению двух путей введения фотосенсибилизатора: инфильтрацией тканей вокруг раны и аппликацией непосредственно на раневую поверхность путем рыхлой тампонады тампоном, пропитанным раствором фотосенсибилизатора. По сравнению с традиционным



А)



Б)



В)



Г)

Рис. 4. Раненый К. Огнестрельное осколочное слепое ранение мягких тканей нижней трети левой голени: А) 2-е сутки после ранения и первичной хирургической обработки, рана ушита и задренирована (ошибка ПХО); Б) 2-е и сутки после ранения, швы сняты; В) 2-сутки после ранения, перед выполнением ФДТ Г) 3-и сутки после огнестрельного ранения, 1-е сутки после сеанса ФДТ

Таблица 2

Микробиологическая характеристика ран в основной и в контрольной группах

Группы раненых	I группа (контрольная) (n=32)		II группа (основная) (n=52)		Всего (n=84)	
	До лечения	Через сутки после нача- ла лечения	До лечения	Через сутки после нача- ла лечения	До лечения	Через сутки после нача- ла лечения
Количество раненых с идентифицирован- ной микрофлорой	22	19	38	5	60 (p=0,859)	24 (p<0,001)
Выделенные штаммы микроорганизмов из них:	26	23	45	5	71	28
<i>Staphylococcus</i> :						
– <i>S. aureus</i>	7	6	15	2	22	8
– <i>S. pyogenes</i>	2	2	4	-	6	2
– <i>S. epidermidis</i>	5	4	8	-	13)	4
<i>Streptococcus pyogenes</i>	1	1	2	-	3	1
<i>Acinetobacter spp.</i>	3	3	5	1	8	4
<i>Enterobacter spp.</i>	4	3	6	-	10	3
<i>P. aureginosa</i>	2	2	2	1	4	3
<i>E. coli</i>	2	2	3	1	5	3

Примечание. Разница с аналогичным показателем в контрольной группе достоверна (p < 0,05 по критерию χ^2).

лечением ФДТ способствовала достоверному улучшению всех выше указанных показателей течения раневого процесса (срока регресса локального отека, очищение раны, количества перевязок, регресса болевого синдрома, нормализации температуры тела, количества ПоХО). Кроме этого, выявлено достоверное снижение уровня обсемененности ран патогенной микрофлорой уже на следующие сутки после ФДТ.

Выводы

1. Применение метода ФДТ достоверно способствует уменьшению отека, болевого синдрома и способствует выраженной инактивации патогенной микрофлоры.

2. Целесообразно применение метода ФДТ при лечении огнестрельных ран мягких тканей на квалифицированном этапе оказания медицинской помощи в условиях военных мобильных госпиталей, центральных районных больниц, военно-медицинских клинических центров, гражданских учреждениях министерства здравоохранения.

3. Возможно применение метода ФДТ как для профилактики, так и для лечения уже развившихся гнойно-воспалительных осложнений раневого процесса в комплексе мер устранения допущенных ошибок хирургической обработки огнестрельных ран.

Литература

- Murray CK. Field Wound Care: Prophylactic Antibiotics. *Wilderness Environ Med.* 2017;28(2S):90-102. doi: 10.1016/j.wem.2016.12.009.
- Sheean AJ, Tintle SM, Rhee PC. Soft tissue and wound management of blast injuries. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2015;8(3):265-271. doi: 10.1007/s12178-015-9275-x.
- Кондратюк ВМ. Характеристика антибіотикорезистентності мікрофлори бойових (вогнепальних та мінно-вибухових) ран кінцівок. *Клінічна хірургія.* 2016;4:36-39.
- Barrett S. Wound-bed preparation: a vital step in the healing process. *Br. J. Nurs.* 2017;22(26(12):S24-S31. doi: 10.12968/bjon.2017.26.12.S24.
- Фомін ОО, Фоміна НС, Марцинковський ІП, Ордатій АВ. Мікрофлора сучасної вогнепальної рани. *Вісник морської медицини.* 2016;2:146-147. Доступно на: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vismormed_2016_2_43.
- Толстых ПИ, Луцевич ОЭ, ред. Теоретические и практические аспекты фотодинамической терапии ран различного генеза. *Пролегомены.* Москва: Альтаир, 2012. 274 с.
- Шин ФЕ, Толстых ПИ, Кулешов ИЮ, Шин ЕФ, Морозова ТВ. Фотодинамическая терапия в лечении огнестрельных ран мягких тканей. *Российский биотерапевтический журнал.* 2008;7(4):16-19.
- Maisch T. A new strategy to destroy antibiotic resistant microorganisms: antimicrobial photodynamic treatment. *Photochem Photobiol.* 2009;8(6):1364-1374.
- Grinholc M, Rapacka-Zdonczyk A, Rybak B, Szabados F, Bielawski KP. Multiresistant strains are as susceptible to photodynamic inactivation as their naïve counterparts: protoporphyrin IX-mediated photoinactivation reveals differences between methicillin-resistant and methicillin-sensitive *Staphylococcus aureus* strains. *Photomed Laser Surg.* 2014;32(3):121-129. doi: 10.1089/pho.2013.3663.
- Liu Y, Qin R, Zaat SAJ. et al. Antibacterial photodynamic therapy: overview of a promising approach to fight

