Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Санкт-Петербургский государственный университет»

Направление медицина

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

на тему: Применение плазменных потоков при боевой патологии конечностей (литературный обзор)

Выполнил: студент группы № 602

Цуцкиридзе Георгий Бадриевич

Научный руководитель:

д.м.н., доцентВарзин Сергей Александрович

Санкт - Петербург

2021

Оглавление

[Оглавление 2](#_Toc41493881)

Список сокращений 3

[Введение](#_Toc41493882)

[Цель исследования 7](#_Toc41493883)

[Задачи исследования 8](#_Toc41493884)

[Практическая значимость работы 8](#_Toc41493885)

Материалы и методы 8

Структура и объем работы. 9

Глава [1. Современные представления о характеристиках и методах лечения боевых повреждений конечностей. 10](#_Toc41493886)

Глава 2. Развитие плазменной медицины и использование плазменных установок в хирургии. 23

2.1 Понятие физической плазмы и принцип работы плазмотрона

2.2 Применение плазменных потоков в хирургии 26

2.3 Развитие отечественной плазменной хирургии. 28

2.4 Основные типы отечественных плазменных установок 30

2.5 Воздушно-плазменная технология и её особенности 33

2.6. Метод холодноплазменной хирургии 37

2.7. Современные плазменные хирургические технологии, пути оптимизации 40

Глава 3. Применение потоков плазменного излучения при хирургической патологии 43

Глава [4. Обсуждение результатов применения плазмы при лечении ранений и травм конечностей](#_Toc41493900) 47

[Заключение..](#_Toc41493903) 50

[Выводы](#_Toc41493904) 6

Практические рекомендации 59

[Список литературы](#_Toc41493905) 1

Список сокращений:

АПУ – аргонно-плазменная установка

БВД – боеприпасы взрывного действия

ВПА – воздушно-плазменный аппарат

ВПХ – военно-полевая хирургия

ВХО – вторичная хирургическая обработка

МВО – минно-взрывное оружие

МВР – минно-взрывные ранения

НАП – низкотемпературная атмосферная плазма

ПО – плазменное облучение

ПП – плазменные потоки

ПУ – плазменные установки

ПХК – плазменный хирургический комплекс

ПХО – первичная хирургическая обработка

РИНЦ – Российский индекс научного цитирования

УФ – ультрафиолетовый

# APC – аргонно-плазменная коагуляция

# NO – монооксид азота, оксид азота (двухвалентный)

NOS – NO-синтаза

# **Введение.**

Проблема хирургической помощи пациентам с раневой патологией конечностей в настоящее время остается актуальной. Количество ранений на фоне бытового и транспортного травматизма, техногенных катастроф и вооруженных конфликтов не становится меньше. Улучшение результатов лечения таких пострадавших является одной из самых сложных и приоритетных задач в хирургии. В современных условиях, особенно при катастрофах мирного времени и военных конфликтах наблюдается значительное утяжеление повреждений практически всех органов и систем. Ранения оружием новых поколений с особым характером повреждений ранящими снарядами вызывают сложное строение раневого канала и сопутствующее поражение других органов и систем, обширные и глубокие зоны повреждений мягких тканей, костей, магистральных сосудов и нервов, часто наблюдаются размозжения конечностей. Все больший удельный вес занимают множественные и сочетанные повреждения. Сохраняется высокий уровень инфекционных, гнойно-септических и других осложнений, инвалидизации, значительная продолжительность лечения и трудопотерь. По данным ряда авторов хирургическая инфекция развивается у 60-70% раненых при огнестрельных повреждениях опорно-двигательного аппарата. По отдаленным данным часто отмечаются неудовлетворительные функциональные возможности конечностей. В связи с широким распространением, трудностью своевременной диагностики, лечения, профилактики и наносимым большим экономическим ущербом проблема раневой патологии и связанных с ней осложнениями из чисто медицинской перерастает в общесоциальную. (И.А. Ерюхин, 1996; Н.А. Ефименко и др., 1999; Е.К. Гуманенко, И.М. Самохвалов, 2006; К. Жианну, К. Балдан, 2010; M.S. Baker, P.A. Ryals, 1999; B.A. Pruit, 2006).

По данным многих авторов результаты лечения данной категории пациентов остаются на недостаточном уровне и нуждаются в дальнейшем улучшении. Сохраняется высокий уровень инфекционных, гнойно-септических и других осложнений, инвалидизации, значительная продолжительность лечения и трудопотери. По данным ряда авторов хирургическая инфекция развивается у 60-70% раненых при огнестрельных повреждениях опорно-двигательного аппарата. По отдаленным данным часто отмечаются неудовлетворительные функциональные возможности конечностей (С.С. Ткаченко, 1992; Н.А. Ефименко и др., 1999; А.Н. Бенько, 2006; Л.Б. Озерецковский, Е.К. Гуманенко, В.В. Бояринцев, 2006; B. G. Harbrecht, N. A. Nash, 2016).

В связи с развитием современных медицинских технологий ряд положений современной медицинской доктрины в настоящее время активно пересматривается. Использование в современной хирургии новейших физических, таких как высоко- и низкотемпературные технологии, лазерное излучение и др., а также других методов лечения позволяет добиться улучшения результатов лечения. Но все эти методики наряду с положительными свойствами обладают и рядом недостатков, таких как недостаточная эффективность и надежность, сложность применения, высокая стоимость и т.д. Так, эффективность лазерной энергии, достаточно высокая при быстром рассечении тканей и обработке небольших по площади гнойных ран, оказывается недостаточной для санации обширных раневых поверхностей. При электрохирургическом воздействии также трудно обеспечить качественную стерилизацию раны, особенно огнестрельной, а выполнение некрэктомии сопровождается формированием широкой зоны бокового некроза, что негативно сказывается на регенераторных процессах (П.Г. Брюсов, 2000; К.В Липатов и др., 2001; Н.А. Майстренко, А.С. Юшкин, А.А. Курыгин, 2004; В.И. Грушко, 2007; N. Korpan, 2001; S. Herrera et al., 2008; N. Bourdel et al., 2017).

В этом аспекте новые перспективы в хирургии открывает плазменная технология с применением компонентов плазменного излучения (собственно потока плазмы, озона, ультрафиолетового излучения и оксида азота). Впервые в клинической практике плазменный скальпель был применен в 1974 г. в США. На сегодняшний день плазменная хирургия сохраняет за собой целый ряд технологических преимуществ по сравнению с другими физическими способами воздействия на раны. Данные целого ряда экспериментальных и клинических исследований последних десятилетий показали, что использование плазменных потоков (ПП) в хирургии позволяет быстро, эффективно и качественно выполнять гемостаз, холестаз и лимфостаз, надежно герметизировать раневые поверхности, удалять некротически измененные и опухолевые ткани, стерилизовать рану. Было также выявлено выраженное бактерицидное действие озона и ультрафиолетовых лучей и биостимулирующий эффект оксида азота. Применение плазмы является одной из перспективных физических методик воздействия на рану. Она представляет собой ионизированный газ высокой температуры, который состоит из заряженных частиц, свободных электронов, ионов, радикалов, инфракрасного, ультрафиолетового излучений. Кроме высокой температуры и электромагнитных полей, весомым фактором воздействия являются компоненты плазмы, которые способны повреждать цитоплазматические мембраны патогенных микроорганизмов и вирусов, воздействуя на их системы жизнедеятельности. Перспективность использования в лечении современной хирургической патологии высокоэнергетических и низкотемпературных плазменныххирургических установок признаётся многими авторами (В.С. Савельев и др. 1986; А.И. Нечай и др., 1990; С.В. Джаиани, 1993; Л.В. Писаренко, 1994; С.С. Нигматзянов, 2004; Э.Г. Османов и др., 2019; A. Fridman, 2008; H.M. Wang et al., 2009, Z. Kxeladze, Jaiani S. et al. 2018).

Рядом авторов была выявлена высокая эффективность использования ПП в медицине катастроф и военно-полевой хирургии при ранениях и повреждениях конечностей, мягких тканей, ряда органов брюшной полости, грудной клетки, забрюшинного пространства, черепа, множественных ранениях различных локализаций, гнойно-септических осложнениях, вялогранулирующих ранах и язвах и т. д. (Ю.А. Крюгер, 2004; А.С. Качикин, 2005; С.А. Дукоян, 2007; Н.А. Ефименко и др., 2014; А.М. Шулутко, Э.Г. Османов, 2018; A. Hawley, 1996; E. Panuccio et al., 2016; N. Bourdel., Chauvet P. et al., 2017).

Представлялось важным определение экономической эффективности при использовании данных методов в длительном и дорогостоящем комплексном лечении повреждений конечностей. Значительное удорожание лечения заболеваний, травм и ранений стала серьезной социальной общественной и экономической проблемой. Стоимость лечения больных и пострадавших с патологией конечностей составляют значительную часть бюджета медицинских учреждений, а лечение гнойно-септических осложнений обходится, в среднем, ещё в 3-5 раз дороже. Например, затраты на лечение инфицированных ран и язв в США составляют до 12-13 млрд. долларов в год. В России ежегодное количество инфекционных раневых осложнений составляет не менее 2 млн. пациентов. Поэтому при определении комплексной эффективности новых медицинских методов и технологий представлялось необходимым использовать современные экономические критерии оценки качества лечения (А.Н. Гуров и др., 1993; П.Ф. Хвещук и др., 1999; Г.М. Петров, А.А. Морецкий, 2000; М.Ю. Герасименко, 2019; J. Reilly et al., 2000; Y.K. Chen et al., 2016).

Все эти данные явились отправным моментом для изучения литературных данных по возможности применения плазменных потоков при лечении раневой патологи конечностей.

На основании вышеизложенного исходят основные задачи и цель работы.

**Цель исследования** - систематизация знаний о применении плазменного потока при лечении ран для эффективного их использования при боевой патологии конечностей.

**Задачи исследования.**

1. Оценить место метода плазменного потока в алгоритме хирургического лечения огнестрельных ран конечностей и их осложнений.
2. Систематизировать литературные данные по клиническому применению плазменного потока при боевых ранениях и травмах конечностей.
3. Определить значимые особенности плазменного потока, определяющие результаты его применения и экономическую эффективность.

**Практическая значимость работы.**

Оценена необходимость использования пламенных потоков на этапах оказания хирургической помощи при боевой патологии нижних конечностей. Представлены рекомендации по режимам работы плазменных установок при обработке раневых поверхностей при огнестрельных ранениях мягких тканей конечностей. Определен алгоритм применения плазменного потока при анаэробных инфекционных осложнениях боевых ран конечностей.

**Методы исследования.**

Применен метод анализа литературы по проблеме практического использования плазменного потока у раненых с огнестрельными повреждениями конечностей.

При написании статьи использовались литературные источники Библиотеки им. М. Горького и БАН (Библиотека РАН), зарубежные базы данных Web of Science, MedLine, а также отечественный ресурс РИНЦ.

Осуществлен сравнительный анализ некоторых свойств и вариантов использования плазменных аппаратов.

Выполнена оценка медицинской и экономической эффективности путем анализа литературных данных.

**Структура и объем работы.**

Работа изложена на 86 страницах машинописного текста и состоит из введения, 3-х глав, заключения, выводов, практических рекомендации и указателя литературы.

Работа иллюстрирована 2 таблицами и 9 рисунками. Библиографический указатель литературы включает 233 источника.

**Глава 1. Современные представления о характеристиках и методах лечения боевых повреждений конечностей**

Развитие современной теории и практики ведения боевых действий привело к новым представлениям о характере, структуре и особенностях боевых повреждений. На вооружении современных армии принимается стрелковое оружие нового поколения с высокой кинетической энергией ранящих снарядов, что приводит к многофакторному воздействию на организм человека и резкому утяжелению повреждений. Ряд положений военной медицинской доктрины, касающихся принципов оказания хирургической помощи и сформулированных ранее, в основном на основе опыта II Мировой войны, нуждаются в настоящее время в дополнении и уточнении [10, 107, 167].

Как показал опыт локальных военных конфликтов, огнестрельное оружие нового поколения характеризуются полиморфизмом поражающих факторов, обширностью и тяжестью вызванных повреждений. В отличие от ран, нанесенных случайными предметами или холодным оружием, современной огнестрельной ране свойственны ещё более выраженная обширность повреждений с большим количеством нежизнеспособных тканей, сложная конфигурация раневого канала, бактериальная загрязненность и наличие инородных тел [7, 103, 218].

Боевая травма, нанесенная современным оружием, характеризуется гораздо более выраженными, чем ранее, морфологическими и функциональными изменениями, а сами ранения, как правило, отличаются множественностью и сочетанностью повреждений. В современных и будущих войнах значительно изменится структура санитарных потерь, огнестрельная рана будет характеризоваться большей тяжестью, обширностью, глубиной повреждения тканей и органов. Все это связано с совершенствованием огнестрельного оружия: повышением скорострельности и начальной скорости полета пули, созданием боеприпасов, начиненных шариками, стрелками, осколочными элементами, увеличивающих поражающие их способности и баллистическими свойствами современного оружия – незначительным рассеиванием пуль, плотным разлетом осколков при взрыве бомб, гранат, других боеприпасов [24, 173].

Тяжесть ранений современными высокоскоростными снарядами объясняется неустойчивым движением в тканях. Широкий диапазон баллистических характеристик современных пуль (скорость, масса, калибр, форма, «поведение» в тканях) при различии свойств повреждаемых тканей (плотность, эластичность, консистенция) создает большое разнообразие структурных особенностей огнестрельных ран, общим для которых является феномен временной пульсирующей полости, возникающей в момент ранения. Обширность повреждения тканей в окружности раневого канала находится в прямой зависимости от размеров временной полости и длительности её существования. В свою очередь параметры временной пульсирующей полости зависят от баллистических характеристик ранящего снаряда (скорости полета, кинетической энергии до ранения, величины энергии, поглощенной тканями при прохождении ранящего снаряда, распределения энергии в тканях по ходу движения снаряда и в стороны от раневого канала). Именно этими факторами объясняется обширное повреждение тканей по ходу раневого канала и образование внутритканевых гематом, повреждение сосудов, нервов и даже костей в стороне от раневого канала [25, 103].

Осколки снарядов имеют неаэродинамическую форму и, в соответствии с этим, быстро теряют скорость в воздухе. Если их начальная скорость достигает 2000 м/с, то скорость в момент удара о человека, оставшегося в живых, обычно значительно ниже. Если человек находится близко к взрывному устройству, то осколок может глубоко проникать в тело, при этом осколки не вращаются в тканях и поэтому большая часть повреждений носит характер раздавливания. В конце траектории своего движения острые неровные края осколка режут ткани. В отличие от этого пуля в конце своей траектории стремится раздвинуть ткань. Форма раны напоминает конус разрушения ткани, максимальный диаметр которого находится на входе, поскольку большая часть энергии отдаётся на поверхности. Диаметр входной раны зависит от скорости осколка в момент удара, от его массы и формы и может в 2-10 раз превышать размер осколка [85, 164].

Принцип ранней высококачественной хирургической обработки ран остается незыблемым, однако хирургическая обработка ран затрудняется из-за сложной конфигурации раневого канала, большей частоты слепых ранений. Её отсрочку с ранним и систематическим применением антибиотиков надо расценивать как вынужденную меру при массовом потоке раненых. При пулевых ранениях конечностей пулями калибра 5,56 мм практически все раны нуждаются в хирургической обработке. При ранениях мягких тканей конечностей этими пулями в окружности зоны раневого канала мышечная ткань должна быть удалена на глубину 30-50 мм, в то время как при ранении пулей калибра 7,62 мм – на глубину до 5, реже до 10 мм [25, 64, 103].

Данные литературы, посвященные анализу военных конфликтов последних десятилетии, свидетельствуют, что наряду с дальнейшим совершенствованием стрелкового оружия продолжается интенсивная разработка и широкое применение боеприпасов взрывного действия (БВД). В структуре современной боевой хирургической патологии, по материалам изучения ряда регионарных конфликтов, все большее место начинают занимать санитарные потери от БВД. В результате их применения значительно возрастает количество множественных и сочетанных ранений, что представляет серьезные трудности в лечебно-эвакуационном обеспечении раненых. Кроме того, ухудшение криминогенной обстановки во многих странах мира, участие в политической борьбе экстремистских террористических группировок, вооруженных огнестрельным и минно-взрывным оружием (МВО), высокая вероятность взрывных повреждений, связанных с крупными промышленными, другими техногенными и антропогенными катастрофами, заставляют считать огнестрельные и взрывные повреждения также и одной из важнейших проблем экстремальной медицины мирного времени в широком смысле этого понятия [49, 176].

Сложный механизм обратимых и необратимых патофизиологических и патоморфологических изменений в тканях при ранениях современными ранящими снарядами, значительное количество гнойно-септических и других осложнений – всё это отрицательно сказывается на течении раневого процесса. Анализ литературных данных показывает, что даже без применения воюющими армиями оружия массового поражения в будущих войнах в общей массе пострадавших будут преобладать раненые с множественными и сочетанными повреждениями, нередко с комбинированными поражениями [41, 179].

Совершенствование поражающих факторов огнестрельного оружия требует соответствующего подхода и совершенствованию методов лечения раненых. Наиболее частыми причинами смертельных исходов при огнестрельных ранениях являются кровотечение и гнойные осложнения. Было предложено большее число как отдельных средств лечения и их сочетаний, так и целых методов и систем. Однако ни одно из них не может быть универсальным в своем действии и обычно включается в комплексную схему лечебной тактики. Поэтому поиск и разработка новых медицинских технологий и возможностей лечебного воздействия в хирургии непрерывно продолжаются [31, 182].

Основными особенностями санитарных потерь в результате современной боевой хирургической травмы по сравнению с санитарными потерями предыдущих войн и военных конфликтов войны являются следующие:

- увеличение общей численности;

- изменение структуры по характеру, тяжести и локализации поражений;

- увеличение числа раненых с множественными и сочетанными травмами;

- увеличение числа раненых с травматическим шоком;

- появление ранее не встречавшихся различных видов комбинированных поражений со своеобразием патологии [53, 180].

