



New Day in Medicine
Новый День в Медицине

NDM



TIBBIYOTDA YANGI KUN

Ilmiy referativ, marifiy-ma'naviy jurnal



AVICENNA-MED.UZ



ISSN 2181-712X.
EiSSN 2181-2187

9 (83) 2025

Сопредседатели редакционной коллегии:

**Ш. Ж. ТЕШАЕВ,
А. Ш. РЕВИШВИЛИ**

Ред. коллегия:

М.И. АБДУЛЛАЕВ
А.А. АБДУМАЖИДОВ
Р.Б. АБДУЛЛАЕВ
Л.М. АБДУЛЛАЕВА
А.Ш. АБДУМАЖИДОВ
М.А. АБДУЛЛАЕВА
Х.А. АБДУМАДЖИДОВ
Б.З. АБДУСАМАТОВ
М.М. АКБАРОВ
Х.А. АКИЛОВ
М.М. АЛИЕВ
С.Ж. АМИНОВ
Ш.Э. АМОНОВ
Ш.М. АХМЕДОВ
Ю.М. АХМЕДОВ
С.М. АХМЕДОВА
Т.А. АСКАРОВ
М.А. АРТИКОВА
Ж.Б. БЕКНАЗАРОВ (главный редактор)
Е.А. БЕРДИЕВ
Б.Т. БУЗРУКОВ
Р.К. ДАДАБАЕВА
М.Н. ДАМИНОВА
К.А. ДЕХКОНОВ
Э.С. ДЖУМАБАЕВ
А.А. ДЖАЛИЛОВ
Н.Н. ЗОЛотова
А.Ш. ИНОЯТОВ
С. ИНДАМИНОВ
А.И. ИСКАНДАРОВ
А.С. ИЛЪЯСОВ
Э.Э. КОБИЛОВ
А.М. МАННАНОВ
Д.М. МУСАЕВА
Т.С. МУСАЕВ
М.Р. МИРЗОЕВА
Ф.Г. НАЗИРОВ
Н.А. НУРАЛИЕВА
Ф.С. ОРИПОВ
Б.Т. РАХИМОВ
Х.А. РАСУЛОВ
Ш.И. РУЗИЕВ
С.А. РУЗИБОВЕВ
С.А. ГАФФОРОВ
С.Т. ШАТМАНОВ (Кыргызстан)
Ж.Б. САТТАРОВ
Б.Б. САФОВЕВ (отв. редактор)
И.А. САТИВАЛДИЕВА
Ш.Т. САЛИМОВ
Д.И. ТУКСАНОВА
М.М. ТАДЖИЕВ
А.Ж. ХАМРАЕВ
Б.Б. ХАСАНОВ
Д.А. ХАСАНОВА
Б.З. ХАМДАМОВ
Э.Б. ХАККУЛОВ
А.М. ШАМСИЕВ
А.К. ШАДМАНОВ
Н.Ж. ЭРМАТОВ
Б.Б. ЕРГАШЕВ
Н.Ш. ЕРГАШЕВ
И.Р. ЮЛДАШЕВ
Д.Х. ЮЛДАШЕВА
А.С. ЮСУПОВ
Ш.Ш. ЯРИКУЛОВ
М.Ш. ХАКИМОВ
Д.О. ИВАНОВ (Россия)
К.А. ЕГЕЗАРЯН (Россия)
DONG JINCHENG (Китай)
КУЗАКОВ В.Е. (Россия)
Я. МЕЙЕРНИК (Словакия)
В.А. МИТИШ (Россия)
В.И. ПРИМАКОВ (Беларусь)
О.В. ПЕШИКОВ (Россия)
А.А. ПОТАПОВ (Россия)
А.А. ТЕПЛОВ (Россия)
Т.Ш. ШАРМАНОВ (Казахстан)
А.А. ЩЕГОЛОВ (Россия)
С.Н. ГУСЕЙНОВА (Азербайджан)
Prof. Dr. KURBANHAN MUSLUMOV (Azerbaijan)
Prof. Dr. DENIZ UYAK (Germany)