- antibiotic-resistant bacterial infections. *J Clin Trans Res.* 2015;1(3):140-167; Fu X-J, Yong F, Min Y. Antimicrobial Photodynamic Therapy for Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus Infection. *BioMed Research International.* 2013. doi: 10.1155/2013/159157 Available on line: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3600246>.
11. Zhang Y, Zhu Y, Gupta A, Huang Y, Murray CK, Vrahas MS, et al. Antimicrobial blue light therapy for multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* infection in a mouse burn model: implications for prophylaxis and treatment of combat-related wound Infections. *J Infect Dis.* 2014;209:1963-1971.
 12. Molan PC. Re-introducing honey in the management of wounds and ulcerstheory and practice. *Ost Wound Manag.* 2002;48(11):28-40.
 13. Странадко ЕФ, Кулешов ІЮ, Караханов ГІ. Фотодинамічне вплив на патогенетичні мікроорганізми (Сучасне становище проблеми антимікробної фотодинамічної терапії). *Лазерна медицина.* 2010;14(2):52-56.
 14. Михайлузов РМ, Ромаєв СМ, Неодуйко ВВ, Свириденко ЛЮ, винахідники; Харківська медична академія післядипломної освіти МОЗ України, патентовласник. Спосіб лікування ран м'яких тканин методом фотодинамічної терапії. Патент України на корисну модель №103233. 10.12.2015.
 15. Михайлузов РМ, Неодуйко ВВ., винахідники; Харківська медична академія післядипломної освіти МОЗ України, патентовласник. Пристрій лазерний мобільний для опроміювання глибоких ранових каналів та порожнин. Патент України на корисну модель №100131. 25.08.2015.
- razlychnoho heneza. Prolehomeni. [Theoretical and practical aspects of photodynamic therapy of wounds of various origins. Prolegomens]. Moscow: Altair, 2012. 274 s. (in Russian)
7. Shyn FE, Tolstikh PY, Kuleshov YU, Shyn EF, Morozova TV. [Photodynamic therapy in the treatment of gunshot wounds of soft tissues] *Rosyiskyi byoterapetycheskyi zhurnal.* [Russian biotherapeutic journal] 2008;7(4):16-19. (in Russian)
 8. Maisch T. A new strategy to destroy antibiotic resistant microorganisms: antimicrobial photodynamic treatment. *Photochem Photobiol.* 2009;8(6):1364-1374.
 9. Grinholc M, Rapacka-Zdonczyk A, Rybak B, Szabados F, Bielawski KP. Multiresistant strains are as susceptible to photodynamic inactivation as their naïve counterparts: protoporphyrin IX-mediated photoinactivation reveals differences between methicillin-resistant and methicillin-sensitive *Staphylococcus aureus* strains. *Photomed Laser Surg.* 2014;32(3):121-129. doi: 10.1089/pho.2013.3663.
 10. Liu Y, Qin R, Zaat SAJ. et al. Antibacterial photodynamic therapy: overview of a promising approach to fight antibiotic-resistant bacterial infections. *J Clin Trans Res.* 2015;1(3):140-167; Fu X-J, Yong F, Min Y. Antimicrobial Photodynamic Therapy for Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus Infection. *BioMed Research International.* 2013. doi: 10.1155/2013/159157 Available on line: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3600246>.
 11. Zhang Y, Zhu Y, Gupta A, Huang Y, Murray CK, Vrahas MS, et al. Antimicrobial blue light therapy for multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* infection in a mouse burn model: implications for prophylaxis and treatment of combat-related wound Infections. *J Infect Dis.* 2014;209:1963-1971.
 12. Molan PC. Re-introducing honey in the management of wounds and ulcerstheory and practice. *Ost Wound Manag.* 2002;48(11):28-40.
 13. Stranadko EF, Kuleshov YU, Karakhanov HY. [Photodynamic effects on pathogenic microorganisms (Current state of the problem of antimicrobial photodynamic therapy)]. *Lazernaia medytsyna.* [Laser medicine.] 2010;14(2):52-56. (in Russian)
 14. Mykhailusov RM, Romaev SM, Nehoduiko VV, Svyrydenko LI, inventors; Kharkiv Medical Academy of Postgraduate Education of the Ministry of Health of Ukraine, assignee. Sposib likuvannya ran miakyykh tkanyn metodom fotodynamichnoi terapii. [Method of treating soft tissue wounds by photodynamic therapy]. Ukraine Patent №103233. 10.12.2015. (in Ukrainian)
 15. Mykhailusov RM, Nehoduiko VV., inventors; Kharkiv Medical Academy of Postgraduate Education of the Ministry of Health of Ukraine, assignee. Prystrii lazernyi mobilnyi dlia oprominiuvannya hlybokyykh ranovykh kanaliv ta porozhnyn. [Mobile laser device for irradiation of deep wound canals and cavities]. Ukraine Patent №100131. 25.08.2015. (in Ukrainian)

References

1. Murray CK. Field Wound Care: Prophylactic Antibiotics. *Wilderness Environ Med.* 2017;28(2S):90-102. doi: 10.1016/j.wem.2016.12.009.
2. Sheean AJ, Tintle SM, Rhee PC. Soft tissue and wound management of blast injuries. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2015;8(3):265-271. doi: 10.1007/s12178-015-9275-x.
3. Kondratiuk VM. [Characterization of antibiotic resistance of microflora of combat (gunshot and mine-explosive) wounds of extremities]. *Klinichna khirurgiia.* [Clinical surgery]. 2016;4:36-39. (in Ukrainian)
4. Barrett S. Wound-bed preparation: a vital step in the healing process. *Br. J. Nurs.* 2017;22(26(12)):S24-S31. doi: 10.12968/bjon.2017.26.12.S24.
5. Fomin OO, Fomina NS, Martynkovskiy IP, Ordatii AV. [The microflora of the modern gunshot wound] *Visnyk morskoi medytsyny.* [Journal of Marine Medicine] 2016;2:146-147. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vismormed_2016_2_43. (in Ukrainian)
6. Tolstikh PY, Lutsevych OE, editors. *Teoretycheskye y praktycheskye aspekty fotodynamicheskoi terapiy ran*