Удельный вес боевых повреждений конечностей в прошедших войнах составлял в целом около 60-70% от общего числа ранений. В период с начала XX века и по настоящее время процент раненых в конечности всегда остаётся высоким, достигая в различных войнах уровня 75-80% [10, 107, 218].

Частота ранений конечностей в период с начала XX века по настоящее время в сводном виде представлена в табл. 1.

Таблица 1. Сводные данные по частоте ранений конечностей в войнах.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Периоды ведения боевых действий и страны | Ранения  верхних  конечностей | Ранения  нижних  конечностей | Всего |
| Русско-японская война,  Россия (1904-1905 гг.) | 37,7% | 29,7% | 68,4% |
| I Мировая война,  Россия (1914-1917 гг.) | 36,9% | 39,2% | 76,1% |
| II Мировая война,  Германия (1939-1944 гг.) | 34,5% | 29,0% | 63,5% |
| II Мировая война,  Великобритания (1939-1945 гг.) | 29,9% | 39,9% | 69,8% |
| II Мировая война,  СССР (1941-1945 гг.) | 30,2% | 37,0% | 67,2% |
| Война в Индокитае,  Франция (1954-1956 гг.) | 31,6% | 35,8% | 67,4% |
| Война во Вьетнаме,  США (1964-1971 гг.) | 20,1% | 36,6% | 56,7% |
| Война в Афганистане,  СССР (1979-1984 гг.) | 26,3% | 34,9% | 61,2% |
| Война в Персидском заливе,  США (1991-1992 гг.) | 35,7% | 40,8% | 76,5% |
| Боевые действия в Чечне,  Россия (1995-1996, 2000-2002 гг.) | 27,3% | 35,8% | 63,1% |

Особо следует отметить возрастание числа раненых с множественными и сочетанными повреждениями. Так, по материалам войны во Вьетнаме (1964-1971гг.), среди военнослужащих вьетнамской армии до 50% имели множественные и сочетанные ранения, в том числе от 2 до 5 ранений – в 35-40%, от 6 до 10 ранений – в 10-12%. Отмечалась частая локализация ранений на конечностях – до 40%, причем примерно у половины из них были огнестрельные переломы костей. Среди всех военнослужащих США, получивших ранения конечностей при ведении боевых действий в этот период, у 49% имелись изолированные ранения, а у 51% наблюдались сочетанные и комбинированные их поражения. По данным ряда авторов к концу военного конфликта в Афганистане (в 1984-1987 гг.) множественные и сочетанные ранения конечностей достигали 65-70% от числа санитарных потерь хирургического профиля. В региональных конфликтах последнего десятилетия множественные ранения конечностей встречались в 72-75% [18, 186, 198].

Типичные огнестрельные пулевые ранения встречаются все реже, в то время как МВР, в совокупности с осколочными ранениями от более широко используемого ракетного и артиллерийского оружия, становятся преобладающими видами боевой огнестрельной травмы, достигая 70%. В период военных действий в Камбодже, Лаосе и Таиланде (1968-1978 гг.) более чем у 95% раненых, подорвавшихся на минах, отмечались отрывы стоп и голеней, и только у 2,5-5% пострадавших имелись изолированные ранения мягких тканей конечностей. Близкие к этим данные получены хирургами во время войны во Вьетнаме, военных событий в регионе Персидского залива и Балканского региона. Там пострадавшие с МВР в 80-90% случаев доставлялись в лечебные учреждения с отрывом нижних конечностей, из них до 10% наблюдений – на уровне бедра. Огнестрельные переломы противоположной отрыву конечности были установлены в 45-50% случаев [32, 196].

Анализ данных научной литературы последних лет показывает преобладание МВР среди прочих видов боевых повреждении, среди сочетанных и множественных ранений конечностей они выделяются своей тяжестью и являются типичным образцом политравмы военного времени. Рост числа МВР в структуре боевой хирургической патологии подтвержден статистическими данными, основанными на анализе подобных повреждений в ходе войны в Афганистане. Если в 1979-1981 гг. доля МВР составляла от 1,9% до 7,5%, то к 1987-89 гг. достигла 30-35%. Анализ боевых действий на территории Чечни в 1994-1996 гг. и 2000-2002 гг. вновь подтвердил превалирование МВР: от 20-25% в 1994-1995 гг. до 30-35% в 2000-2002 гг. [69, 94].

МВР практически не имеют аналогов в лечебной хирургической практике мирного времени. Эти поражения отличаются особой сложностью и обширностью разрушений тканевых структур, множественными и сочетанными закрытыми и открытыми переломами костей, разрывами и ушибами мягких тканей, множественными осколочными ранениями и отрывами сегментов конечностей. Всё это определяет высокую летальность и инвалидизацию личного состава, особую сложность и продолжительность лечения, резкое повышение его стоимости. Существующие системы многоэтапного оказания медицинской помощи оказались несостоятельными, прежде всего применительно к раненым с МВР [7].

В настоящее время установлено, что поражающее действие боеприпасов взрывного действия на организм человека слагается из следующих факторов:

* непосредственное ударное действие взрывной волны;
* воздействие газопламенной струи;
* ранения органов и систем человека осколками и вторичными ранящими снарядами;
* ушибы тела при его отбрасывании и ударе о почву и твёрдые предметы;
* резкое колебание атмосферного давления (баротравмва);
* действие звуковых волн (акутравма).

Взрывные повреждения по своему механизму в большинстве случаев являются многофакторными, хотя основную действующую силу часто составляет ударная волна. Эти травмы в основном оказываются сочетанными, с повреждением 2-3, а нередко и более анатомических областей тела, что и определяет выбор метода хирургического лечения, интенсивной терапии и реанимационных мероприятий. Главенствующее место в структуре минно-взрывной травмы при подрывах на противопехотных минах и других взрывных устройствах занимают полные отрывы нижних конечностей. При МВР всегда имеются повреждения нижних конечностей, которые чаще характеризуются отрывом или размозжением стопы, голени, реже бедра. Обращает на себя внимание наиболее частое сочетание при МВР повреждений конечностей и черепа, среди них нередка закрытая травма, имеют место и проникающие ранения с различным воздействием на головной мозг. Несколько реже отмечаются сочетанные повреждения груди, закрытые или открытые повреждения живота, а также повреждения органов мочеполовой системы [69, 200].

Мощное воздействие на ткани временной пульсирующей полости, возникающей при прохождении ранящего снаряда, вызывает значительные изменения далеко за пределами раневого канала. При изучении этих изменений в лаборатории обоснованы понятия о местном, сегментарном и дистанционном действии ранящих снарядов. При ранении конечности морфологическим эквивалентом сегментарного воздействия являются многочисленные кровоизлияния на всем её протяжении, чаще обнаруживаемые по ходу сосудисто-нервных пучков и соединительнотканных прослоек мышц. По результатам морфофункционального исследования сделан вывод о том, что жизнеспособность тканей огнестрельной раны зависит от многих факторов – состояния гемоциркуляции, клеточно-тканевого дыхания и пр. Значительная часть этих изменений носит обратимый характер. Поэтому с помощью лечебных мероприятий, начинающихся до или после хирургической обработки, можно активно регулировать течение патологического процесса в тканях и добиваться скорейшего заживления раны [95, 152].

Микробиологические закономерности в огнестрельной ране коненостей изучались на большом клиническом материале. В течение раневого процесса современной боевой травмы конечности выделяют 3 периода: ранний, промежуточный и госпитальный, каждый из которых имеет клинико-микробиологическую специфику. Предложено понятие «первичная раневая инфекция» (развивается на передовых этапах медицинской эвакуации в случаях задержки раненых на срок, превышающий 12-24 ч). Вызывается она возбудителями, попадающими в рану непосредственно в момент её нанесения (так называемые «уличные» или «дикие» штаммы). В процессе санитарно-бактериологических исследований в полевых лечебных учреждениях установлено, что госпитальные (антибиотико-устойчивые) штаммы редко содержатся в воздухе операционных и перевязочных. На предметах, непосредственно соприкасающихся с тканями раны (хирургические инструменты и перчатки, шовный и перевязочный материал и др.), в большинстве случаев они также отсутствовали. Эти данные говорят о важной роли эндогенных путей попадания патогенных микроорганизмов в рану из очагов их естественного обитания в организме (желудочно-кишечный тракт, дыхательные пути и др.). В результате нарушения барьерной функции органов и систем (последствия тяжелого огнестрельного повреждения) в очаги интенсивного воспаления заносятся микроорганизмы, обитающие в разных участках тела хозяина. Частота и выраженность гнойно-септических осложнений находятся в прямой зависимости от степени нарушения регионарного кровообращения. Давно установлено, что при огнестрельных ранениях конечности отмечаются выраженный и довольно продолжительный спазм периферических сосудов пораженного сегмента и стойкие (до 3 суток) расстройства микроциркуляции. Отсюда следует, что нельзя ограничиваться традиционными (эпидемиологическими) способами предупреждения инфекции ран [30, 205].

Несмотря на значительный опыт лечения огнестрельных повреждений, приобретенный хирургами, многие вопросы требуют дополнительного углубленного изучения и составляют одно из главенствующих проблемных научных направлений, как хирургии, так и медицины катастроф. Основные принципы организации хирургической помощи в минувших войнах сохраняют свое значение и в настоящее время. Новейшая техническая оснащенность этапов медицинской эвакуации, достижения клинической хирургии в послевоенный период позволяют существенно улучшить диагностику и повысить эффективность лечения боевой травмы в современной войне. Хирургия все шире использует последние достижения физики, химии, математики, электроники и кибернетики в этапном лечении пораженных современными видами оружия [58, 213].

При лечении тяжелых повреждений конечностей в остром периоде первоочередная задача заключается не в восстановлении функции конечностей, а в предупреждении развития осложнений – нормализации функции дыхания, гемодинамики, обмена веществ, устранении условий развития легочных осложнений, жировой эмболии, эндотоксикоза, острой почечной недостаточности, ранних инфекционных осложнений и сепсиса. Эта задача выполнима только при устранении местных повреждений конечностей путем удаления разрушенных тканей в процессе первичной хирургической обработки или ампутации конечности, надежной фиксации переломов. Чем обширнее разрушения тканей в процессе и тяжелее повреждения костей, тем больше показаний к раннему оказанию названных видов помощи, которые должны проводиться под прикрытием современных способов реанимации и обезболивания и расцениваться как неотложная хирургическая помощь по жизненным показаниям. Успехи современной хирургии позволяют рассматривать хирургическую обработку как восстановительно-реконструктивную операцию с широким применением по показаниям остеосинтеза отломков костей различными металлическими конструкциями [140, 208].

В вопросе предупреждения летальных осложнений путем радикальной первичной хирургической обработки ран и ампутации конечностей мнения авторов единодушны. Единая хирургическая доктрина сводится к следующим положениям:

- в ранней хирургической обработке раны нуждается большая часть раненых;

- все огнестрельные раны являются первично бактериально загрязненными;

- единственно надежный метод предупреждения развития раневой инфекции заключается в возможно ранней хирургической обработке раны;

- прогноз лечения и исхода ранения является наилучшим, если хирургическая обработка раны проведена в ранние сроки.

Сохранение единого подхода к лечению огнестрельной раны (ранняя первичная хирургическая обработка, ранняя антибиотикотерапия, закрытие ран, в большинстве случаев отсроченным первичным швом) является важнейшим положением в современной хирургии. Адекватное раннее хирургическое лечение боевых ранений с удалением всех видимых омертвевших тканей, орошение ран в целях уменьшения числа бактерий, защита тканей с помощью антибиотиков остаются главным способом предупреждения раневой инфекции [144, 168].

При оказании квалифицированной хирургической помощи раненым с повреждениями конечностей необходимо учитывать ряд особенностей:

- объем первичной хирургической обработки должен соответствовать тяжести и объему поврежденной области;

- не допускать чрезмерной радикальности первичной хирургической обработки при огнестрельном переломе;

- не расширять показания к применению погружного и внеочагового остеосинтеза [90, 150].

В целом на этом этапе доминирует принцип максимальной хирургической активности по отношению к огнестрельной ране. При наиболее тяжелых, минно-взрывных, ранениях чаще всего происходят обширные ранения нижних конечностей с повреждениями нервов, сосудов и трубчатых костей. К основному вмешательству – первичной хирургической обработкеран приступают после стойки стабилизации состояния раненого. Наилучшие результаты лечения наблюдались у раненых, оперированных в первые 6 часов после ранения. Большое значение придаётся тщательной исчерпывающей ПХО ран и огнестрельных переломов костей, в которой нуждаются до 80% раненых.

Суть принципов ПХО при боевых повреждениях конечностей в современных условиях заключается в следующем:

- широкое рассечение входных и выходных отверстий, учитывая обширность и глубину повреждения тканей современными ранящими снарядами;

- извлечение инородных тел – пуль, крупных осколков мин и снарядов (мелкие же металлические осколки, в результате фрагментации пуль, оставляются ввиду технической сложности и значительной дополнительной травматизации тканей при их удалении);

- экономное иссечение краев поврежденной кожи, тщательное удаление нежизнеспособных тканей – подкожной жировой клетчатки, мышц, фасциотомия, а при обширных повреждениях кистей и стоп – соответственно рассечение карпальных связок и связок, удерживающих мышцы разгибателей;

- обильное промывание ран асептическими растворами, удаление сгустков крови, мелких инородных тел и костных отломков с бережным обращением и оставление крупных;

- обязательная околораневая инфильтрация мягких тканей в сочетании с циркулярной блокадой сегмента конечности проксимальнее раны смесью растворов медикаментов, с обязательным включением антибиотиков;

- тщательное дренирование всех ответвлений раневого канала, наложение повязок с водорастворимой мазью (левосин, левомиколь, диоксидиновая мазь и др.);

- неприменение первичного шва при обширных и глубоких повреждениях тканей, наносимых современными поражающими снарядами;

- иммобилизация конечности гипсовой лонгетой, стержневыми аппаратами, компрессионно-дистракционными аппаратами и спицами [145, 210].

Оценивая результаты реализации различных концепций предупреждения нагноения огнестрельных ран конечностей, с учетом опыта военной медицины по материалам боевых действий в ряде стран, можно однозначно утверждать, что ведущим профилактическим принципом является первичная хирургическая обработка ран. При наличии должных показаний она не может быть заменена каким-либо методом консервативного лечения. Отсрочка ПХО влечет за собой рост частоты инфекционных осложнений ран и ухудшает прогноз. Применение консервативных методов оправдано только при отсутствии показаний к хирургическому вмешательству и условий для его выполнения [147, 172].

Основным методом лечения гнойных осложнений боевых повреждений конечностей является вторичная хирургическая обработка (ВХО) ран. Удаление нежизнеспособных тканей, санация раны, эвакуация скопления гноя, обеспечение оттока раневого отделяемого, составляющие содержание операции, по своей эффективности не имеют эквивалентов среди методов консервативного лечения гнойных огнестрельных ран. Хирургическим путем обсеменённость тканей удается снизить до 102-104 микробных тел на 1 г ткани, т.е. до критического уровня или даже ниже. Для более значительного снижения требуется более радикальное хирургическое вмешательство, сопровождающееся более широким иссечением тканей и как следствие увеличением размером раны, что далеко не всегда оправданно. Более выраженное снижение микробной обсеменённости тканей может быть достигнуто, в основном, с помощью дополнительной интраоперационной санации раны [5, 151].

Все эти проблемы требуют для решения новых подходов, методов и технических средств.

**Глава 2. Развитие плазменной медицины и использование плазменных установок в хирургии**

***2.1. Понятие физической плазмы и принцип работы плазмотрона***

Под плазмой в физике понимают газ, состоящий из ионов и нейтральных частиц, в котором суммарный электрический заряд равен нулю. Благодаря своим отличительным характеристикам по сравнению с обычными нейтральными газами, плазма считается четвертым состоянием вещества (помимо твердых веществ, жидкостей и газов). Физическая плазма – это наиболее распространённое состояние вещества в природе. Солнце, большинство звёзд, полярные сияния, молнии, в том числе шаровые, внешняя часть земной атмосферы (ионосфера), – всё это различные виды физической плазмы. В 1929 г. американские учёные И. Ленгмюр и Л. Тонкс впервые определили ионизированный газ в газоразрядной трубке как плазму. Наиболее широко физическая плазма применяется в светотехнике – в газоразрядных установках и лампах дневного света. Она задействована в разных приборах: выпрямителях электрического тока, стабилизаторах напряжения, генераторах сверхвысоких частот, счётчиках космических частиц [8, 60, 159].

Принцип получения ПП заключается в пропускании инертного газа (аргона, неона, гелия), или атмосферного воздуха через электродуговой разряд, образующийся между анодом и катодом. Ионизация молекул рабочего газа происходит за счёт электромагнитной «бомбардировки». На выходе из плазмотрона получается исходный нейтральный газ очень высокой температуры и скорости истечения, а также мощное рекомбинационное излучение преимущественно в ультрафиолетовой области спектра. Нагретый и ионизированный таким образом газ выходит через сопло плазменного манипулятора в виде тонкой струи, температура раскалённой струи варьирует в пределах 3500-15000ºС, образуя светящийся огненный факел плазменных потоков длинной 15-20 мм. Диаметр зависит от конструкции рабочего органа установки (плазмотрона) и не превышает 1-2 мм. По мере удаления от эпицентра температура факела критически падает и уже в нескольких миллиметрах от края светящейся части не превышает 30 градусов по Цельсию. Температурные параметры ПП зависят не только от рода плазмообразующего глаза, но и от энергической мощности плазмогенераторов, что особенно важно учитывать при создании и применении современных плазменных хирургических комплексов, позволяющих безопасно работать практически на любом участке операционного поля. Для предохранения окружающих операционное поле тканей от воздействия высокой температуры факела разработаны компрессирующие хирургические зажимы со специальным углублением и узкой прорезью в их рабочей части. [3, 15, 212].