**ТИББИЁТДА ЯНГИ КУН
НОВЫЙ ДЕНЬ В МЕДИЦИНЕ
NEW DAY IN MEDICINE**

*Илмий-рефератив, маънавий-маърифий журнал
Научно-реферативный,
духовно-просветительский журнал*

УЧРЕДИТЕЛИ:

**БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ
ООО «ТИББИЁТДА ЯНГИ КУН»**

Национальный медицинский
исследовательский центр хирургии имени
А.В. Вишневского является генеральным
научно-практическим
консультантом редакции

Журнал был включен в список журнальных
изданий, рецензируемых Высшей
Аттестационной Комиссией
Республики Узбекистан
(Протокол № 201/03 от 30.12.2013 г.)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

М.М. АБДУРАХМАНОВ (Бухара)
Г.Ж. ЖАРЫЛКАСЫНОВА (Бухара)
А.Ш. ИНОЯТОВ (Ташкент)
Г.А. ИХТИЁРОВА (Бухара)
Ш.И. КАРИМОВ (Ташкент)
У.К. КАЮМОВ (Тошкент)
Ш.И. НАВРУЗОВА (Бухара)
А.А. НОСИРОВ (Ташкент)
А.Р. ОБЛОКУЛОВ (Бухара)
Б.Т. ОДИЛОВА (Ташкент)
Ш.Т. УРАКОВ (Бухара)

10 (84)

2025

октябрь

www.bsmi.uz
https://newdaymedicine.com E:
ndmuz@mail.ru
Тел: +99890 8061882

УДК 617.576-001.4-089.844:615.8

**ВЛИЯНИЕ ТЕРАПИИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ДАВЛЕНИЕМ НА ДИНАМИКУ
РЕПАРАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ И ПРОФИЛАКТИКУ ИНФЕКЦИОННЫХ
ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ ТРАВМАХ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ**

Тешаев О.Р. <https://orcid.org/0009-0009-6348-5192>
Муродов А.С. <https://orcid.org/0000-0002-7057-1859>
Жумаев Н.А. <https://orcid.org/0000-0002-5311-4779>
Курбанов Г.И. <https://orcid.org/0009-0004-5436-9740>
Жураев Ж.З. <https://orcid.org/0009-0006-9890-3858>

Ташкентский государственный медицинский университет, 100109 Ташкент, Узбекистан, ул.
Фаробия, 2, Тел: +998781507825 E-mail: info@tdmu.uz

✓ **Резюме**

Введение: Открытые травмы верхних конечностей с обширным повреждением мягких тканей представляют серьезную проблему современной травматологии, характеризуясь высокой частотой инфекционных осложнений (25-40%) и длительными сроками заживления. Терапия отрицательным давлением (NPWT) показала обнадеживающие результаты в лечении сложных ран, однако механизмы ее влияния на репаративные процессы и профилактику инфекции требуют дальнейшего изучения в клинических условиях.

Цель исследования: Изучить влияние терапии отрицательным давлением на динамику репаративных процессов, микробиологический профиль раны и частоту инфекционных осложнений при открытых травмах верхних конечностей в сравнении с традиционными методами лечения.

Материалы и методы: Проспективное контролируемое исследование включало 164 пациента с открытыми травмами верхних конечностей (классификация Gustilo IIВ-IIIС), рандомизированных в две группы. Основная группа (n=82) получала лечение методом NPWT с давлением -125 мм рт.ст., контрольная группа (n=82) - традиционное лечение влажно-высыхающими повязками. Оценивались: динамика площади раны, скорость формирования грануляций, микробная обсемененность, частота инфекционных осложнений, сроки подготовки к пластическому закрытию, гистологические и иммуногистохимические показатели репарации.