Рис. 1. Принципиальное устройство плазматрона. [8]

Концентрация огромных энергии в небольшом пространстве позволяет плазменному потоку при отсутствии механического контакта раны с рабочей частью установки легко и быстро рассекать биологические ткани путём мгновенного испарения, то есть вапоризации. Одновременно происходит коагуляция мелких кровеносных и лимфатических сосудов, а также стерилизация зоны вмешательства. Воздействие на ткани при плазменной коагуляции осуществляется посредством тока, протекающего через ткань, и возникающего вследствие этого эндогенного нагрева. При этом выделяются различные зоны термического эффекта в ткани в зависимости от достигнутой целевой температуры [20, 63, 123, 169, 209]:

1. Гипертермия 40°C.

2. Девитализация 60°C.

3. Коагуляция/высушивание 100°C.

4. Карбонизация 150°C.

5. Вапоризация 300°C.

Сила термического воздействия плазмы на ткани зависит от нескольких факторов. Основные факторы, влияющие на глубину коагуляции, в порядке значимости:

1. Длительность аппликации (особенно при статической аппликации)

2. Установленная мощность или эффект воздействия

3. Расстояние от зонда (рабочее расстояние)

4. Другие факторы: вид ткани, статическая/динамическая аппликация.

Чем дольше активируется режим коагуляции, тем глубже воздействие на целевую ткань. В связи с этим рекомендуется начинать с небольшой длительностью активации и постепенно увеличивать продолжительность под контролем зрения до достижения нужного эффекта. При длительной плазменной коагуляции в одном месте глубинный эффект значительно возрастает, при слишком долгой аппликации возможна карбонизация и перфорация ткани. При динамической аппликации следует наводить плазменный зонд на ткани медленными, контролируемыми (поглаживающими) движениями под контролем зрения [143, 166, 191].

Огромный энергетический потенциал позволяет осуществлять как точечную коагуляцию на площади поверхности примерно 1 мм2, так и площадную – до 200-300 мм2. Глубина рассечения за один проход на паренхиматозных органах составляет до 10 мм. При воздействии ПП на биологическую ткань формируется область характерных термических изменений. Микроскопически она представлена четырьмя слоями. Наиболее поверхностный – это карбонизированный слой некроза, являющийся исходом внезапного чрезмерного термического воздействия. Более глубокий губчатый слой некроза – пористая герметичная структура, состоящая из обезвоженных органических соединений. Между ней и неповреждённой тканью за счёт интенсивного нагрева ткани образуется компактный слой, являющийся по сути пограничным с подлежащими жизнеспособными тканями. Таким образом, формируется пласт деструктурированных тканей, окружённый общим коагуляционным слоем, который в свою очередь обеспечивает надёжный лимфо- и гемостаз. В ходе комплексных исследований было установлено, что изменения, происходящие в тканях печени, селезёнки и легких под действием плазменных потоков, идентичны по характеру заживления. Высокоэнергетический поток в окружающей среде быстро остывает, температура его критически падает до безопасного уровня: на 2-3мм в стороне от плазменной струи температура воздуха не превышает 33-350С. Это позволяет хирургу относительно безопасно и свободно манипулировать даже в условиях глубокой операционной раны, не опасаясь повредить близлежащие ткани и важные анатомические структуры. Все изменения в тканях поверхностны и контролируются зрением оперирующего хирурга. При контакте атмосферного воздуха с ПП, а также под влиянием ультрафиолетового излучения из него синтезируется озон. Тепловое излучение, сопровождающее физическую плазму во всём спектральном диапазоне, обеспечивает физиотерапевтический эффект. Все вышеперечисленные факторы оказывают мощное антимикробное и стимулирующее действие на рану, заметно ускоряют процессы грануляции и эпителизации, улучшая микроциркуляцию тканей. Поскольку генерация физической плазмы происходит внутри плазматрона, никакого электрического воздействия на тело пациента не оказывается в отличие от электрохирургических средств [9, 61, 65, 130, 197, 204].

***2.2 Применение плазменных потоков в хирургии.***

Первые научные исследования по применению плазменной технологии в медицине начались в 70-х годах прошлого столетия в США. Обоснованием для этого стала появившаяся техническая возможность подводить плазменную струю к биологическим структурам. Созданные тогда плазмотроны были предназначены только для диссекции мягких тканей и получили название «Plasma Scalpel» (плазменный скальпель), «Thermal Knife» (термический нож). Они генерировали ионизированную струю небольшой мощности (до 70 Вт) с температурой на выходе до 2700ºС. Из-за недостаточной мощности потока исследователям приходилось длительное время воздействовать на ткани, что вызывало значительный перегрев и повреждение клеточно-тканевых структур вне зоны обработки. Кроме того, часто наблюдалась воздушно-газовая эмболия, обусловленная технологическими недочётами в системе охлаждения первых установок [17, 62, 137, 202].



Рис. 2. Плазменные установки: аппарат аргонно-плазменной коагуляции “APC 2” и многофункциональная плазменная система “PlasmaJet”. [190]

Дальнейшие научно-практические изыскания в данной области во многих странах были приостановлены на длительный период. Первые зарубежные двухэлектродные плазмотроны не позволяли достичь оптимальных параметров плазменных потоков. Позднее были предложены модификации в виде трёхэлектродных устройств, в которые затем добавили межэлектродные вставки для увеличения коэффициента полезного действия. Благодаря этому с середины 90-х гг. прошлого столетия в ряде зарубежных стран началась новая эра в развитии плазменной технологии. Появились хирургические установки, использующие в качестве рабочего газа аргон: вначале был «PLASMSURG 101» (Швеция) и «CoagSafe» (США), а затем «PlasmaJet TM» (Великобритания) [170, 188, 211].

***2.3 Развитие отечественной плазменной хирургии.***

В нашей стране становление плазменной хирургии связано с именами профессоров В.С. Савельева, Г.И. Лукомского и О.К. Скобелкина, которые ещё в 80-х годах прошлого столетия доказали эффективность этой технологии при выполнении хирургических вмешательств на паренхиматозных органах и мягких тканях. В ходе комплексных исследований ими было установлено, что изменения, происходящие в тканях печени, селезёнки и лёгких под действием ПП, идентичны по характеру заживления, приводились данные об успешном применении плазменной энергии при выполнении различного рода оперативных вмешательств. В отечественной хирургии сформировались школы по разработке и внедрению новой технологии, в числе которых клиника факультетской хирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова (Нечай А.И., Трофимов В.М.), кафедра факультетской хирургии № 2 Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова (Шулутко А.М.) и др. [141, 159]

Положительные результаты отечественных исследований, выполненных за последние 30 лет, способствовали применению плазмы:

- при холецистэктомии на этапе обработки ложа жёлчного пузыря и при отсечении жёлчного пузыря плазменным скальпелем – при этом время операции значительно сокращается, в послеоперационном периоде не отмечается крове- или желчеистечения по дренажам [2, 22, 98];

- в ходе проведения резекции печени и желудка, органосохраняющих вмешательств на селезёнке, а также обработке остаточной полости у пациентов с эхинококкозом различной локализации [26, 73, 97, 142];

- в военно-полевой и гнойной хирургии, комбустиологии, где плазменная обработка в различных режимах широко применяется в ходе хирургической обработки и дальнейшего этапного лечения огнестрельных, минно-взрывных и термических поражений, различных гнойно-некротических ран, пролежней и трофических язв [11, 28, 45, 50, 106, 194];



Рис. 3. Внешний вид пролежня до и после обработки плазменными потоками. [36]

- в оперативной гинекологии – при органосохраняющих операциях на яичниках и матке [66, 76, 77];

- во время вмешательств по поводу злокачественных новообразований различной локализации – высокотемпературная плазменная струя в момент удаления очага патологического роста вызывает некроз клеток в пограничной с разрезом области, а стимулирующее воздействие «высокой» энергией улучшает результаты реконструктивно-пластических пособий у данной категории больных [36, 52, 57, 83, 100, 129];

- в торакальной хирургии при коагуляции плазменными потоками поверхности лёгкого по линии резекции, стерилизации и герметизации деплеврезированной поверхности лёгкого, при деструкции патологических тканей (шварты, фибриновые наложения) у больных с эмпиемой плевры [9, 23, 55, 56, 59, 81, 199];

- в травматологии и ортопедии плазменно-физическая коагуляция раневой зоны рекомендуется для гемостаза и профилактики инфекции в ходе остеосинтеза, удаления костно-хрящевых опухолей, эндопротезирования суставов и т.д. [111, 138];

- при вмешательствах на лор-органах и в хирургической стоматологии, в том числе при лечении пациентов с флегмонами челюстно-лицевой области и заглоточного пространства [4, 12, 75].

***2.4 Основные типы отечественных плазменных установок.***

За весь период становления плазменной хирургии в нашей стране создано четыре типа высокоэнергетических установок, работающих на инертном газе.

Первый тип плазменных установок разработан был в 1978 г. на базе установки «СУПР-1», ранее предназначенной для резки металлов и в качестве рабочего тела использовал инертные газы гелий и аргон. В 1984 г. создана установка «СУПР-М», а в 1986 г. – «СУПР-2М». В 2001 г. было представлено следующее поколение плазменных установок первого типа – скальпель плазменный «СП-ЦПТ». Принципиальным отличием данной модели был программируемый режим работы, наличие в штатной комплектации лапароскопических и физиотерапевтических плазмотронов. В 2014 г. впервые представлено новейшее поколение плазменно-дугового оборудования, получившее название «Плазморан». Установка имеет полностью цифровую интеллектуальную систему управления, но предназначена исключительно для лечения гнойных ран, трофических язв и пролежней [19, 29, 64].

Второй тип плазменных установок, использующих для работы инертные газы, разработан в 1992-1994 гг. с принципиальным конструктивным новшеством – генератором плазмы с межэлектродной вставкой (трёхэлектродная и более схема), что позволило существенно улучшить энергетические характеристики устройства. Удалось получить стабильно мощные ПП любых инертных газов при объёмном расходе до 4 л/мин. Испарение материала электродов было сведено к минимуму, так как мощность разряда обеспечивалась увеличением напряжения, а не силы тока. В последующие годы установка выпускалась в двух модификациях: «Факел-01» и последняя – ПХК «Плазмамед» [48, 143].

Третий тип плазменных установок был создан со следующими параметрами: рабочие газы – аргон, гелий, температура струи плазмы 3500-15000ºС, мощность струи от 350 Вт до 1,5 кВт, длина плазменного факела 0,2-2 мм, расход газа 1-10 л/мин. Плазмотрон комплектовался специальными сменными соплами. Установка не получила широкого применения в клинической практике [80].

Четвёртый тип плазменных установок – «УМПР-20», созданный сотрудниками Ленинградского политехнического института им. М.И. Калинина совместно с кафедрой абдоминальной хирургии ВМА им. С.М. Кирова.



Рис. 4. Раневая поверхность конечности при обработке плазменными потоками аппаратом типа «УМПР-20». [63]

Устройство состоит из источника питания с пускорегулирующей аппаратурой и плазмотрона, соединённого с ним посредством гибкого кабеля. Прибор, в плазматроне которого инертный газ аргон в электрическом поле превращается в регулируемый поток плазмы, позволяет за счет высокой температуры разрезать и сваривать ткани органического и неорганического происхождения. Дополнительными факторами воздействия являются предпосылаемый поток озона и пучок ультрафиолетового излучения, способствующие обеззараживанию обрабатываемых поверхностей.

Плазменные хирургические установки типа «УМПР-20» имеют четыре режима работы, параметры которых отражены в таблице 2.

Табл. 2. Режимы работы ПХК типа «УМПР-20»

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Режим работы | **Плотность мощности ПП, Вт/мм** | **Температура ПП, градусов** | **Расход газа, л/мин** |
| **«Деструкция»** | **28 – 30** | **7000 – 15000** | **1,5 – 2,0** |
| **«Рассечение»** | **15 – 18** | **6000 – 8500** | **1,0 – 1,5** |
| **«Коагуляция»** | **7 – 10** | **2500 – 5500** | **0,5 – 1,0** |
| **«Плазменное**  **облучение»** | **2 – 5** | **40 – 60** | **до 0,5** |

Аппараты имели гибкий манипулятор, что являлось важным их отличием от других моделей, оснащаемых качающимися штангами или жесткими манипуляторами. Рабочие наконечники оснащались сменными соплами диаметром 0,5 и 2 мм. Сопло диаметром 0,5 мм предназначалось для режима «рассечения» и «деструкции» тканей, сопло диаметром 2 мм – для режима «коагуляции» и «плазменное облучение». Применялось также, в целях его использования в смешанном режиме, универсальное сопло диаметром 1,0 мм. Важными техническими особенностями этих аппаратов, отличающими их от аналогичных аппаратов других производителей, являлись: малый вес, небольшие габариты, высокая мобильность, система электропитания от двухфазной сети переменного тока напряжением 220 В. Стерильность манипулятора достигалась обертыванием гибкого проводящего шланга стерильной простыней, обработкой металлического наконечника 70% и 96% спиртом, далее 3% раствором йода. Сопло подлежало обычной сухожаровой стерилизации с предварительной обработкой согласно «Инструкции по стерилизации металлических инструментов», либо обрабатывалось в парах формалина по методу, предусмотренному отраслевым стандартом (ОСТ 42-21-2-85) [99, 128, 165].

***2.5 Воздушно-плазменная технология и её особенности.***

С целью заменить дорогостоящие аргон и гелий атмосферным воздухом в МГТУ им. Н.Э. Баумана в начале 90-х годов ХХ в. впервые в мире была создана серия аппаратов, генерировавших низкотемпературную воздушную плазму («Плазматом-1», «Плазмотом-2», «Искротом»). Следующим этапом была экспериментальная разработка и внедрение в клиническую практику воздушно-плазменного хирургического аппарата «Гемоплаз ВП». Существенным отличием его было не только использование в качестве рабочего тела атмосферного воздуха, но и небольшие габариты, что значительно упрощало эксплуатацию [46, 86, 201].

К концу 1994 г. был создан опытный образец, прошедший успешные испытания в военно-полевых условиях (1994-1996 гг.). В дальнейшем был сконструирован аппарат «Плазон», максимально отвечавший требованиям хирургии. Если морфологические изменения в зоне воздействия воздушно-плазменного потока в режиме резки и коагуляции абсолютно идентичны таковым при обработке потоком аргоновой или гелиевой плазмы, его терапевтическая эффективность определяется плазмохимической генерацией молекул оксида азота (II). Экзогенный оксид азота плазмохимического генеза содержится в высоко- и низкотемпературных потоках (от 4000 до 20°С) газовых потоках, генерируемых из атмосферного воздуха плазменными аппаратами («Плазон» и др.).



Рис. 5. Воздушно-плазменный аппарат «Плазон».[130]

Оксид азота (NO) непрерывно продуцируется в организме человека и животных ферментативным путем при участии NO-синтаз (NOS), выполняя функции универсального регулятора разнообразных биологических и физиологических процессов. Результаты экспериментальных исследований, а также анализ данных о роли эндогенного NO в раневой патологии и воспалении выявили ряд основных механизмов и путей влияния NO-терапии на эти патологические процессы. Лечебная эффективность экзогенного оксида азота (NO) основана на свойствах открытого в конце XX века эндогенного NO как полифункционального физиологического регулятора (Нобелевская премия по медицине за 1998 год) и заключается в следующем [3, 42, 78, 135, 226]:

- нормализация микроциркуляции за счет вазодилатации, антиагрегантного и антикоагулянтного действия NO;

- бактерицидное действие как собственным, так и опосредованным пероксинитритом, образующимся в тканях при взаимодействии NO с супероксид-анионом: NO + О2- <=> ONOO-;

- индукция фагоцитоза бактерий и некротического детрита нейтрофилами и макрофагами;

- ингибиция свободных кислородных радикалов, оказывающих патогенное воздействие, а также активация антиоксидантной защиты;

- улучшении нервной проводимости (нейротрансмиссии);

- регуляции специфического и неспецифического иммунитета;

- прямой индукции пролиферации фибробластов, роста сосудов, синтеза коллагена, образования и созревания грануляционной ткани, пролиферации эпителия;

- регуляции апоптоза и предотвращении патологического рубцевания.

Таким образом, важнейшим преимуществом NO-терапии в отличии от большинства физических и медикаментозных лечебных факторов является воздействие полифункционального NO на все фазы единого воспалительно-регенераторного процесса, что и обусловливает высокую эффективность лечения в различных областях медицины.

Другим достоинством NO-терапии является возможность локального воздействия на патологический очаг, что позволяет избежать нежелательных общих эффектов как, например, при использовании нитропрепаратов – медикаментозных доноров NO. Манипулятор аппарата посредством эндоскопических аппаратов, пункционных игл и дренажных трубок можно обрабатывать не только открытые раневые или язвенные поверхности, но и глубокие раневые карманы, очаги в плевральной и брюшной полостях, в просвете полых органов [108, 115].

Ещё одним преимуществом NO-терапии является способность экзогенного NO диффундировать не только через раневую поверхность, но и через неповрежденную кожу и слизистые оболочки, т.е. возможность неивазивного воздействия на глубокие очаги и сосудисто-нервные пучки [27, 40, 227].

Важным достоинством является также возможность сочетания теплового воздействия на ткани воздушной плазмой с последующей NO-терапией. Высокотемпературные воздушно-плазменные потоки непосредственно используются для коагуляции раневой поверхности с одновременной её стерилизацией, а также гемо-, лимфо-, аэро- и холестазом, деструкции (испарения) новообразований и больших масс некротизированных тканей, рассечения [2, 33, 70, 233].

Метод теплового воздействия и NO-терапии может использоваться в учреждениях практического здравоохранения разного уровня – от поликлиник до больниц, госпиталей и крупных медицинских центров, что, учитывая его эффективность в различных областях медицины, делает метод высокорентабельным, т.к. один аппарат может использоваться в разных отделениях [21, 35, 178].

В настоящее время методика широко применяется во многих областях хирургии. Установлено, что под влиянием экзогенного NO значительно ускоряются регенераторные процессы в очаге хирургической инфекции. Многими авторами отмечено также умеренное анальгезирующее действие NO-содержащего ПП на гнойную рану. Выявлены конкретные механизмы положительного действия NO-терапии [18, 51, 82, 189, 231]:

- улучшение сосудистой трофики и тканевого обмена;

- бактерицидное и бактериостатическое действие;

- усиление фагоцитоза бактерий и некротического детрита макро- и микрофагами;

- стимуляция секреции активированными макрофагами цитокининов, усиливающих, в свою очередь, рост фибробластов и микрососудов.

***2.6. Метод холодно-плазменной хирургии.***

Метод холодноплазменной хирургии – коблации (coblation: cold ablation – "холодное разрушение") вошел в медицинскую практику в 1995 году, когда был выпущен первый базовый блок Controller 2000 и разработаны семейства электродов для применения в травматологии, ЛОР и спинальной хирургии. Низкотемпературная плазма представляет собой частично ионизированный газ, полученный при атмосферном давлении и имеющий макроскопическую температуру, близкую к температуре окружающей среды.



Рис. 6. Трофическая язва до, в процессе и после лечения с применением потоков плазмы аппаратом «Плазон».[152]

В состав факела низкотемпературной плазмы входят заряженные частицы, нейтральные активные частицы, в том числе свободные радикалы и частицы в метастабильных состояниях, а также ультрафиолетовое излучение. Биологические эффекты плазмы связаны с синэргическим действием перечисленных факторов, каждый из которых имеет подпороговую концентрацию, не вызывающую изменений в биологическом объекте [1, 105].

Для медицинского применения подходят два типа холодной плазмы: непрямой (плазменная струя) и прямой (диэлектрический барьерный разряд) источники плазмы. В основе коблации лежит способность электрического тока образовывать плазму в растворе электролита при наличии достаточной для этого напряженности электромагнитного поля. Повышенная напряженность электромагнитного поля в "активной" зоне электрода достигается особым расположением контактов электрода. Типичный электрод имеет 5-20 "положительных" ("+") контактов на рабочей поверхности, ориентированных определенным образом. Общим "отрицательным" ("–") контактом является основание рабочей части, отделенное от "+" контактов изолятором. Для работы электрод погружается в солевую среду (NaCl, KCl), после чего включается питание базового блока и ток начинает течь от "+" контактов к "–" через раствор электролита. При небольшой мощности тока образование плазмы не происходит, и ток, протекающий через раствор электролита, просто нагревает его. При повышении мощности тока в активной зоне электрода начинается формирование плазменного слоя. В состояние плазмы переходят ионы металла из раствора, в который погружается электрод. Продолжая повышать мощность можно добиться формирование устойчивого плазменного поля, толщина которого (в зависимости от размеров и формы электрода) не превышает 0,5-1 мм. Энергии плазмы (8 eV) достаточно для разрушения связей в органических молекулах, результатом распада которых являются углекислый газ, вода и азотсодержащие низкомолекулярные продукты [119, 146, 171, 222].

Метод коблации дает хирургу возможность рассекать, коагулировать или разрушать массив ткани, не оказывая обжигающего воздействия на окружающие анатомические структуры. Малая толщина плазменного слоя дает возможность точно дозировать воздействие и тщательно рассчитывать объем рассекаемой или удаляемой ткани.

К настоящему времени холодно-плазменная хирургия заслужила признание и доверие специалистов во многих странах мира. Можно говорить о том, что применение этой методики в ЛОР-хирургии позволяет совершить подлинную революцию и кардинальным образом изменить наше представление о таких операциях, как тонзилл- или аденоидэктомия, ранее считавшихся одними из самых болезненных, сопровождающихся большой кровопотерей. Неоспоримы преимущества коблации в артроскопии и спинальной хирургии, где метод применяется для быстрой и безболезненной процедуры лечения грыжи межпозвоночного диска – нуклеопластики.

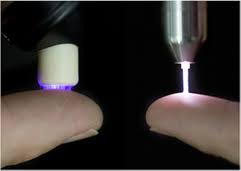


Рис. 7. Плазменная струя холодно-плазменной установки.[207]

В практике артроскопической хирургии коблация применяется для большого количества различный манипуляций, в частности:

- обработки поверхности хряща;

- рассечения или удаления ткани мениска;

- удаления, рассечения и коагуляции тканей капсулы и связочного аппарата.

Применение холодной плазмы атмосферного давления в медицине достаточно универсально и включает также дезактивацию, стерилизацию, использование в стоматологии, поверхностное покрытие имплантатов, косметику и пластическую хирургию, а также лечение кожных заболеваний. Разрабатываются методики применения холодной плазмы в онкологии.

Преимущества метода [44, 88, 160, 193, 217]:

- минимальная толщина слоя плазмы препятствует термическому поражению тканей вне этого слоя, исключается образование ожогов и обугливания раневой поверхности;

- слой плазмы обладает коагулирующим воздействием, благодаря чему кровопотеря минимальна, а в ряде случаев исключена практически полностью;

- отсутствие теплового воздействия на нервные окончания заметно снижает болезненность в ходе операции и послеоперационном периоде;

- особая конструкция электродов позволяет рассекать и коагулировать ткани, проводить объемное удаление тонких слоев ткани с одновременной коагуляцией раневого канала;

- конструкция электродов позволяет применять метод коблации для проведения эндоскопических операций;

- электроды оборудованы собственной системой подачи и отсоса рабочей жидкости (физиологического раствора) и не требуют дополнительных приспособлений.

Несомненным достоинством коблации является прецизионное воздействие на обрабатываемые ткани при отсутствии обжигающего эффекта, характерного для лазерного и радиочастотного оборудования, традиционно применяемого во многих областях хирургии. Именно способность узкосфокусированного облака плазмы разрушать и коагулировать ткани человека позволила коблации выступить в роли совершенного и универсального хирургического инструмента [1, 106, 207].

***2.7 Современные плазменные хирургические технологии,***

***пути оптимизации.***

Плазменная методика успешно апробирована в абдоминальной и торакальной хирургии, оперативной гинекологии, стоматологии и онкологии и наиболее востребована в гнойной хирургии. В основном применется два режима плазменно-физического воздействия [47, 68, 102, 174, 216]:

1. Хирургический режим (диссекция или резка, коагуляция) – воздействие на раневую поверхность высокотемпературным газовым факелом на заключительном этапе некрэктомии. Термическая травма биологических тканей при этом полностью исключается.

2. Терапевтический режим (стимуляция) – регулярная обработка раневой поверхности охлаждённым ПП с целью стимуляции регенераторных процессов и купирования воспаления. Озон и ультрафиолетовое излучение, сопровождающие физическую плазму, обеспечивают мощный антимикробный эффект.

Учитывая особенности течения гнойно-воспалительных заболеваний, за последние годы предлагались различные способы оптимизации результатов комбинированного лечения. Существует метод сочетания воздушно-плазменной обработки с обработкой раны озонированным физиологическим раствором, метод использовании воздушно-плазменных потоков в режиме NO-терапии совместно с биологически активными раневыми покрытиями, что позволяет к 4-5-м суткам резко снизить уровень бактериальной контаминации, более чем в 1,5 раза сократить сроки подготовки гнойных ран к восстановительным вмешательствам. NO-терапия в сочетании с раневыми покрытиями обеспечивает ускоренное очищение ран от гнойно-некротических масс (в 1,7 раза), появление грануляций (в 1,9 раза) и краевой эпителизации (в 1,8 раза) по сравнению с традиционным лечением (мазевые повязки) без плазменной обработки [39, 54, 71, 224].

При осложнённой роже использовалась лечебная программа, включавшая фотодинамическую терапию и воздушно-плазменную стимуляцию, что приводило к значительному сокращению сроков некролизиса (в 3-3,5 раза по сравнению с контрольной группой больных) и раннему наступлению регенераторной фазы. Морфологические исследования при этом показали усиление фагоцитарной активности нейтрофилов и макрофагов, снижение воспалительных проявлений и микроциркуляторных нарушений в очаге, активацию пролиферации фибробластов, неоангиогенеза и синтеза коллагена, раннее образование грануляционной ткани [89, 101, 221].

На большом клиническом материале была доказана эффективность применения воздушного и аргоноплазменных потоков в ходе ампутаций у пациентов с ишемической гангреной нижней конечности.



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| До лечения. | На 21 день после NO-терапии | Спустя 2 месяца после NO-терапии |

Рис. 8. Заживление трофической язвы в процессе NO-терапии [227].



Рис. 9. Заживление вторичным натяжением обширной гнойной раны с применением аргоно-воздушно-плазменного воздействия [194].

Высокоэнергетическая диссекция мягких тканей в ходе вмешательства и послеоперационная плазмодинамическая санация позволили достоверно уменьшить частоту раневых осложнений до 18-20%, сократить средний койко-день примерно в 1,4-1,5 раза, а общую летальность снизить до 16%. Предложены различные лечебные схемы, включающие воздушно-плазменную обработку, фотодинамическую терапию и полифункциональные раневые покрытия при трофических язвах и длительно незаживающих ранах. При этом было отмечено снижение фантомно-болевого синдрома [79, 112, 153, 206].

Регулярная плазмодинамическая санация в режиме NO-терапии способствовует ускоренному очищению раневой поверхности при гнойно-некротических осложнениях синдрома диабетической стопы и появлению грануляцией в 1,3 раза по сравнению с результатами традиционного лечения, при этом удалось существенно снизить число высоких ампутаций нижних конечностей. Успешно осуществляется аргоноплазменная обработка при обширных гранулирующих ранах до и после пересадки клеточно-кожной культуры аллотрансплантантов. Широко используется комбинированное и раздельное аргоно-воздушно-плазменное воздействие в ходе комплексного лечения обширных гнойных ран, некротизирующих фасциитов, трофических язв и пролежней, различных форм рожистого воспаления, острого тромбофлебита, во время выполнения ампутаций у пациентов с ишемической гангреной нижних конечностей [72, 113, 232].

В настоящее время медицина располагает большим арсеналом различных механических, химических, биологических и физических средств и методов для лечения раневой патологии.

**Глава 3. Применение потоков плазменного излучения**

**при хирургической патологии.**

Использование высокотемпературных методов воздействия на биологические ткани с целью достижения надёжного гемостаза достаточно эффективно и известно с давних пор. В настоящее время в различных областях хирургии нашли широкое распространение разнообразные электрохирургические аппараты, термокоагуляторы, лазеры. Опыт их применения показал безусловную перспективность тепловых методов воздействия. Однако любой из этих методов наряду с положительными свойствами обладает также и рядом недостатков (недостаточная эффективность и надёжность, сложность применения, высокая стоимость и др.). Поэтому продолжается поиск и других путей подвода тепловой энергии в операционное поле. Одним из наиболее перспективных из них является использование в хирургии температуры плазменных потоков. Перспективность использования в лечении современной хирургической патологии высокоэнергетических плазменныхпотоков признаётся многими авторами [24, 166, 177].

Первые экспериментальные исследования по применению энергии физической плазмы в хирургии были начаты в 60-х годах. Обоснованием для этого послужила возможность локально подводить плазменную струю к биологическим тканям. Созданные плазменные установки были предназначены для использования в хирургии и получили название «плазменный скальпель». Они генерировали плазменную струю мощностью до 70 Вт с температурой до 6700 градусов С. В работах, относящихся к этому периоду, сообщалось об их использовании для пересечения мышц при лапаротомиях, для проведения различных операций на печени, при мастэктомиях, ампутациях, резекциях легкого и других вмешательствах, связанных с обильным кровотечением. Авторы отмечали высокие гемостатические качества ПП, возможности выполнения, как коагуляции, так и диссекции тканей [61, 65, 99, 230].

Позднее ПП стали применяться при операциях на печени, проведении поперечных лапаротомии, при мастэктомиях, ампутациях конечностей, для деструкции туберкулезных очагов в позвоночнике, иссечении ожогового струпа и в ряде других случаев. Эти исследования подтвердили высокие коагуляционные способности ПП. С появлением в 80-х и 90-х гг. новых, более мощных ПХК, в т. ч. с 1998 г. воздушно-плазменных аппаратов (ВПА) «Гемоплаз ВП» и с 2000 г. ВПА «ПЛАЗМОН», получила дальнейшее лечение и плазменная хирургия. Авторы, имеющие опыт применения плазменных потоков в хирургии, отмечали выраженный гемостатический и холестатический эффект, надежную герметизацию раневой поверхности органа и бактерицидные свойства метода [19, 122, 154].

ПХК компактны, надежны и технически просты для работы и обслуживания. Гибкая конструкция подвода плазменных потоков позволяет хирургу свободно работать практически в любой области операционной раны. ПП не оказывают вредного действия на больного и хирургическую бригаду, вызывают значительно меньшее дымообразование и не требуют защитных очков. Энергетические характеристики ПП в несколько раз выше, чем у других термохирургических аппаратов, что играет большую роль в повышении скорости рассечения тканей. ПХК представляют собой существенный прорыв в области физических методов воздействия в хирургии, обеспечивая самую быструю и надежную коагуляцию обширных раневых повреждений [126, 165].

Несомненными достоинствами ПХК являются:

- простота и надежность метода;

- возможность остановки сильных кровотечений, особенно при большой площади раневой поверхности;

- высокая скорость и эффективность коагуляции раневых поверхностей;

- уменьшение кровопотери при операциях;

- возможность использования для остановки кровотечения из ран с неровной поверхностью и в труднодоступных местах;

- эффективный гемостаз при нарушениях свертываемости крови;

- незначительная глубина термических повреждений тканей;

- стерильность и бесконтактность метода (стерилизация манипулятора производится в парах воздействия);

- уменьшение микробной обсемененности операционной раны, бактериостатическое и бактерицидное действие;

- безвредность для персонала и пациента;

- возможность использования плазменных потоков для деструкции тканей, в т. ч. опухолевых;

- герметизация дефектов легочной ткани (аэростаз);

- санация брюшной и плевральной полости;

- возможность органосохраняющих операций при повреждениях селезенки [9, 92, 104, 220].

Эти данные подтверждаются исследованиями многих авторов. Значительно облегчается труд хирурга при сложных операциях. При лечении больных с гнойными заболеваниями улучшаются непосредственные и отдаленные результаты лечения больных, уменьшается расход перевязочного материала, антибиотиков, антисептиков, других лекарственных препаратов, наступает быстрая активизация больных сокращается койко-день и, как следствие, значительно уменьшаются затраты на лечение. Отмечен также и анестезирующий эффект плазменных потоков [41, 54, 129, 187].

Проведенные экспериментальные исследования показали возможность ПП при операциях на паренхиматозных органах, легких и плевре, в нейрохирургии, в хирургии желудка и кишечника, гнойной хирургии, т.е. практически на всех тканях и органах [91, 111, 155, 159, 184].

В настоящее время всё более актуальной становится проблема организации медицинской, в том числе хирургической, помощи пострадавшим при ограниченных военных и социальных конфликтах. В связи с этим всё большие и сложные задачи приходится решать военным и гражданским хирургам, причём постоянно отмечается дальнейшее сближение характера решаемых ими задач. Использование плазменных потоков в хирургии и медицине катастроф стало особенно актуальным в последние годы, когда одним из приоритетных направлении технического развития хирургии во многих странах мира было определено использование плазменных хирургических комплексов. Особенно высокая эффективность применения воздушно-плазменных хирургических комплексов, в т. ч. ВПА «Гемоплаз ВП» и «ПЛАЗОН», выявилась при оказании неотложной и ранней специализированной хирургической помощи, в т. ч. во время боевых действии на территории Северного Кавказа и Закавказского региона. По данным ряда авторов ПХК, в т. ч. ВПА «Гемоплаз ВП», имели широкое применение при целом ряде боевой патологии [44, 87, 94, 141, 150, 152]:

- огнестрельных и минно-взрывных повреждениях мягких тканей;

- ранениях органов брюшной полости и забрюшинного пространства;

- пулевых и осколочных ранениях лёгких;

- непроникающих повреждениях черепа;

- гнойных осложнениях огнестрельных ран;

В связи с этим в настоящее время во всех странах мира не вызывает сомнения необходимость экономии средств в области здравоохранения. Данная задача является весьма актуальной и для хирургических служб многих стран, особенно в связи с недостаточным их финансированием. Существует настоятельная необходимость объединения опыта медицины по нормированию медицинского имущества с современными экономическими подходами к оценке стоимости лечения, что находит свое подтверждение при определении экономического обоснования применения ПХК в практической медицине. Все это подтверждает настоятельную необходимость внедрения новых высокоэкономичных методик лечения и медицинских технологий, в т. ч. путем соответствующего экономического обоснования [34, 49, 164, 203].

**Глава 4. Обсуждение результатов применения плазмы при лечении ранений и травм конечностей.**

Неотложные хирургические мероприятия первой очереди срочностипри ранениях и травмах конечностей проводились с передовых этапов оказания медицинской помощи. В основном использовались аппараты, генерирующие плазменный поток из воздуха с автономными системами охлаждения, имеющие высокую экономическую эффективность, высокую мобильность и хорошие рабочие характеристики. На территории Северного Кавказа в ограниченных военных конфликтах последних десятилетий плазменные установки применялись уже на этапе тыловых госпиталей, расположенных на расстоянии от 10 до 100 км от мест боевых действий. Повторная хирургическая обработка выполнялась, в основном, с момента поступления на этап специализированной хирургической помощи [7, 18, 25, 50, 84, 140].