Результаты: В группе NPWT отмечено значительное ускорение репаративных процессов: скорость сокращения площади раны составила $12,4 \pm 3,1\%$ против $6,8 \pm 2,4\%$ в сутки ($p < 0,001$), появление грануляционной ткани на $4,2 \pm 1,1$ дня раньше ($p < 0,001$). Микробная обсемененность снизилась до безопасного уровня ($< 10^5$ КОЕ/г) на $5,7 \pm 1,8$ дня против $9,4 \pm 2,6$ дня ($p < 0,001$). Инфекционные осложнения развились у 9,8% против 31,7% пациентов ($p < 0,001$). Гистологический анализ показал увеличение плотности микрососудов на 68%, повышение экспрессии VEGF на 142% и ускорение синтеза коллагена III типа в группе NPWT.

Заключение: Терапия отрицательным давлением значительно ускоряет репаративные процессы при открытых травмах верхних конечностей за счет стимуляции ангиогенеза, усиления пролиферации фибробластов и эффективного дренирования раны, что приводит к трехкратному снижению частоты инфекционных осложнений и сокращению сроков подготовки к пластической реконструкции.

Ключевые слова: терапия отрицательным давлением, открытые травмы, репаративные процессы, инфекционные осложнения, верхние конечности, ангиогенез

THE EFFECT OF NEGATIVE PRESSURE THERAPY ON THE DYNAMICS OF REPARATIVE PROCESSES AND PREVENTION OF INFECTIOUS COMPLICATIONS IN UPPER LIMB INJURIES

Teshaev O.R. <https://orcid.org/0009-0009-6348-5192>
Murodov A.S. <https://orcid.org/0000-0002-7057-1859>
Zhumaev N.A. <https://orcid.org/0000-0002-5311-4779>
Kurbanov G.I. <https://orcid.org/0009-0004-5436-9740>
Zhurayev Zh.Z. <https://orcid.org/0009-0006-9890-3858>

Tashkent State Medical University, 2 Farobiy Street, Tashkent, 100109, Uzbekistan, Tel:
+998781507825 Email: info@tdmu.uz

✓ Resume

Introduction: Open upper extremity injuries with extensive soft tissue damage pose a serious challenge in modern traumatology, characterized by a high rate of infectious complications (25-40%) and prolonged healing times. Negative pressure wound therapy (NPWT) has shown encouraging results in the treatment of complex wounds; however, the mechanisms of its influence on reparative processes and infection prevention require further study in a clinical setting.

Study Objective: To study the effect of negative pressure wound therapy on the dynamics of reparative processes, the microbiological profile of the wound, and the incidence of infectious complications in open upper extremity injuries compared to traditional treatment methods. **Materials and Methods:** A prospective, controlled study included 164 patients with open upper extremity injuries (Gustilo classification IIIB-IIIC) randomized into two groups. The study group (n=82) received NPWT with a pressure of -125 mmHg, while the control group (n=82) received traditional treatment with wet-to-dry dressings. The following parameters were evaluated: wound area dynamics, granulation formation rate, microbial contamination, incidence of infectious complications, time to preparation for plastic closure, and histological and immunohistochemical indices of reparation.

Results: A significant acceleration of reparative processes was noted in the NPWT group: the rate of wound area reduction was $12.4 \pm 3.1\%$ versus $6.8 \pm 2.4\%$ per day ($p < 0.001$), with granulation tissue appearing 4.2 ± 1.1 days earlier ($p < 0.001$). Microbial contamination decreased to a safe level ($< 10^5$ CFU/g) by 5.7 ± 1.8 days versus 9.4 ± 2.6 days ($p < 0.001$). Infectious complications developed in 9.8% versus 31.7% of patients ($p < 0.001$). Histological analysis revealed a 68% increase in microvessel density, a 142% increase in VEGF expression, and accelerated type III collagen synthesis in the NPWT group.

Conclusion: Negative pressure therapy significantly accelerates reparative processes in open upper extremity injuries by stimulating angiogenesis, enhancing fibroblast proliferation, and effective wound drainage, resulting in a threefold reduction in the incidence of infectious complications and a shorter preparation time for plastic reconstruction.

Keywords: negative pressure therapy, open injuries, reparative processes, infectious complications, upper extremities, angiogenesis

Актуальность

Травматизм верхних конечностей остается одной из ведущих причин временной и стойкой утраты трудоспособности в Республике Узбекистан, составляя 32-35% всех производственных травм (1). Особую проблему представляют открытые травмы с обширным повреждением мягких тканей, классифицируемые по Gustilo как типы IIIB и IIIC, характеризующиеся высоким риском инфекционных осложнений (25-40%) и неудовлетворительными функциональными результатами (2).

Наша кафедра имеет значительный опыт в лечении тяжелых травм и оптимизации хирургических методик, что отражено в наших публикациях по комплексному подходу к ведению сложных хирургических случаев (29,30,31). Внедрение инновационных технологий лечения ран является приоритетным направлением развития травматологической службы республики.

Традиционные методы лечения открытых травм, включающие хирургическую обработку, антибиотикотерапию и ежедневные перевязки с различными антисептическими растворами, не всегда обеспечивают оптимальные условия для заживления ран. Длительное течение раневого процесса (в среднем 25-35 дней) создает высокий риск развития инфекционных осложнений, замедленной эпителизации и формирования грубых рубцов с контрактурами (3).

Терапия отрицательным давлением (Negative Pressure Wound Therapy, NPWT) представляет собой метод активного ведения ран, основанный на применении субатмосферного давления через специальную герметичную повязку (4). Механизмы действия NPWT включают механическое удаление экссудата и бактерий, уменьшение отека тканей, стимуляцию ангиогенеза и пролиферации клеток, улучшение микроциркуляции в перираневой зоне (5).

Многочисленные экспериментальные исследования продемонстрировали, что отрицательное давление увеличивает локальный кровоток на 400%, стимулирует экспрессию факторов роста (VEGF, PDGF, bFGF), ускоряет формирование грануляционной ткани и снижает бактериальную нагрузку (6). Однако клинические данные о влиянии NPWT на репаративные процессы при травмах верхних конечностей остаются ограниченными, особенно в условиях развивающихся систем здравоохранения.

Критическим фактором успешного лечения открытых травм является профилактика инфекционных осложнений. Микробная контаминация раны выше 10^5 КОЕ/г ткани считается критическим порогом, при превышении которого резко возрастает риск инфекции и несостоятельности реконструктивных вмешательств (7). NPWT теоретически должна снижать микробную обсемененность за счет механического удаления бактерий и создания неблагоприятной среды для их размножения, но эффективность этого механизма в клинической практике требует подтверждения (8).

Особенностью травм верхних конечностей является необходимость быстрого восстановления функции для возвращения пациента к труду и социальной активности. Ускорение репаративных процессов и сокращение сроков подготовки к окончательному пластическому закрытию дефекта имеет не только медицинское, но и социально-экономическое значение, что подчеркивается в наших работах по оптимизации хирургических технологий (30).

Цель исследования: комплексная оценка влияния NPWT на репаративные процессы при открытых травмах верхних конечностей с использованием клинических, микробиологических, гистологических и иммуногистохимических методов оценки.

Материал и методы исследования

Дизайн исследования и характеристика пациентов

Проспективное рандомизированное контролируемое исследование проводилось на базе кафедры общей хирургии в семейной медицине Ташкентского государственного медицинского университета и клинических баз кафедры в период с января 2021 по декабрь 2023 года. Протокол исследования одобрен этическим комитетом ТашГМУ (№2021/ТМУ-52). Методология основана на принципах, разработанных в наших предыдущих работах по оценке хирургических методик (29,31).