Некоторыми авторами сообщалось, что ПП ими применялись в лечении раненых, большинство из которых имели место множественные осколочные ранения различных локализаций. Проводилась однократная повторная хирургическая обработка огнестрельной раны с применением ПП, на рану накладывались первично-отсроченные швы или выполнялась пластическая операция по её закрытию. Раны заживали первичным натяжением. Авторами отмечалось, что сроки лечения уменьшались на более чем 20 дней, делался вывод о необходимости использования ПП, обладающих выраженным бактерицидным, гемостатическим, биостимулирующим эффектом, что позволяло сократить сроки лечения раненых и резко уменьшить число гнойных осложнений. Несмотря на выраженную тяжесть ранений, требующих ампутации конечностей, отмечено благоприятное течение послеоперационного периода у раненых, и в первую очередь, за счет хорошего анальгезирующего эффекта ПП, своевременной компенсации анемии, белкового и электролитного баланса, более ранней активизации самих раненых. Морфологически заживление ран ампутационных культей после повторной плазменной хирургической обработки проходило через процесс умеренного перифокального воспаления. Для плазменной обработки мягких тканей раны предпочтение отдавалось использованию ПХК в режиме «плазменного облучения» [87, 149, 190].

Одной из наибольших проблем в хирургии является лечение гнойных осложнений раневой патологии конечностей и связанные с этим социальные и экономические аспекты. Общие совокупные затраты при лечении раненых с гнойно-септическими осложнениями ран конечностей примерно в 5-7 раз выше, чем при лечении аналогичного контингента раненых и пострадавших без данных осложнений [119, 147].

ПП широко использовались при лечении пациентам с мягкотканными ранами конечностей, осложненными гнойной инфекцией. Выполнялась вторичная плазменная хирургическая обработка ран. В 94% случаев она была однократной и обеспечивала достаточно выраженный бактерицидный эффект. У 92,5% пациентов операция завершалась закрытием раны вторичными швами. У 23% вторичные швы были наложены на 4-5 сутки. При обработке инфицированных ампутационных культей ПП применялись при неоднократно выполнявшихся вторичных хирургических обработках после эвакуации скапливающегося гнойного отделяемого и ревизии футлярных карманов с целью удаления вновь появлявшихся очагов некроза тканей и стерилизации раны в режимах «испарение» и «плазменное облучение» [88, 108].

Сравнительный анализ лечения огнестрельных ранений мягких тканей свидетельствует о том, что местное использование ПП позволяет снизить в 1,2-1,4 раза число хирургических обработок, в 90% случаев обеспечивает закрытие раневого дефекта первично отсроченными швами, в 95% случаев – первичное заживление ран. Применение ПП в 3,5 раза уменьшает удельный вес гнойных осложнений и в 1,6 раза сокращает сроки лечения. При гнойных осложнениях огнестрельных ранений мягких тканей число повторных хирургических вмешательств снизилось в 3,5 раза, а число реинфицирования ран и их повторное нагноение в 3,4 раза. Сроки лечения этой категории пострадавших достоверно сократились в 1,7 раза [33, 45, 114].

Применение ПП в комплексном лечении после МВР, не осложненных инфекцией, в 3,3 раза сократило повторные хирургические вмешательства, в 2,5 раза увеличило вероятность закрытия ран первично отсроченными швами, приблизило сроки лечения раненых с огнестрельными переломами длинных трубчатых костей к срокам лечения закрытых переломов. Рядом авторов также признаётся, что наиболее ценным представляется применение данного метода у раненых и пострадавших с анаэробной инфекцией [41, 53, 94].

Глубина термического повреждения в зоне воздействия плазменного скальпеля в ходе хирургической обработки гнойно-некротических ран не превышает 1,5-2 мм. Концентрация колоссальной энергии в сравнительно небольшом пространстве манипулятора (плазматрона) в сочетании с мощным газодинамическим напором позволяла без какого-либо механического контакта легко и быстро рассекать девитализированные ткани путем их мгновенного испарения. Одновременно с диссекцией достигался окончательный гемостаз за счет термокоагуляции сосудов диаметром до 1,0 мм, а также стерилизация раневой полости. Вапоризация и фульгурация некротизированных локусов в очаге раны обеспечивали перевод их, преимущественно, в ожоговые. Заживление последних протекало быстрее и с более благоприятным исходом. При жидком гное и отсутствии в очаге некрозов плазменную обработку осуществляли только в режиме щадящей коагуляции [39, 82, 112].

Благодаря гидрофильности и хорошим сорбционным свойствам обугленного тканевого слоя достоверно уменьшалась раневая экссудация в послеоперационном периоде. В течение нескольких дней регрессировали воспалительные явления, к 6-8-м суткам отмечали отчетливую раневую контракцию. Качественное улучшение всех фаз раневого процесса (в 1,5-1,8 раза по усредненным показателям) в ходе использования плазменной технологии подтверждалась данными цитологического и гистологического исследований. В мазках-отпечатках после плазменной обработки наблюдали существенное уменьшение содержания лейкоцитов при более быстром, чем в контрольной группе, снижении дистрофически измененных и распадающихся форм нейтрофилов. Морфологически уже к 5-6-м суткам независимо от глубины и протяженности очага хирургической инфекции отмечали постепенное усиление макрофагальной реакции и пролиферации фибробластов, новообразование капилляров, рост полноценной грануляционной ткани, что было наиболее заметно к 8-11-му дню комплексного лечения. Микробиологические исследования доказали высокую эффективность плазменно-физической санации гнойных ран. Бактериальный титр раневого отделяемого часто уже на 2-е сутки не превышал общепринятый безопасный уровень. Бактерицидный и бактериостатический эффекты обусловлены одномоментным воздействием нескольких физико-химических факторов стимулирующего плазменно-физического воздействия, таких как озон, экзогенный оксид азота (II), «жесткое» ультрафиолетовое излучение, каскад физиотерапевтических эффектов. Применение плазменного «скальпеля» у лиц с огнестрельными и минно-взрывными ранениями позволило сократить объем интраоперационной кровопотери на 30-35%, число этапных некрэктомий примерно в 1,6 раза. Аналогичные тенденции касаются и сроков купирования симптомов интоксикации и гипертермии [37, 64, 139, 213].

**Заключение.**

Изучение литературы и анализ клинических наблюдений и разработок показывают, что боевые повреждения конечностей являются наиболее часто встречающейся боевой патологией, как в мирное, так и в военное время. Они занимают одно из приоритетных мест в деятельности хирургов, являясь достаточно серьёзной, тяжелой патологией среди повреждений других органов и систем. Этим объясняется современная актуальность проблемы лечения данной патологии в хирургии. За последние десятилетия достигнуты значительные успехи в лечении ранений и других повреждений конечностей, накоплен опыт выполнения различных оперативных вмешательств. Однако хирургические операции в период как в мирное время, так и при военных действиях нередко выполняются либо без учета тяжести повреждения, либо с превышением необходимого объема оперативного вмешательства, в течение необоснованно длительного времени и без обеспечения тщательного гемостаза и лимфостаза. Всё это ведет к развитию тяжелых осложнений, значительно удлиняет время лечения и ухудшает прогноз [15, 120].

Осознанная целесообразность необходимости широкого внедрения в хирургическую практику новых физических методов, подкрепленная практической необходимостью улучшения результатов лечения раненых с ранениями конечностей, явилась основной причиной изучения литературных источников по аспектам применения потоков плазмы при данной патологии.

Прогресс наук о жизни все более и более вызывается использованием несвязанных технологий и знания. В этом духе микроэлектроника, оптика, материальные науки или нанотехнологии стали ключевыми технологиями в современной медицине. Подобная тенденция ожидается теперь относительно плазменной технологии. Фактически, плазменная медицина появляется во всем мире в качестве независимой медицинской области, сопоставимой с запуском лазерной технологии в медицину несколько лет назад [14, 131].

Плазменная медицина является одним из новейших направлений современной медицины. Она сформировалось сравнительно недавно и включает в себя непосредственное воздействие низкотемпературной воздушной плазмы атмосферного давления на ткани организма с целью различного неразрушающего терапевтического воздействия или диагностики. Таким воздействием может быть стерилизация ран, свертывание крови, лечение косметологических заболеваний, восстановление разрушенных тканей, селективное программируемое разрушение раковых клеток (апоптоз), диагностика кожных заболеваний и т.п. Важно отметить, что данная область охватывает в основном исследования, касающиеся неразрушающего направленно-стимулирующего действия плазмы на ткани, клетки и другие биологические объекты [8, 157, 229].

Плазменная хирургическая технология – это уникальная разработка, пришедшая на смену традиционным интервенциям с привлечением иных видов хирургической энергии. Применение физической плазмы в хирургии стало важным открытием своего времени и позволило повысить эффективность вмешательств на различных органах и тканях, снизить частоту возможных осложнений и летальность. Широчайший спектр терапевтического воздействия и различные режимы делают плазменную обработку методом выбора при лечении воспалительных и гнойно-некротических процессов различной этиологии и локализации, и не только таковых [6, 74, 91, 228].

Также отмечается в послеоперационном периоде выраженный аналгезирующий эффект комбинированной плазменной обработки, соответственно, меньшую потребность в наркотических анальгетиках. Это обусловлено наличием термокоагуляционного слоя, а также возможной демиелинизацией терминальных нервных волокон, разрушением синапсов в зоне воздействия [148, 225].

Бесспорными достоинствами плазменной технологии следует считать «бесконтактность» процедур во всех режимах, отсутствие каких-либо побочных эффектов, полную «совместимость» с топическими лекарственными средствами, различного рода раневыми покрытиями, физическими методиками, а также простоту эксплуатации установок. Средние сроки стационарного лечения также достоверно уменьшаются [121, 138].

Крупным шагом вперед явилось использование плазменных хирургических установок, позволяющих воздействовать на обширные раневые поверхности чрезвычайно высокой температурой, что позволяет в короткие сроки приводить к остановке кровотечения и способствует возникновению герметизации раневой поверхности и её стерилизации [154].

Сообщения различных авторов об экспериментальных исследованиях и клиническом применении плазменных потоков показали безусловную перспективность их использования в хирургической практике. Однако, изучение морфологических изменений в огнестрельной и минно-взрывной ране конечностей после воздействия ПП, возможность применения плазмы при огнестрельных ранениях конечностей в условиях массового поступления раненых на этапы медицинской эвакуации, разработка методик выполнения операций и определение показаний к их применению до настоящего времени не проводились. Изучая данную проблему, мы обнаружили различные мнения и рекомендации в практических и теоретических разработках в области применения ПП при оказании хирургической помощи при боевых повреждениях конечностей [80, 149, 185, 212].

С целью изучения литературных источников для определения возможности применения потоков плазменного излучения в комплексном лечении для улучшения результатов лечения травм и ранений конечностей. были поставлены следующие задачи:

- изучить историю развития плазменной медицины и использование плазменных методов лечения при патологиях различных органов и систем.

- оценить существующие современные методы хирургического лечения боевой патологии конечностей;

- изучить литературные данные по клиническому применению плазменных потоков при травмах и ранениях конечностей, определить их значимые особенности, определяющие результаты лечения;

- по результатам исследования представить практические рекомендации по методикам использования плазменных потоков при данной патологии, оценить их перспективность;

- оценить медико-экономическую эффективность применения плазменного хирургического комплекса при патологии конечностей.

Результаты проведенного исследования показывают существенные преимущества плазменных потоков, их эффективность перед лазерными, электрохирургическими и другими хирургическими установками, а именно [56, 109, 124, 155]:

* Надежно останавливается кровотечение и герметизируется раневая поверхность при диаметре сосудов и протоков до 1,5-2 мм;
* снижается количество гнойных осложнений за счет бактерицидного действия ПП;
* сокращается время оперативных вмешательств за счет быстроты достижения и надежности гемостаза;
* гибкая конструкция подвода плазмы позволяет обрабатывать труднодоступные области операционного поля;
* ПП, по сравнению с другими физическими методами, не требуют полного осушения раневой поверхности перед её обработкой, не оказывает повреждающего действия на хирургическую бригаду и вызывает значительно меньшее дымообразование;
* энергетические характеристики плазмы являются весьма высокими, что играет большую роль для скорости рассечения и коагуляции;
* плазменным потокам свойственно анальгезирующее действие.
* отмечается положительное влияние на репаративные процессы, сроки заживления ран и реабилитацию раненых;

- ПХК более надежны, компактны и технически проще в эксплуатации;

* методика применения ПП доступна для быстрого освоения и широкого применения в хирургии и медицине катастроф.

Простота, надежность и значительное сокращение времени операции при плазменном способе обработки ран конечностей позволяют рекомендовать данный метод в условиях, где в сжатые сроки, диктующиеся обстановкой, необходимо оказать хирургическую помощь большему числу раненых и пострадавших. Применение ПП в хирургии боевых повреждений конечностей является перспективным направлением, открывающим новые пути совершенствования оперативных вмешательств. Данный метод позволяет эффективно решать такие основные задачи хирургии, как [6, 53, 139]:

- надежно и окончательно останавливать кровотечение и герметизировать раневые поверхности;

- сокращать время оперативных вмешательств за счет быстроты достижения гемостаза;

- снижать количество гнойных осложнений за счет бактерицидного действия;

- положительно влиять на репаративные процессы, сроки заживления ран и реабилитацию раненых;

- быть доступным для быстрого освоения и применения в военно-полевых и экстремальных условиях.

Проведенная оценка медицинской и экономической эффективности от внедрения плазменных потоков на этапах медицинской эвакуации позволила обосновать следующие выводы [34, 109, 160, 215]:

- плазменные потоки, по сравнению с другими способами, имеют наибольшую эффективность в обеспечении гемостаза при повреждениях конечностей;

- применение плазменных методов при хирургическом лечении ранений и травм конечностей показано, начиная с этапа квалифицированной помощи;

- метод является доступным для всех хирургов и не требует дорогостоящей, длительной специальной подготовки;

- общие затраты материальных средств на проведение операций при применении плазменных потоков могут быть сокращены на 20-25%;

- уменьшение средних сроков лечения различных категорий раненых составляет 15-30%, что значительно увеличивает пропускную способность этапов оказания медицинской помощи.

Основным и ведущим методом лечения ранений конечностей является своевременная и адекватная хирургическая обработка раны. Для улучшения качества лечебных мероприятий, сокращения летальности и сроков пребывания в стационаре традиционная обработка должна сочетаться с физико-химическими, преимущественно плазменными, методами воздействия [16, 32, 125, 181].

Плазменная медицинская технология – это инновационная бесконтактная и малотравматичная «хирургическая» энергия, пришедшая на смену традиционным интервенциям с использованием электрохирургического, лазерного оборудования, а также других видов физического воздействия при лечении хирургических инфекций мягких тканей [14, 134].

Плазменные потоки характеризуются широким спектром терапевтических воздействий, таких как антимикробное, противовоспалительное и анальгезирующее действие; улучшение микроциркуляции и стимуляция процессов грануляции и эпителизации ран. Последнее особенно выражено при обработке раневой поверхности воздушно-плазменным потоком, благодаря содержанию молекул оксида азота [73, 161].

Комбинированная плазменная обработка в терапевтическом режиме – оптимальный вариант дистанционного плазменного воздействия при лечении анаэробной инфекции. Благодаря ультрафиолетовому излучению, высокой концентрации озона в энергетическом потоке, а также дополнительному воздействию экзогенного NO происходит ускоренное (в 1,7 раза) купирование местных проявлений заболевания [118, 130].

Во избежание случайных термических поражений при манипуляциях на большой глубине и вблизи важных анатомических образований необходимо использовать плазматроны, генерирующие тонкий плазменный луч при хорошем освещении зоны воздействия, края раны следует тщательно изолировать влажными салфетками, пропитанными физиологическим раствором, наркозная релаксация пациента должна быть адекватной [116, 119].

Отсутствие химического эффекта позволяет успешно сочетать плазменную энергию практически со всеми современными антисептиками, протеолитическими ферментами и полифункциональными раневыми покрытиями, что при рациональном подходе содействует оптимальному течению всех фаз раневого процесса [43, 113, 183].

Метод теплового воздействия и NO-терапии может использоваться в учреждениях практического здравоохранения разного уровня – от поликлиник до больниц, госпиталей и крупных медицинских центров, что, учитывая его эффективность в различных областях медицины, делает метод высокорентабельным, т.к. один аппарат может использоваться в разных отделениях [25, 68, 195].

Применение плазменной хирургии в клинических условиях представляет собой новую прогрессивную методику, значительно улучшающую результаты лечения патологии конечностей и имеющую высокую экономическую значимость [7, 46, 199].

Выявлено достоверное снижение количества гнойных осложнений за счет прямого стерилизующего действия компонентов ПП, что значительно улучшает результаты лечения и уменьшает средние сроки лечения при боевых повреждениях конечностей на 20-30% [13, 38, 183].

Обработка гнойных осложнений ранений конечностей плазменными потоками позволяет уменьшить расходы на проведение дорогостоящих оперативных вмешательств, что окупает затраты, связанные с применением дорогостоящего плазменного оборудования, а также позволяет улучшить качество жизни пациента без увеличения операционной активности [86, 150, 223].

Экономический эффект использования плазменного скальпеля в условиях военного госпиталя является достоверно значимым и позволяет снизить стоимость лечения, в зависимости от вида патологии, на 15-30% [151].

Простота, надежность и значительное сокращение времени операции при плазменном способе обработки ран конечностей позволяют особенно рекомендовать данный метод в военно-полевых условиях, где в сжатые сроки необходимо оказать хирургическую помощь большему числу раненых и пострадавших. Применение плазменного потока в хирургии боевых повреждений конечностей является перспективным направлением, открывающим новые пути совершенствования оперативных вмешательств.

Таким образом, применение методов плазменной медицины в хирургии конечностей является достаточно перспективным направлением для дальнейшего улучшения результатов лечения повреждении конечностей, как в мирное время, так и в период боевых действии [10, 20, 136].