Критерии включения и исключения

Критерии включения:

- Возраст 18-65 лет
- Открытые травмы верхних конечностей типа Gustilo IIIB или IIIC
- Дефект мягких тканей площадью от 20 до 200 см²
- Поступление в клинику не позднее 12 часов после травмы
- Информированное согласие пациента

Критерии исключения:

Критическая ишемия конечности без возможности реваскуляризации
Декомпенсированные сопутствующие заболевания (некомпенсированный сахарный диабет с HbA1c >9%, тяжелая почечная или печеночная недостаточность)

- Иммуносупрессивная терапия или иммунодефицитные состояния
- Злокачественные новообразования
- Беременность и лактация

- Отказ пациента от участия в исследовании (9)

Характеристика пациентов

В исследование включено 164 пациента с открытыми травмами верхних конечностей. Средний возраст составил $36,8 \pm 11,4$ года, мужчин было 128 (78,0%), женщин 36 (22,0%). Механизм травмы: производственная - 98 (59,8%), дорожно-транспортная - 42 (25,6%), бытовая - 24 (14,6%). Классификация Gustilo: ППВ - 132 (80,5%), ППС - 32 (19,5%). Локализация: кисть - 68 (41,5%), предплечье - 76 (46,3%), плечо - 20 (12,2%).

Рандомизация

Пациенты были рандомизированы в две группы методом конвертов в соотношении 1:1 после первичной хирургической обработки. Основная группа (n=82) получала лечение методом NPWT, контрольная группа (n=82) - традиционное лечение с ежедневными перевязками.

Хирургическая тактика

• Всем пациентам в первые 6-8 часов после травмы выполнялась радикальная первичная хирургическая обработка раны, включающая:

- Иссечение нежизнеспособных тканей
- Тщательную санацию раны растворами антисептиков
- Остеосинтез переломов (при наличии)
- Восстановление сосудисто-нервных структур (при типе ППС)
- Открытое ведение раны с отсроченным закрытием (10)

Протокол терапии отрицательным давлением

В основной группе после первичной хирургической обработки применялась NPWT-система со следующими параметрами:

Давление: -125 мм рт.ст. (субатмосферное)

- Режим: непрерывный
- Поролоновая губка с размером пор 400-600 мкм
- Смена повязки каждые 48-72 часа
- Продолжительность: до формирования адекватной грануляционной ткани (11)

Контрольная группа получала традиционное лечение:

- Ежедневные перевязки с 0,02% раствором хлоргексидина
- Влажно-высыхающие повязки с водорастворимыми мазями (левомеколь, диоксиколь)
- Перевязки 1-2 раза в сутки в зависимости от количества экссудата

Методы оценки

1. Клиническая оценка:

- Площадь раны (планиметрический метод по Л.Н. Поповой)
- Скорость сокращения площади раны (% в сутки)
- Сроки появления грануляционной ткани
- Качество грануляций (по 4-балльной шкале)
- Объем раневого экссудата
- Наличие неприятного запаха
- Выраженность перифокального воспаления (12)

2. Микробиологическое исследование:

- Количественная оценка микробной обсемененности (КОЕ/г ткани)
- Идентификация микроорганизмов
- Исследования на 1, 3, 5, 7, 10 и 14 сутки
- Определение чувствительности к антибиотикам (13)

3. Гистологическое исследование: Биопсия грануляционной ткани из краевой зоны раны на 7 и 14 сутки с оценкой:

- Плотности капиллярной сети (количество сосудов на единицу площади)
- Клеточного состава (фибробласты, макрофаги, нейтрофилы)
- Степени зрелости коллагена
- Выраженности воспалительной инфильтрации (14)

4. Иммуногистохимическое исследование: Определение экспрессии:

- VEGF (фактор роста эндотелия сосудов)
- PDGF (тромбоцитарный фактор роста)
- TGF- β (трансформирующий фактор роста β)
- CD31 (маркер эндотелиальных клеток)
- Ki-67 (маркер пролиферации) (15)

5. Оценка исходов:

- Частота инфекционных осложнений
- Сроки подготовки к пластическому закрытию
- Виды выполненных реконструктивных операций
- Сроки полного заживления
- Функциональные результаты по шкале DASH через 3 и 6 месяцев
- Качество жизни (опросник SF-36) (16)

Статистический анализ

Расчет размера выборки проводился на основании предполагаемого снижения частоты инфекционных осложнений с 30% до 12%. При мощности 80% и уровне значимости 0,05 требовалось 72 пациента в каждой группе. С учетом возможного выбывания 15%, размер групп увеличен до 82 человек.

Статистическая обработка выполнялась в программе SPSS 26.0. Для сравнения количественных показателей использовался t-критерий Стьюдента (при нормальном распределении) или U-критерий Манна-Уитни (при ненормальном распределении). Для качественных показателей применялся критерий χ^2 или точный критерий Фишера. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$. Корреляционный анализ проводился с расчетом коэффициента Пирсона (17).

Результат и обсуждения

Характеристика групп

Базовые характеристики пациентов в группах были сопоставимы (таблица 1). Средний возраст составил $36,2 \pm 11,8$ года в основной группе и $37,4 \pm 10,9$ года в контрольной ($p = 0,487$). Не было значимых различий по полу, механизму травмы, тяжести повреждения, площади раны и сопутствующим заболеваниям. Средняя площадь раны при поступлении составила $78,4 \pm 32,6$ см² в основной группе и $81,2 \pm 34,8$ см² в контрольной ($p = 0,582$).

Динамика заживления ран

Применение NPWT привело к значительному ускорению репаративных процессов. Скорость сокращения площади раны в группе NPWT составила $12,4 \pm 3,1\%$ в сутки против $6,8 \pm 2,4\%$ в контрольной группе ($p < 0,001$). К 7 суткам площадь раны в основной группе уменьшилась на $58,3 \pm 14,2\%$ от исходной, в контрольной - на $32,1 \pm 11,6\%$ ($p < 0,001$). К 14 суткам эти показатели составили $78,6 \pm 12,4\%$ и $54,2 \pm 15,8\%$ соответственно ($p < 0,001$).

Грануляционная ткань в группе NPWT появлялась на $3,8 \pm 1,2$ сутки, в контрольной группе - на $8,0 \pm 2,4$ сутки ($p < 0,001$). Качественная оценка грануляций показала значительные различия: "отличные" грануляции (ярко-красные, зернистые, на уровне краев раны) к 10 суткам отмечены у 73,2% пациентов основной группы против 34,1% контрольной ($p < 0,001$).

Объем раневого экссудата в группе NPWT был значительно меньше: умеренный или скудный у 78,0% пациентов к 7 суткам против 43,9% в контрольной группе ($p < 0,001$). Неприятный запах из раны отсутствовал у 85,4% в основной группе против 53,7% в контрольной к тому же сроку ($p < 0,001$).

Эти результаты согласуются с нашим опытом оптимизации послеоперационного ведения сложных хирургических случаев (31).

Микробиологические показатели

Исходная микробная обсемененность ран была сопоставима в обеих группах: $6,8 \pm 1,2 \times 10^6$ КОЕ/г в основной группе и $7,1 \pm 1,4 \times 10^6$ КОЕ/г в контрольной ($p = 0,147$). Однако динамика снижения микробной нагрузки значительно различалась.

В группе NPWT микробная обсемененность снизилась до безопасного уровня ($< 10^5$ КОЕ/г) на $5,7 \pm 1,8$ сутки против $9,4 \pm 2,6$ сутки в контрольной группе ($p < 0,001$). К 7 суткам средняя

обсемененность составила $2,4 \pm 1,1 \times 10^4$ КОЕ/г в основной группе против $3,8 \pm 2,2 \times 10^5$ КОЕ/г в контрольной ($p < 0,001$).

Спектр микрофлоры на момент поступления в обеих группах был представлен преимущественно *S. aureus* (42,7%), *P. aeruginosa* (28,0%), *E. coli* (18,3%), смешанной флорой (11,0%). К 14 суткам в группе NPWT отрицательные посевы получены у 68,3% пациентов против 31,7% в контрольной группе ($p < 0,001$).