**Выводы.**

1. Использование плазменных установок необходимо в хирургических отделениях на этапе квалифицированной помощи. Лечение раневых и воспалительно-гнойных поражений конечностей с помощью плазменного потока должно начинаться незамедлительно с первых часов госпитализации раненого. Плазменный поток эффективен для гемостаза на обширных раневых поверхностях мягких тканей конечностей. Плазменная технология существенно улучшает результаты комплексного хирургического лечения первичных огнестрельных ран конечностей и ран, осложненных раневой инфекцией. Противопоказания к их применению не выявлены.
2. Применение плазменного потока в режимах резки-коагуляции у пациентов с хирургической инфекцией мягких тканей пораженных конечностей дополняет классическую некрэктомию, обеспечивая ранний некролизис. При этом плазмодинамическая санация ускоряет репарацию постнекрэктомических ран и позволяет значительно снизить степень микробной контаминации очага, чем достигается качественная профилактика хирургической инфекции.
3. Применение плазменного потока позволяет герметизировать раневую поверхность, проводить надёжный и окончательный гемостаз по ходу оперативного вмешательстве. Данный метод лечения, благодаря его озоновому и ультрафиолетовому компонентам, проявил наибольшую эффективность при анаэробных инфекциях мягких тканей, являющихся нередким и наиболее грозным осложнением ранений нижних конечностей. Применение плазменного потока в различных режимах позволяет ускорить темпы очищения и заживления ран в 1,5-2 раза, сократить количество этапных некрэктомий, значительно уменьшить степень микробной контаминации, сократить период подготовки к восстановительным вмешательствам на 5-8 суток. Установлено, что применение плазменного потока позволяет сократить время проведения оперативных вмешательств при боевых повреждениях конечностей в среднем на 20-30%, что при массовом поступлении раненых и пострадавших значительно увеличивает пропускную способность этапов хирургической помощи, а также сокращает сроки стационарного лечения.