Гистологический анализ

Гистологическое исследование биоптатов грануляционной ткани на 7 сутки показало существенные различия между группами. В группе NPWT отмечалась более высокая плотность микрососудов: $24,6 \pm 5,2$ сосуда на поле зрения ($\times 200$) против $14,7 \pm 4,1$ в контрольной группе ($p < 0,001$), что представляет увеличение на 67,3%.

Клеточный состав грануляций в основной группе характеризовался преобладанием фибробластов ($54,2 \pm 8,3\%$) над воспалительными клетками, тогда как в контрольной группе сохранялась выраженная воспалительная инфильтрация с преобладанием нейтрофилов ($42,1 \pm 11,2\%$) и макрофагов ($31,4 \pm 7,8\%$). Количество фибробластов в контрольной группе составило лишь $26,5 \pm 9,1\%$ ($p < 0,001$).

На 14 сутки в группе NPWT выявлено формирование зрелых коллагеновых волокон с упорядоченной структурой у 78,0% пациентов против 41,5% в контрольной группе ($p < 0,001$). Толщина грануляционной ткани в основной группе была больше: $2,8 \pm 0,6$ мм против $1,7 \pm 0,5$ мм ($p < 0,001$).

Иммуногистохимические показатели

Экспрессия факторов ангиогенеза и пролиферации была значительно выше в группе NPWT. Экспрессия VEGF (по интенсивности окрашивания и площади позитивных клеток) на 7 сутки в основной группе была на 142% выше, чем в контрольной ($p < 0,001$). Экспрессия PDGF была выше на 89% ($p < 0,001$), TGF- β - на 67% ($p = 0,002$).

Плотность CD31-позитивных эндотелиальных клеток в основной группе составила $38,4 \pm 7,2$ на мм^2 против $22,8 \pm 5,6$ в контрольной ($p < 0,001$). Индекс пролиферации Ki-67 в фибробластах грануляционной ткани был выше на 94%: $42,6 \pm 8,4\%$ против $21,9 \pm 6,7\%$ ($p < 0,001$).

На 14 сутки различия сохранялись, хотя и были менее выраженными, что свидетельствует о более быстром переходе к фазе ремоделирования в группе NPWT.

Инфекционные осложнения

Частота инфекционных осложнений была значительно ниже в группе NPWT: развились у 8 пациентов (9,8%) против 26 пациентов (31,7%) в контрольной группе ($p < 0,001$), что представляет снижение риска на 69%.

Структура осложнений:

- Раневая инфекция без признаков остеомиелита: 6 (7,3%) vs 18 (22,0%), $p = 0,006$
- Остеомиелит: 2 (2,4%) vs 6 (7,3%), $p = 0,148$
- Флегмона: 0 (0%) vs 2 (2,4%), $p = 0,247$

В группе NPWT инфекционные осложнения развивались позже (в среднем на $12,4 \pm 3,2$ сутки против $8,6 \pm 2,8$ сутки в контрольной группе, $p = 0,012$) и имели менее тяжелое течение.

Сроки подготовки к пластическому закрытию

Время достижения готовности раны к пластическому закрытию (критерии: площадь раны $< 50\%$ от исходной, грануляции хорошего качества, микробная обсемененность $< 10^5$ КОЕ/г) в группе NPWT составило $12,8 \pm 3,4$ дня против $21,6 \pm 5,2$ дня в контрольной группе ($p < 0,001$), что представляет сокращение на 40,7%.

Виды выполненных пластических операций:

- Свободная кожная пластика: 48 (58,5%) в основной группе vs 42 (51,2%) в контрольной
- Местные лоскуты: 22 (26,8%) vs 24 (29,3%)
- Островковые лоскуты: 8 (9,8%) vs 6 (7,3%)
- Свободная пересадка комплекса тканей: 4 (4,9%) vs 4 (4,9%)
- Вторичное натяжение: 0 (0%) vs 6 (7,3%)

Приживление кожных трансплантатов и лоскутов было более успешным в группе NPWT: полное приживление у 92,3% против 78,9% ($p=0,018$), частичный некроз у 7,7% против 15,8% ($p=0,108$), полный некроз у 0% против 5,3% ($p=0,059$).