**Практические рекомендации.**

1. При огнестрельных ранах конечностей, в целях гемостаза и удаления некротических тканей, плазменные потоки необходимо использовать с самых ранних этапов оказания хирургической помощи, особенно при поступлении раненых и пострадавших с взрывными ранениями.
2. Обработка раневых поверхностей рекомендуется комбинированно и последовательно в режимах «деструкция», «коагуляция» и «плазменное облучение», за исключением плазменной обработки краёв костных ран и коагуляции крупных кровеносных сосудов (более 2 мм).
3. На конечном этапе хирургической обработки ран конечностей для обеспечения окончательного гемостаза, герметизации раны и уменьшения микробной обсемененности применять плазменный скальпель необходимо последовательно, в режимах «коагуляция» и «плазменное облучение», при необходимости – многократно.
4. Оптимальной считается высокоэнергетическая диссекция и коагуляция со следующими параметрами плазменной струи: диаметр 1-1,5мм, длина 6-8мм, расстояние от сопла плазматрона до раны 4-7 мм. Обрабатывать ею раневую поверхность следует со скоростью 0,5-1 см/сек, под углом 70-75°С – до появления светло-коричневого деструктивного слоя. Более грубое и продолжительное воздействие плазменной энергией способно вызвать массивную термическую деструкцию с повреждением структур тканевого барьера, вялое течение раневого процесса.
5. Комбинированную плазменную обработку ран в режиме стимуляции необходимо проводить ежедневно по окончании их туалета при экспозиции от 10 до 15 секунд на 1 см2 поверхности и во время NO-терапии от 5 до 10 секунд на 1 см2. Процедуры осуществляют спиралевидными или линейно сканирующими движениями плазматронов, расстояние от раневой поверхности не более 3-4 см, температура в зоне контакта с тканями не более 38-40°С. Очередность и последовательность дистанционного воздействия различными по источнику плазменными потоками принципиального значения не имеет.
6. Надежный интраоперационный гемостаз достигается при плазменной коагуляции сосудов диаметром до 1мм; более крупные сосуды подлежат лигированию или прошиванию с окружающими тканями.
7. При анаэробных инфекционных осложнениях ранений конечностей плазменное излучение необходимо использовать с начального этапа лечения и далее, при ревизиях ран, в режиме «плазменное облучение» до 3-5 раз в сутки.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абрамов О.Ю., Настич Ю.С., Хрупкин B.C. Холодно-плазменный коагулятор // Врач. 1998. – № 5. – С. 42.
2. Айдемиров А.Н. Применение плазменных технологий в хирургии эхинококкоза: автореф. дисс. … докт. мед. наук. – М., 2002. – 29 с.
3. Алейник А.Н. Плазменная медицина: Учебное пособие. – Томск: ТПУ, 2011. – 353 с.
4. Андрюшенкова Н. А. [Применение воздушно-плазменного потока в комплексном лечении больных с абсцессами и флегмонами лица и шеи](https://www.dissercat.com/content/primenenie-vozdushno-plazmennogo-potoka-v-kompleksnom-lechenii-bolnykh-s-abstsessami-i-flegm): автореф. дисс. … докт. мед. наук. Смоленск, 2006. – 22 с.
5. Атаев А.Р., Ахмедов Б.А, Атаев Э.А. Комплексный подход к лечению инфекционных осложнений огнестрельных ранений / Материалы конференции «Новые технологии в ВПХ и хирургии повреждений мирного времени. – СПб., 2006. – С. 286
6. Белов С.В. Исследование принципов электрохирургических воздействий и разработка научных основ проектирования аппаратов и устройств для высокочастотной электрохирургии: автореф. дисс. ... докт. техн. наук. – М., 2004. – 53 с.
7. Бенько А.Н. Современные принципы оказания помощи больным с сочетанной и множественной травмой / Материалы конференции «Новые технологии в ВПХ и хирургии повреждений мирного времени. – СПб., 2006. – С. 156-157.
8. Береснев А.С., Клименко И.М. Плазменная установка для поверхностной обработки тканей // Пат. №12644409. СССР. – 1989 г.
9. Бирюков Ю.В., Кудрявцев Б.П., Тартынский С.И. Перспективы применения плазменного потока в легочной хирургии // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. 1997. – № 7-8. – С. 47-48.
10. Боевые повреждения конечностей / П.Г. Брюсов, В.М. Шаповалов, А.А. Артемьев и др. – М.: ГЭОТАРМедиа, 1996. – 128 с.
11. Богданов С.Б., Зиновьев Е.В., Османов К.Ф. и др. Совершенствование физических факторов в местном лечении ожоговых ран // Инновационная медицина Кубани. 2019. – № 1 (13). – С. 44-52.
12. Боровой В.И., Забелин А.С. Применение физиотерапевтического плазменного потока аргона в комплексном лечении пострадавших с переломами нижней челюсти // Российский стоматологический журнал. - 2001. – № 3. – С. 22-24.
13. Братийчук А.Н. и др. Применение аппарата «Плазон» при лечении больных с гнойной хирургической инфекцией в поликлинике // Военно-медицинский журнал. 2009; 3: 72–73.
14. Брехов Е.И. Применение плазменных потоков в хирургии: Практическое пособие. М., 1992. – 168 с.
15. Брехов Е.И., Козлов Н.П., Ребизов В.Ю. и др. Экспериментальное и клиническое изучение и перспективы применения плазменных потоков // Хирургия. – 1989. – № 7. – С. 94-96.
16. Брехов Е.И., Ребизов В.Ю., Тартынский С.И., Москалик В.А. Применение плазменных потоков в хирургии. – М., 1992 – 36 с.
17. Брехов Е.И., Скобелкин О.К., Елисеенко В.И. и др. Первый опыт применения плазменной хирургической установки в гнойной хирургии / Тезисы докладов 2-й Всесоюзной конференции «Раны и раневая инфекция». – М.: Институт хирургии АМН СССР, 1986. – С. 38-39.
18. Брюсов П.Г. Значение опыта медицинского обеспечения боевых действий в Афганистане для развития военно-полевой хирургии// Военно-медицинский журнал. 1992. – №7. – С. 18-22.
19. Брюсов П.Г., Бакунова Л.Н., Марахонич Л.А., Кудрявцев Б.П. Возможности использования углекислотного лазерного излучения и плазменных потоков в комплексном лечении анаэробной неклостридальной инфекции мягких тканей ИМ., 1997. – 112с.
20. Брюсов П.Г., Кудрявцев Б.П. Плазменная хирургия. М.: Изд-во Медицина, 1995. – 118 с.
21. Василец В. Н., A. Гуцол А., Шехтер А. Б., A. Фридман А. Плазменная медицина // Химия высоких энергий, 2009. – т. 43, № 3. – с. 276-280.
22. Вахидов А.В., Кадиш Ю.И., Ильмахов Ф.А. и др. Лазеры и плазменный скальпель в хирургии эхинококкоза печени // Хирургия. – 1991. – № 4. – С. 74-78.
23. Вишневский О.А. Применение плазменного скальпеля в комплексном лечении осложненных форм гнойно-деструктивных заболеваний легких и плевры: автореф. дисс. … канд. мед. наук. Смоленск; 2000. – 22 с.
24. Военная травматология и ортопедия: учебник / Под ред. В.М. Шаповалова. – СПб., 2004. – 671 с.
25. Военно-полевая хирургия: учебник: 2-е изд., изм. и доп. / Под ред. Е.К. Гуманенко. – М.: ГЕОТАР-Медиа, 2008. – 768 с.
26. Гаевский С.В., Жорова Б.М., Обухов В.В. Влияние низкочастотного ультразвука и плазменных потоков на течение раневого процесса в эксперименте // Мед. аспекты физической культуры и проблемы сохранения здоровья. – Смоленск, 1994. – С. 23.
27. Герасименко М.Ю., Зайцева Т.Н., Евстигнеева И.С. Низкотемпературная плазма – перспективный метод реабилитации // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. – 2019. – № 3. – С. 79-89.
28. Геращенко И.И. Использование плазменной установки при лечении ожогов // Информационный листок ЦНТИ. Смоленск, 1996. – № 53. – С. 96.
29. Грищенко А.А. Разработка и обоснование характеристик плазматрона косвенного действия для обработки биоткани: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. – М., 1992. – 16 с.
30. Грушко В.И. Применение плазменного потока в комплексном лечении гнойных ран: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. М., 2007. – 23 с.
31. Гуманенко Е.К. Политравма. Актуальные проблемы и новые технологии в лечении / Материалы конференции «Новые технологии в ВПХ и хирургии повреждений мирного времени. – СПб., 2006. – С. 4-14.
32. Гуманенко Е.К., Самохвалов И.М. Военно-полевая хирургия вчера, сегодня, завтра / Материалы конференции «Новые технологии в ВПХ и хирургии повреждений мирного времени. – СПб., 2006. – С. 24-27.
33. Гуменюк С.Е. Диагностика и комплексное лечение гнойной хирургической инфекции: автореф. дисс. ... докт. мед. наук. Краснодар, 1999. – 32 с.
34. Гуров А.Н., Агапов В.К., Стрельчонок А.Ф. Анализ экономической эффективности системы оказания медицинской помощи и лечения легкораненых // Воен. мед. журн. – 1993. – № 8. – С. 4-9.
35. Джаиани С.В. Оптимизация программы хирургического лечения гнойно-септических заболевании: автореф. дисс. … докт. мед. наук., Тбилиси, 1993. – 30 с.
36. Джаиани С.В., Гоцадзе Э.Г., Жгенти Д.В. Применение плазменного скальпеля в хирургической практике / Материалы XX научной конференции. – Тбилиси, 1991. – С. 203.
37. Джаиани С.В., Кацадзе З.А., Цуцкиридзе Б.Н. Новый метод лечения эхинококковых кист печени // International journal of immunorehabilitation – 1997. – № 4. – с. 48.
38. Джаиани С.В., Цуцкиридзе Б.Н., Мгалоблишвили Г.И. Опыт применения плазменных потоков при лечении огнестрельных ранений конечностей в военном госпитале // Georgian Medical News. – 2006. – № 5. – с. 7-10.
39. Дуванский В.А. Физические и физико-химические методы в комплексном лечении гнойных ран и трофических язв: Автореф. дисс. ... докт. мед. наук. – М., 2002. – 30 с.
40. Дукоян С.А. Комплексное лечение острого варикотромбофлебита с применением технологии плазменного потока: дисс. … канд. мед. наук. – М.; 2007. – 113 с.
41. Ерюхин И.А., Гельфанд Б.Р., Шляпников С.А. Хирургические инфекции (руководство). М.: Изд-во Литтерра, 2006. – 719 с.
42. Есипов А.В., Мусаилов В.А., Лисовский А.В., Москаленко В.И. Влияние монооксида азота на предупреждение раневой инфекции // Вестник лимфологии. – 2015. – № 1. – С. 4-9.
43. Ефанов А. В. Эффективность эндоскопической аргоноплазменной коагуляции в лечении язвенных гастродуоденальных кровотечений: дисс. … канд. мед. наук. – Тюмень; 2006. – 137 с.
44. Ефименко Н.А., Есипов А.В., Мусаилов В.А., Москаленко В.И. Плазменная хирургия в военной медицине // Воен. мед. журн. – 2014. – № 6. – С. 34-38.
45. Ефименко Н.А., Марохонич Л.А., Москаленко В.И., Пекшев А.В. Перспективы развития плазменной хирургии в военной медицине // Воен. мед. журн. – 2001. – № 4. – С. 32-36.
46. Ефименко Н.А., Хрупкин В.И., Марахонич Л.А. Воздушно-плазменные потоки и NO-терапия новая технология в клинической практике военных лечебно-профилактических учреждений // Военно-медицинский журнал. – 2005. – № 5. – С.51-54.
47. Жгенти Д.В., Долидзе Н.Г., Таберидзе Г.Н. Применение плазменной струи в лечении гнойных ран // Мед. Новости Грузии. – 1998. – № 3. – С. 19-20.
48. Жданов С.К., Курнаев В.А., Романовский М.К., Цветков И.В. Основы физических процессов в плазме и плазменных установках. М.: Изд-во МИФИ, 2000. – 230 с.
49. Жианну К., Балдан К. Военно-полевая хирургия. Региональный информационный центр МККК в Москве, 2010. – 377 с.
50. Жиляев Е.Г., Хрупкин В.И., Марахонич Л.А. и др. Применение воздушных плазменных потоков в военно-полевой хирургии и медицине катастроф // Воен. мед. журн. – 1998. – № 7. – С. 55-62.
51. Жиляев Е.Г., Хрупкин В.И. Марахонович Л.А., Кудрявцев Б.П. Перспективы применения воздушно-плазменных потоков в медицине // Военно-медицинский журнал. 1998. – № 6. – С. 46-49.
52. Забросаев В.С., Ладнюк Б.П., Катульский В.Ю. и др. Резекция печени плазменным скальпелем по поводу солитарных метастазов рака // Хирургия. – 1992. – № 3. – С. 114-115.
53. Завражнов А.А., Гвоздев М. Ю., Крутова В.А., Ордокова А. А. Раны и раневой процесс. Учебно-методическое пособие для интернов, ординаторов и практических врачей. 2016:29.
54. Зудилин А.В. Применение низкоэнергетической воздушной и аргоновой плазмы в местном лечении гнойных ран и трофических язв: автореф. дисс. … канд. мед. наук. М.; 2001. – 24 с.
55. Кабанов А.Н., Козлов К.К., Домбровский Д.Р. и др. Использование плазменной установки в хирургии легких и плевры // Грудная хирургия. – 1989. – № 5. – С. 44-48.
56. Кабанов А.Н., Павлов В.В. Лазерный и плазменный скальпели, ультразвук и гидравлика в торакотомных операциях на легких и плевре. «Современные технологии в торакальной хирургии»: сб. науч. трудов. М., 1995. – С. 82.
57. Кабисов Р.Н., Чиссова В.И., Соколов В.В., Пекшев А.В. Плазменные потоки в онкохирургии // Методические рекомендации. М., 1997. – 29 с.
58. Карагёзов П.А., Цуцкиридзе Б.Н. Некоторые аспекты оказания специализированной хирургической помощи в экстремальных ситуациях // Военно-медицинский журнал. – 1997. – № 10. – С. 55-57.
59. Качикин А.С. Применение плазменных потоков для аэрогемостаза в хирургии легких: автрореф. дисс. ... канд. мед. наук. – М., 2005. – 24 с.
60. Кингсеп А.С. Плазма как объект физических исследований. М.: Физика, 1996. – 286 с.
61. Козлов И.П., Протасов Ю.Г., Пекшев А.В. Термохимические аспекты при воздействии плазменных потоков с поверхностью биологических тканей // Тезисы докладов 7-й Всесоюзной конференции хирургов. – М., 1987. – С. 112-113.
62. Козлов К.К., Котов И.И., Ситникова В.М. Разработка и внедрение технологий применения лазера и струи плазмы в хирургии легких и плевры // Лазерная медицина. 1999. – Т. З, № 1. – С. 44-46.
63. Козлов Н.П., Маликов В.Н., Пекшев А.В., Шарапов Н.А. Разработка плазменных хирургических установок. Вестник МГТУ. 1998; (4): 127-41.
64. Козлов Н.П., Пекшев А.В, Камруков А.С. Плазменные аппараты для медицины // NO-терапия: теоретические аспекты, клинический опыт и проблемы применения экзогенного оксида азота в медицине: сб. науч. трудов. М., 2001. – С. 57-60.
65. Козлов Н.П., Протасов Ю.С., Пекшев А.В. и др. Исследование и разработка плазменных устройств для воздействия на биологические ткани // Труды ВНИИИМТ. – Вып. 4. – М., 1987. – С. 8-12.
66. Комратова Е.Н. Клиническое значение применения воздушно-плазменного потока с генерацией монооксида азота при органосберегающих операциях на матке: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. М., 2006. – 20 с.
67. Коновалов В.А., Марахонич Л.А., Топильский В.А., Стрелков А.Ф. Отсроченный чрескостный остеосинтез и плазменные потоки в комплексном лечении раненых с огнестрельными переломами костей конечностей / Актуальные вопросы организации хирургической помощи раненым в локальных военных конфликтах. – М., 1996. – С. 33-35.
68. Корнев В.И., Калинина Н.М., Старцева О.Н. Плазменный гемостаз при использовании миниинвазивного искусственного кровообращения // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. 2020; 62 (1): 43-50.
69. Косачев И.Д., Ткаченко С.С., Дедушкин В.С., Шаповалов В.М. Взрывные повреждения (обзор литературы) // Воен. мед. журн. – 1991. – № 8. – С. 12-18.
70. Крюгер Ю.А. Плазмодинамическая санация оксидом азота (NO)в комплексном лечении гнойно-некротических поражений нижних конечностей у больных сахарным диабетом: автореф. дисс. … канд. мед. наук. М.; 2004. – 24 с.
71. Кудрявцев Б.П. Применение плазменных потоков в хирургии (военно-медицинские аспекты): автореф. дисс. … д-ра мед. наук. – М., 1993. – 34 с.
72. Кудрявцев Б.П., Бакунова Л.И., Слостин С.И. Опыт применения низкоэнергетического лазерного излучения в комплексном лечении больных с хирургической инфекцией // Военно-медицинский журнал. –1995. – № 11. – 46 с.
73. Кудрявцев Б.П., Москалик В.А., Клепиков С.В. и др. Возможности и перспективы применения плазменных потоков в хирургии // Воен. мед. журн. – 1991. – № 11. – С. 21-23.
74. Кузнецов В.И., Павлов Ю.И., Девятое В.А. Применение ультразвука в гнойной хирургии // Хирургия. 1984. – № 4. – С. 26-28.
75. Кузьмина Б.В. Применение плазменного потока аргона в комплексном лечении больных с флегмонами челюстно-лицевой области и шеи: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Смоленск, 1997. – 26 с.
76. Кулаков В.И., Адамян Л.В., Мынбаев О.А. Оперативная гинекология – хирургические энергии. М.: Медицина; 2000. – 864 с.
77. Кучухидзе С.Т., Клиндухов И.А., Бахтияров К.Р. Высокие энергии в современной гинекологии. Вопросы гинекологии, акушерства и перинаталогии. 2004; 3 (2): 76-82.
78. Леднев П. В., Белов Ю. В., Марахонич Л. А. и др. Применение воздушно-плазменного потока для лечения послеоперационной стернальной инфекции. Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2017;10(6):28-33.
79. Липатов К.В. Новые технологии на основе использования оксида азота и озона в лечении гнойных ран: дисс. ... докт. мед. наук. М., 2002. – 286с.
80. Литвин А.А. Возможности применения некоторых способов остановки кровотечения при повреждениях печени и селезенки на этапах медицинской эвакуации / Современные медицинские технологии в совершенствовании лечебно-эвакуационного обеспечения войск. – М., 1993. – С. 39.
81. Лукомский Г.И., Ступин И.В., Качикин А.С., Тихонов Г.Н. Плазменный скальпель в хирургии легких // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 1990. – № 2. – С. 41-45.
82. Лучевич Э.В., Шебушев Н.Г., Горностай П.В., Раголевич Г.С. Лечение гнойных ран с использованием газообразной плазмы // «Острые заболевания с повреждением органов брюшной полости»: сб. науч. трудов. – М., 1996. Т. 5. – С.109-110.
83. Майстренко Н.А, Юшкин А.С., Курыгин А.А. Физические способы диссекции и коагуляции тканей в абдоминальной хирургии. СПб: Фолиант, Наука; 2004.
84. Марахонич JI.A. Применение плазменных потоков в лечении огнестрельных ран и их осложнений: дисс. ... докт. мед. наук. М., 1997. – 266 с.
85. Марахонич Л.А. Применение плазменного потока в лечении огнестрельной раны / Актуальные вопросы организации хирургической помощи раненым в локальных военных конфликтах. – М., 1996. – С. 55-56.
86. Марахонич Л.А., Брюсов П.Г., Хрупкин В.И., Жиляев Е.Г. Применение воздушно-плазменного потока в лечении минно-взрывных ранений // Воен. мед. журн. – 1999. – № 11. – С. 46-47.
87. Марахонич Л.А., Москаленко В.И. Применение воздушно-плазменных потоков в военно-полевой хирургии / Стратегия и тактика хирургической, терапевтической и анестезиологической помощи раненым и больным в условиях локальных военных конфликтов. – М., 2000. – С. 121-123.
88. Мусаилов В.А., Есипов А.В., Шишло В.К. Применение монооксида азота в хирургической практике // Госпитальная медицина: наука и практика. – 2018. – № 2. – С. 20-27.
89. Мгалоблишвили Г.И. Цуцкиридзе Б.Н., Джаиани С.В. Экспериментальное обоснование применения плазменных потоков в лечении огнестрельных ранений конечностей // Georgian Medical News. – 2006. – № 3. – С. 116-121.
90. Мефодовский А.Ф. Анализ организационных и клинических ошибок в лечении раненых с огнестрельными переломами трубчатых костей / Опыт советской медицины в Афганистане. – М., 1992. – С. 35.
91. Михайлов В. Л. Применение плазменного скальпеля в хирургии кистозных заболеваний почек: автограф. дисс. … канд. мед. наук. Смоленск, 2005. – 19 с.
92. Морозов Ю.И., Клименко И.И., Кравцов В.В. Плазменное пересечение нервных стволов при ампутации конечности // ВНИИИМТ, Труды института, – Вып. 4. – М., 1987. – С. 21-25.
93. Нигматзянов С.С. Клинико-экспериментальное обоснование применения плазменных технологий в гнойной хирургии: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. – Уфа, 2004. – 20 с.
94. Нечаев Э.А., Грицанов А. И., Фомин Н. Ф. и др. Минно-взрывная травма. – СПб: АО «Альд», 1994. – 448 с.
95. Нечаев Э.А., Савицкий Г.Г. Военная медицина и медицина катастроф / Актуальные вопросы организации хирургической помощи раненым в локальных конфликтах. – М., 1996. – С. 63-65.
96. Нечай А.И., Бочоришвили В.Г., Джаиани С.В. и др. Применение плазменного скальпеля «УМРТ-20» при хирургическом лечении гнойно-септических больных / Тезисы докладов Всесоюзной конференции «Актуальные вопросы сепсисологии». – Тбилиси, 1990. – С. 12-14.
97. Нечай А.И., Костюк Г.А., Джаиани С.В. и др. Особенности заживления ран желудка, кишки и печени при воздействии плазменного скальпеля // Вестник хирургии. – 1989. – № 10. – С. 7-12.
98. Нечай А.И., Костюк Г.А., Калашников С.А., Юшкин А.С. Остановка кровотечения с использованием плазменной хирургической установки при повреждении печени и селезенки / Актуальные вопросы организации неотложной помощи в хирургии и травматологии. – Новгород, 1989. – С. 64-65.
99. Нечай А.И., Трофимов В.М., Джаиани С.В. и др. Плазменный скальпель // Вестник хирургии. – 1987. – № 3. – С. 146-148.
100. Нечай А.И., Трофимов В.М., Костюк Г.А. и др. Плазменный диссектор // Вопросы онкологии. – 1989. – № 8. – С. 1005-1006.
101. Нечай А.И., Костюк Г.А., Джаиани С.В. и др. Особенности заживления ран желудка, кишки, печени при воздействии плазменного скальпеля // Вестник хирургии. – 1989. – № 10. – С. 7-12.
102. Нигматзянов С.С. Клинико-экспериментальное обоснование применения плазменных технологий в гнойной хирургии: дисс. … канд. мед. наук. Уфа; 2004. – 117 с.
103. Озерецковский Л.Б., Гуманенко Е.К., Бояринцев В.В. Раневая баллистика. – СПб.: Калашников, 2006. – 373 с.
104. Османов К.Ф. Патогенетическое оббоснование применения низкотемпературной плазмы для лечения ожогов: автореф. дисс. … канд. мед. наук. СПб.; 2019. – 24 с.
105. Османов Э.Г. Инновационные плазменно-хирургические технологии в комплексном лечении воспалительно-гнойных поражений мягких тканей: автореф. дисс. … докт. мед. наук. М., 2009. – 27 с.
106. Османов Э.Г., Зиновьев Е.В., Богданов С.Б. Воздушная плазма как физический метод улучшения лечения ожоговых ран // Медицина: теория и практика. – 2019. – № 3. – С. 125-130.
107. Огнестрельные ранения и повреждения конечностей / Опыт советской медицины в Великой Отечественной войне 1941 – 1945 гг.: В 35 т. (Гл. ред. Г.И. Смирнов). – М.: Медгиз, 1951. – Т.15, ч.1, разд. 11. – 576 с.
108. Петрин С.А. Коррекция микроциркуляторных нарушений в гнойных ранах путем воздействия воздушно-плазменными потоками в режиме NO-терапии: дисс. … канд. мед. наук. М.; 2001. – 134 с.
109. Петров Г.М., Морецкий А.А. Некоторые вопросы экономии в военном здравоохранении // Воен. мед. журн. – 2000. – № 3. – С. 9-13.
110. Петров Д.Ю. Эффективность применения эндоскопической аргоно-плазменной коагуляции при язвенных гастродуоденальных кровотечениях: дисс. … канд. мед. наук. М.; 1994. – 124 с.
111. Петрунин А.В. Плазменный скальпель в лечении костного панариция // «Прогрессивные технологии в медицине» (Рос. - Герм. мед. симпозиум): сб. науч. трудов. – М., 1995. – С .45-50.
112. Писаренко Л.В. Применение плазменных потоков и кислородообразующих растворов при выполнении хирургической обработки гнойных ран мягких тканей: дисс. … канд. мед. наук. М.; 1994. – 204 с.
113. Писаренко Л.В. Применение плазменных потоков и жизнеспособных кожных аллотрансплантатов в комплексном лечении ран: автореф. дисс. … докт. мед. наук. М.; 2004. – 20 с.
114. Писаренко Л.В., Кудрявцев Б.П., Слостин С.М., Бакунова Л.Н. Использование плазменного скальпеля в местном лечении анаэробной неклостридиальной инфекции мягких тканей / Современные проблемы военной медицины: Тезисы докладов – М., 1993. – Т. 2. – С. 250-253.
115. Писаренко Л.В., Судариков С.А., Батев В.В. Особенности лечения раневой инфекции мягких тканей в первой фазе раневого процесса с использованием плазменных потоков и диализирующих кислородообразующих растворов // Воен. мед. журн. – 1994. – № 1. – С. 79.
116. Плешков В.Г, Бадисов В.И., Афанасьев В.Н. Лапароскопическая холецистэктомия плазменным скальпелем // 2-й Московский международный конгресс по эндоскопической хирургии: сб. науч. трудов. – М., 1997. – С. 81-83.
117. Применение плазмы в лечении гнойно-воспалительных заболеваний мягких тканей // Методические рекомендации. - Смоленск: Изд-во СГМА, 1995. – 56 с.
118. Раджабов А.А. Воздушно-плазменные потоки в режиме NO-терапии и коагуляции в комплексном лечении гнойных ран различного генеза и трофических язв: автореф. дисс. ... докт. мед. наук. М.; 2002. – 41 с.
119. Разработка и внедрение в медицинскую практику новых лечебных технологий и технических средств на основе использования воздушной плазмы и экзогенного оксида азота (реферат) / Министерство здравоохранения РФ, ММА им. И.И. Сеченова – М., 2003. – 10 с.
120. Ребизов В.Ю. Применение плазменных потоков при операциях на печени и селезенке: автореф. дисс. … канд. мед. наук. М.; 1989. – 23 с.
121. Ребизов В.Ю., Тартынский С.И. Применение плазменных потоков в хирургии печени и селезенки / Актуальные вопросы клинической медицины: Сб. научных трудов 4-го Главного Управления МЗ СССР. – М., 1988. – С. 246-253.
122. Решетов И.В., Кабисов Р.К. Применение воздушно-плазменного аппарата «Плазон» в режиме коагуляции и NO-терапии при реконструктивнопластических операциях у онкологических больных // Анналы пластической и реконструктивной хирургии. 2000. – № 4. – С. 24-39.
123. Романовский М.К. Элементарные процессы и взаимодействие частиц в высокотемпературной плазме. М.: Изд-во МИФИ, 1984. – 413 с.
124. Руководство по применению аппарата «Плазон» в хирургической практике. Под ред. Н.А. Ефименко. ГИУВ МО РФ. – М.: 2003. – 96 с.
125. Савельев В.С., Серых Л.А., Береснев А.С. и др. Перспективы использования плазменного скальпеля в хирургии // Вестник хирургии. – 1986. – № 1. – С. 7-10.
126. Савельев В.С., Ступин И.В., Волкодав В.С., Береснев А.С. Плазменный скальпель // Хирургия. – 1987. – № 4. – С. 147-148.
127. Сибилев А.В. Сравнение эффективности лечения гнойных ран мягких тканей углекислотным лазером и плазменными потоками: дисс. … канд. мед. наук. М.; 2000. – 127 с.
128. Ситенко В.М., Юшкин А.С. Об экспериментальных органосохраняющих операциях при механических повреждениях селезенки // Вестник хирургии. – 1990. – № 2. – С. 72-75.
129. Ситникова В.М. Применение плазменного скальпеля в хирургии хронической эмпиемы плевры: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Омск; 1994. – 18 с.
130. Скальпель-Коагулятор-Стимулятор воздушно-плазменный, СКСВП/NO-Ol «Плазон» (паспорт КРЛД 38642.001 ПС). М., 2018. – 26 с.
131. Скобелкин О.К., Брехов Е.И., Елисеенко В.И. и др. Использование плазменных хирургических установок для гемостаза при операциях на печени и селезенке // Вестник хирургии. – 1988. – № 5. – С. 32-33.
132. Слостин С.М. Плазменные потоки в комплексном лечении открытых переломов длинных трубчатых костей, осложненных раневой инфекцией: дисс. ... канд. мед. наук. – М., 1997. – 142 с.
133. Ступин И.В. Возможности нового хирургического инструмента – плазменного скальпеля / Материалы 31 съезда хирургов. – Ташкент 1986. – 72-74.
134. Ступин И.В., Волкодав В.С., Сапелкина И.М. Сравнительная оценка заживления ран, нанесенных плазменным, стальным скальпелем и электроножом // Клиническая хирургия. – 1987. – № 1. – С. 37-39.
135. Ступин И.В., Новокшенов А.И., Домбровский A.M. Антимикробный эффект излучения ионизированной плазмы // Бюл. экспер. биол. – 1990. – № 10. – С. 413-415.
136. Стрижаков А.Н., Давыдов А.И., Романова Е.Н., Афанасьев Н.В. Перспективы применения воздушно-плазменного потока монооксида азота во время оперативной лапароскопии // Проблемы акушерства, гинекологии и перинатолопш. 2002. – № 10. – С. 196-202.
137. Тартынский С.И. Изучение воздействия плазменных потоков аргона, гелия, неона, гелия на биологические ткани и механизма достижения окончательного гемостаза на печени и селезенке: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 1989. – 23 с.
138. Тартынский С.И., Ребизов В.Ю., Найденко М.В. и др. Возможности применения электродуговых генераторов плазмы в хирургии // МРЖ. – 1988. – р. 4. – № 6., публ. 1514.
139. Теодоре С., Робертс М.Д., Форбест Г., Рейшоу Б. Экспериментальное использование плазменного устройства для иссечения тканей / В кн.: Достижения медицинской и биологической техники. Калифорния, Нью-Йорк: Пер. с англ. – М., Медицина. 1971. – С. 38-40.
140. Ткаченко С.С. Хирургическая обработка ран при огнестрельных переломах костей конечностей как проблема целостного организма / Опыт советской медицины в Афганистане. – М., 1992. – С. 83-84.
141. Трофимов В.М., Нечай А.И., Костюк Г.А. и др. Одномоментная и окончательная остановка кровотечений при огнестрельных повреждениях печени и селезенки с использованием ПХК / Тезисы докладов научной конференции «Огнестрельная рана и раневая инфекция». – Л., 1991. – С. 107-109.
142. Трофимов В.М., Нечай А.И., Юшкин А.С. и др. Использование плазменной установки для гемостаза при повреждениях печени, селезенки и поджелудочной железы / Ошибки и осложнения при травме живота. – Новосибирск, 1990. – С. 9-10.
143. Установка плазменно-дуговая «Скальпель плазменный». Руководство по эксплуатации (ДИЕШ.941611.001 РЭ). – Смоленск, 2002. – 14 с.
144. Федоров В.Д., Светухин A.M. Избранный курс лекций по гнойной хирургии. М.: Миклош, 2007. – 364 с.
145. Федосеев М.М. Некоторые итоги специализированного лечения больных с огнестрельными ранениями конечностей / Опыт советской медицины в Афганистане. – М., 1992. – С. 87.
146. Фролов С.А., Кузьминов А.М., Вышегородцев Д.В. и др. Возможности применения низкотемпературной аргоновой плазмы в лечении послеоперационных и длительно незаживающих ран // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. – 2019; 29(6). – С. 15-21.
147. Хирургическая инфекция – клиника, диагностика, лечение (руководство для военных врачей) / Под ред. Э.А. Нечаева. – М., 1993. – 296 с.
148. Хишимото К., Роквелл Р.И., Дреффер Р., Юнис Н. Некоторые технические проблемы гепатэктомии с помощью плазменного скальпеля / В кн.: Достижения медицинской и биологической техники. Калифорния. Нью-Йорк: Пер. с англ. – М.: Медицина,1971. – С. 50-51.
149. Хрупкин В.И., Зудилин А.В., Писаренко JI.B. Местное применение низкоэнергетической воздушной и аргоновой плазмы в лечение гнойных ран и трофических язв // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. 2001. – Т. 160 (2). – С.39-45.
150. Хрупкин Д.В., Слостин С.В., Уразов С.Х. и др. Лечение раненых с огнестрельными переломами длинных трубчатых костей в ОВКГ с использованием плазменных потоков // Воен. мед. журн. – 1997. – № 10. – С. 75-76.
151. Цуцкиридзе Б.Н. Некоторые аспекты применения плазменного хирургического комплекса «Ариель – 21» / В кн.: Актуальные проблемы гнойно-септических инфекций в госпитальном звене медицинской службы Вооруженных Сил – С.-Петербург, 1997. – с. 74-76.
152. Цуцкиридзе Б.Н., Мгалоблишвили Г.И., Джаиани С.В. Плазменная хирургия в лечении минно-взрывных ранений конечностей / Сборник научных трудов Тбилисского государственного университета. – Тбилиси, 2006. – с. 210-213.
153. Чирикова Е.Г. Плазмодинамическая санация оксидом азота (NO) трофических язв венозной этиологии: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. – М., 2002. – 29 с.
154. Шав Р.В., Шеер К., Корман С. Разработка плазменного скальпеля для бескровной хирургии / В кн.: Достижения медицинской и биологической техники. Калифорния, Нью-Йорк: Пер. с англ. – М., 1971. – С. 56-57.
155. Шанавазов К.А. Аргоно-плазменная технология в хирургическом лечении облитерирующих заболеваний артерий нижних конечностей в стадии гнойно-некротических поражений: дисс. ... канд. мед. наук. М.; 2014. – 148 с.
156. Шарапов Н.А. Разработка и исследование комбинированного плазменного высокочастотного аппарата для хирургии: дисс. ... канд. техн. наук. М., 1995. – 195 с.
157. Шебникова Н.Е., Соловьев А.А. Антиген-индуцированная пролиферация лимфоцитов при действии аргоновой плазмы // Вестник Смоленской Мед. Академии. 2001. – № 3. – С. 25-27.
158. Шестерня Н.А., Иванников С.В., Тарасов Д.А. Плазменная коагуляция в травматологии и ортопедии. М.: Бином; 2015. – 104 c.
159. Шулутко А.М. Плазменная хирургическая технология – от истоков до наших дней // Российский медицинский журнал. – 2018. – 24(4). – С. 199-205.
160. Шулутко А.М., Османов Э.Г. Плазменные потоки в хирургической практике // Российский медицинский журнал. – 2018. – 24(2). – С. 93-98.
161. Шулутко А.М., Османов Э.Г., Гогохия Т.Р., Хмырова С.Е. Применение плазменных потоков у пациентов с хирургической инфекцией мягких тканей // Вестник хирургии – 2017. – № 1. – С. 65-70.
162. Шулутко А.М., Османов Э.Г., Новикова И.В., Мансурова Г.Т., Горбачева О.Ю. Применение воздушно-плазменной технологии при поздних гнойно-воспалительных осложнениях инъекционной контурной пластики // Российский медицинский журнал. – 2015. – 21(3). – С. 26-29.
163. Шулутко А.М., Османов Э.Г., Чантурия М.О., Мачарадзе А.Д. Плазменные потоки в хирургической практике // Российский медицинский журнал. – 2018. – 24(2). – С. 93-98.
164. Юркевич В.В., Фидаров Э.З., Бауэр В.А. Квалифицированная и неотложная специализированная хирургическая помощь раненным в конечности // Воен. мед. журн. – 1997. – № 6 – С. 34-38.
165. Юшкин А.С. Морфология заживления ран желудка, наносимых стальным, плазменным и лазерным скальпелями / Материалы X научной конференции молодых ученых ВМА. – Л., 1989. – С. 161-162.
166. Юшкин А.С. Физические способы диссекции и коагуляции тканей в абдоминальной хирургии и особенности морфологических изменений в области их воздействия: автореф. дисс. ... докт. мед. наук. СПб., 2003. – 32с.
167. Acosta J.A., Hatzigeorgiou C., Smith L. S. Developing a trauma registry in a forward deployed military hospital: preliminary report. // J. Trauma, 2006; 61: 256-260.
168. Adrienne J., Headley М. Necrotizing Soft Tissue Infections: A Primary Care Review // American Family Physician. 2003. – Vol. 8 (2). – P. 15-19.
169. Al-Watban F., Zhang X. Comparison of wound healing process using argon and krypton lasers//J. Clin. Laser Med. Surg. 1997. – Vol.15 (5). – P. 209-215.
170. Arndt S. et al. Cold atmospheric plasma (CAP) activates angiogenesis-related molecules in skin keratinocytes, fibroblasts and endothelial cells and improves wound angiogenesis in an autocrine and paracrine mode. J. Dermatol. Sci. 2018. 9(2): 181-190.
171. Baker M.S. Management of soft-tissue wounds, burns and hand injuries in the field setting // Mil. Med. – 1996. – Vol. 161, № 8. – P. 469-471.
172. Baker M.S., Ryals P.A. The medical department in military operations other than war. Part I. Planning for deployment // Mil. Med. – 1999. – Vol. 164, № 8. – P. 872-879.
173. Bekeschus S., Dorothee M., Arltet K. al. Argon plasma exposure augments costimulatory ligands and cytokine release in human monocyte-derived dendritic cells. Int. J. Mol. Sci. 2021. 6; 22(7): 3790.
174. Bekeschus S., Schmidt A., Weltmann, K.-D., Von Woedtke T. The plasma jet kINPen – A powerful tool for wound healing. Clin. Plasma Med. 2016, 4, 19-28.
175. Bourdel N., Chauvet P., Roman H., Pereira B. Comparison between resection, bipolar coagulation and Plasmajet: A preliminary animal study. Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod. Biol. 2017; 211(10): 127-133.
176. Chambers L.W., Green D.J., Gillingham B. L. et al. The experience of the US Marine Corps’ Surgical Shock Trauma Platoon with 417 operative combat casualties during a 12 month period of Operation Iraqi Freedom // J. Trauma. – 2006; 60. – P. 1155-1164.
177. Chan C., Hotouras A., Chaudry O. The Use of PlasmaJet as a Novel Technique for Tissue Dissection in Complex Abdominal Surgery. Dis. Colon. Rectum. 2016; 58(7): 402-403.
178. Chen Y.K., Jakribettuu V., Springer E.W., Shah R.J., Penberthy J., Nash S.R. Safety and efficacy of argon plasma coagulation trimming of mal-positioned and migrated biliary metal stents: a controlled study in the porcine model. // Am. J. Gastroenterol. 2006; 101. – P. 2025-2030.
179. De Palma R.G., Burris D.G., Champion H.R., Hodgson M.J. Blast injuries. // N. Engl. J. Med. 2005; 352. – P. 1335-1342.
180. Eastridge B.J., Jenkins D., Flaherty S., Schiller H., Holcomb J.B. Trauma system development in a theater of war: experiences from Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom. J. Trauma, 2006; 61: 1366-1373.
181. ECRI. Argon Beam Coagulation Systems // Health Devices 1990. – Vol. 19 (9). – P. 299-319.
182. Erceg M., Ozic-Babek M., Luetic B. Ankle joint and foot deformities after the treatment of lower leg war injuries with external fixation // Rev. Int. Serv. Sante Fortes Armees. – 1997. – T. 60, № 4-6. – P. 89-93.
183. Freeman M.A. Design and diagnostic of a prototype plasma are scalpel / Tech. Rpt. HTGDZ-3., Sch. of Mech. Engng., Purdu Univ. – 1970.
184. Fridman A. Plasma Chemistry. Cambridge University Press. 2008. –978 p.
185. Gay-Mimbrera J. et al. Clinical and biological principles of cold atmospheric plasma application in skin cancer. Adv. Ther. 2016. PMID: 27142848 Free PMC article. Review.
186. Giannou C.P. Penetrating missile injuries during asymmetric warfare in the 2003 Gulf conflict. // Br. J. Surg. – 2005; 92: – P. 1047-1048.
187. Glover J., Bendick P., Link W., Plunkett R. The plasma scalpel: a new thermal knife //Laser surgery. 1982. – Vol.2. – № 1. – P. 101-106.
188. Glover J., Bendick P., Link W. The use of thermal knife in surgery: electrosurgery, laser, plasma scalpel // Year Book Med. Publishers. Inc. 1978. – Vol. 15. – № 1. – P. 78-81.
189. Grand K., Straub Т., Farm G. New haemostatic techniques: argon plasma coagulation // Res. Clin. Gastroenterol. 1999. – Vol. 13. – № 1. – P. 67-84.
190. Gugenheim J., Bredt L., Iannelli A. A randomized controlled trial comparing fibrin glue and PlasmaJet on the raw surface of the liver after hepatic resection. Hepatogastroenterology. 2011; 58(107-108): 922-925.
191. Guild G.N. Runner R.P., Castilleja G.M., Smith M.J., Vu C.L. Efficacy of hybrid plasma scalpel in reducing blood loss and transfusions in direct anterior total hip arthroplasty. J Arthroplasty. 2017; 32(2): 458-462.
192. Grand K., Straub T., Farm G. New haemostatic techniques: argon plasma coagulation. Res. Clin. Gastroenterol. 1999; 13(1): 67-84.
193. Haifeing Z., Bian K., Ferid M. Nitric Oxide Accelerates the Recovery from Burn Wounds // World Journal of Surgery. 2007. – Vol. 31. – № 4. – P. 624-631.
194. Harbrecht B. G., Nash N. A. Necrotizing soft tissue infections: a review // Surg. Infect. (Larchmt). 2016. Vol. 5, № 17., Р. 503-509.
195. Herrera S., Bordas J.M., Llach J. et al. The beneficial effects of argon plasma coagulation in the management of different types of gastric vascular ectasia lesions in patients admitted for GI hemorrhage. Gastrointest. Endosc. 2008; 68(3): 440-446.
196. Hinsley D. E., Rosell P.A. E., Rowlands T.K., Clasper J.C. Penetrating missile injuries during asymmetric warfare in the 2003 Gulf conflict. // Br. J. Surg. 2005; 92. – P. 637-642.
197. Hishimoto K., Rockwell R.J., Drefer R., Yunis N. Same technical problems in plasma scalpel hepatectomy / Proc. 22-d Ann. Conf. Eng. Med. Biol. – Chicago, 111. – 1969. – P. 34-44.
198. Holcomb J.B., Stansbury L.G., Champion H.R., Wade C., Bellamy R. F. Understanding combat casualty care statistics. // J. Trauma, 2006; 60: 397-401.
199. Iannelli A., Schneck A., Gugenheim J. Use of the PlasmaJet System in patients undergoing abdominal lipectomy following massive weight loss: a randomized controlled trial. Obes. Surg. 2010; 20(10): 1442-1447.
200. Kortbeek J.B., Al Turki S.A., Ali J. et al. Advanced Trauma Life Support. The evidence for change. J. Trauma, 2008; 64: 1638-1650.
201. Kxeladze Z., Kxeladze Zv., Tsutskiridze B., Jaiani S. Peculiarities of peripheral blood cells changes after processing the bone marrow plasma rays of critical patients // Critical Care & Catastrophe Medicine. – 2018. – № 54-55.
202. Link W.J., Glover J.L., Edwards I.L. et al. Wound healing of mouse skin incised with plasma scalpel // J. Surg. Res. – 1973 – Vol. 14, № 6. – P. 505-511.
203. Link W.J., Zook E.G., Glover J.L. Plasma scalpel excision of burns: an experimental study // Plast. and Reconst. Surg. – 1975. – Vol. 55,. № 6. – P. 657-664.
204. Link W., Incopera F., Glover J. Plasma scalpel: of tissue and wound damage healing with electrosurgical and steel scalpels // Arch. Surg. 1976. – Vol. 111. – № 4 – P. 92-97.
205. Mabry R., McManus J.G. Prehospital advances in the management of severe penetrating trauma. // Crit. Care Med. 2008; 36 (Suppl.): 258-266.
206. Maisch T., Bosserhoff A. K., Unger P. et al. Investigation of toxicity and mutagenicity of cold atmospheric argon plasma. Environ Mol. Mutagen. 2017; 58(3): 172-177.
207. Metelmann H.-R., Seebauer C., Miller V. et al. Clinical experience with cold plasma in the treatment of locally advanced head and neck cancer. Clin. Plasma Med. 2018, 9, 6-13.
208. Nessen S.C., Lounsbury D. E., Hetz S. P. War Surgery in Afghanistan and Iraq: A Series of Case Studies, 2003-2007. Washington, DC: Office of the Surgeon General, Borden Institute; 2008. 442 p.
209. Panuccio E., Leunen K., Van Nieuwenhuysen E., Neven P., Lambrechts S. Use of PlasmaJet for Peritoneal Carcinomatosis in Ovarian Cancer. Int. J. Gynecol. Cancer. 2016; 26(8): 1521-1524.
210. Parker P.J. Damage control surgery and casualty evacuation: techniques for surgeons, lessons for military medical planners // J. R. Army Med. Corps. 2006; 152: 202-211.
211. Payne N.S., Tindall G.T., Fleischer A.S., Mirra S.S. Evaiution of the plasma scalpel for intracranial surgery: A pilot study // Surg. Neurol. – 1979. – Vol. 1, № 12. – P. 247-250.
212. Privat-Maldonado, A.; Schmidt, A.; Lin, A.; Weltmann, K.-D.; Wende, K.; Bogaerts A., Bekeschus S. ROS from Physical Plasmas: Redox Chemistry for Biomedical Therapy. Oxidative Med. Cell. Longev. 2019, 2019, 1-29.
213. Pruit B.A. Combat casualty care and surgical progress // Ann. Surg. –2006. – P. 715-729.
214. Reichle G., Freitag L., Kullmann H.J. et al. Argon plasma coagulation in bronchology: a new method – alternative or complementary? Pneumologie, 2000; 54: 508-516.
215. Reilly J., Twaddle S., Mcintosh J. An economic analysis of surgical wound infection // J. Hosp. Infect. 2001. Vol. 49. – P. 245-249.
216. Roach R., Kozarec R., Raltzs S. In vitro evaluation of integrity and sterilization of single-use argon beam plasma coagulation probes // Am. J. Gastroenterology. 1999. – Vol. 94 (1). – P. 139-143
217. Roberts Т., Brayshaw F. Experimental use of the plasma tissue cutting device / Proc. 22 Ann. Cons. Eng. Med. Biol. 1969. – № 34. – P. 34-35.
218. Rosell P.A. E., Clasper J.C. Ballistic fractures: the limited value of existing classifications // Injury. 2005; 36. – P. 369-372.
219. Scharf C. et al. ImprovedwWound healing of airway epithelial cells is mediated by cold atmospheric plasma: a time course-related proteome analysis. Oxid. med. cell. longev. 2019. 19; 2019: 7071536.
220. Schwentker A., Vodovotz Y., Weller R. Nitric oxide and wound repair: role of cytokines // Nitric oxide. 2002. – Vol. 7. – P. 1-12.
221. Semmler M.L., Bekeschus S., Schäfer M.,et al. Molecular Mechanisms of the Efficacy of Cold Atmospheric Pressure Plasma (CAP) in Cancer Treatment. Cancers 2020, 12, 269.
222. Seror J., Bats A., Habchi H., Lécuru F. Optimal surgical cytoreduction of the upper abdomen and the diaphragm for advanced ovarian cancer using PlasmaJet energy. Gynecol. Oncol. 2016; 140(2): 372-373.
223. Stratmann B., Costea T.-C., Nolte C. et al. Effect of Cold Atmospheric Plasma Therapy vs Standard Therapy Placebo on Wound Healing in Patients with Diabetic Foot Ulcers. JAMA Netw. Open 2020, 3.
224. Tabares F.L. et al. Cold Plasma Systems and their Application in Surface Treatments for Medicine.Molecules. 2021. PMID: 33800623 Free PMC article.
225. Tanaka H. et al. Plasma-Treated Solutions (PTS) in Cancer Therapy. Cancers (Basel). 2021. 13, 1737.
226. Tsutskiridze B., Kheladze Z., Jaiani S. et al. The use of argon plasma flow in the complex treatment of pneumonia in critically ill patients on artificial lung ventilation// Critical Care & Catastrophe Medicine. – 2021. – № 58-59.
227. Veltman K.D., Kindel E., von Wedtke T. et al. Sources of atmospheric pressure plasma: tools, prospects for plasma medicine. Applied Chem. 882 (2010) – P. 1223-1237.
228. Wang H.M., Hsu P.I., Lo G.H. et al. Comparison of hemostatic efficacy for argon plasma coagulation and distilled water injection in treating high-risk bleeding ulcers. J. Clin. Gastroenterol. 2009; 43(10): 941-945.
229. Wende K., Bekeschus S., Schmidt A. et al. Risk assessment of a cold argon plasma jet in respect to its mutagenicity. Mutat. res. genet. toxicol. environ mutagen. 2016; 798-799.
230. Wiegand C., Beier O., Horn K., Pfuch. A., Tölke T., Hipler U.-C., Schimanski A. Antimicrobial Impact of Cold Atmospheric Pressure Plasma on Medical Critical Yeasts and Bacteria Cultures. Skin Pharmacol Physiol. 2014; 27(1): 25-35.
231. Woedtke T., Schmidt A., Bekeschus S. et al. Plasma medicine: a field of applied redox biology. 2019; 33(4): 1011-1026.
232. Xiaohua Z., Jingxiang B. A plazma scalpel an experimental study and its clinical application // Prac. Int. Conf. Scien. (China). 1986. – Vol. 45. – P. 224-225.
233. Zhenyu L., Hao Z., Donglin H., Hucsheng D. The development and clinical practice of plasma scalpel unit / Proc. Int. Conf. of Plasma Scien. and Techn. – China. – Beijing: Science Press. – 1986. – P. 217-223.