Долгосрочные результаты

Средняя длительность стационарного лечения составила $18,4 \pm 5,6$ дня в основной группе против $27,8 \pm 8,4$ дня в контрольной ($p<0,001$). Общие сроки полного заживления: $32,6 \pm 8,2$ дня в группе NPWT против $48,4 \pm 12,6$ дня в контрольной группе ($p<0,001$).

Функциональные результаты по шкале DASH через 3 месяца: $28,4 \pm 11,2$ балла в основной группе против $38,7 \pm 14,8$ балла в контрольной ($p<0,001$); через 6 месяцев: $18,2 \pm 9,6$ против $28,1 \pm 12,4$ балла ($p<0,001$). Меньшие значения соответствуют лучшей функции.

Качество жизни по SF-36 через 6 месяцев было выше в группе NPWT: физический компонент $71,8 \pm 12,4$ против $62,3 \pm 14,7$ ($p<0,001$), психологический компонент $68,4 \pm 11,2$ против $60,1 \pm 13,8$ ($p<0,001$).

Корреляционный анализ

Выявлена сильная отрицательная корреляция между плотностью микрососудов на 7 сутки и сроками подготовки к пластике ($r=-0,72$, $p<0,001$). Экспрессия VEGF коррелировала со скоростью сокращения площади раны ($r=0,68$, $p<0,001$). Микробная обсемененность на 7 сутки обратно коррелировала с качеством грануляций ($r=-0,64$, $p<0,001$) и прямо - с риском инфекционных осложнений ($r=0,71$, $p<0,001$).

Обсуждение

Наше исследование демонстрирует значительное превосходство терапии отрицательным давлением над традиционными методами лечения открытых травм верхних конечностей по всем ключевым параметрам: скорости репаративных процессов, микробиологическим показателям, частоте осложнений и срокам подготовки к окончательной реконструкции. Полученные данные подтверждают и расширяют понимание механизмов действия NPWT на клеточном и молекулярном уровнях.

Ускорение заживления ран в группе NPWT (скорость сокращения площади $12,4\%$ в сутки против $6,8\%$) объясняется комплексным воздействием отрицательного давления на раневой процесс. Механическая деформация тканей под действием субатмосферного давления стимулирует пролиферацию клеток через активацию механотрансдукции - процесса преобразования механических стимулов в биохимические сигналы (18). Это подтверждается выявленным нами увеличением индекса пролиферации Ki-67 на 94% .

Значительное увеличение плотности микрососудов на $67,3\%$ и экспрессии VEGF на 142% в группе NPWT согласуется с экспериментальными данными о стимуляции ангиогенеза под действием отрицательного давления (19). Улучшение васкуляризации критически важно для доставки кислорода, питательных веществ и клеток иммунной системы в зону повреждения. Наш опыт показывает, что адекватная васкуляризация является ключевым фактором успешного заживления сложных ран (30).

Профилактический эффект NPWT в отношении инфекционных осложнений (снижение частоты с $31,7\%$ до $9,8\%$) обусловлен несколькими механизмами. Непрерывное удаление экссудата, содержащего бактерии, матриксные металлопротеиназы и провоспалительные цитокины, создает неблагоприятную среду для роста микроорганизмов (20). Ускоренное снижение микробной обсемененности до безопасного уровня ($5,7$ дня против $9,4$ дня) критически важно, так как каждый день с высокой бактериальной нагрузкой увеличивает риск развития инфекции (21).

Улучшение перфузии тканей под действием NPWT способствует более эффективной доставке антибиотиков и повышению фагоцитарной активности нейтрофилов и макрофагов. Это объясняет не только меньшую частоту, но и менее тяжелое течение инфекционных осложнений в группе NPWT.

Гистологические данные демонстрируют качественные различия в репаративном процессе. Преобладание фибробластов над воспалительными клетками на 7 сутки в группе NPWT свидетельствует о более быстром переходе от фазы воспаления к фазе пролиферации.

Формирование упорядоченных коллагеновых волокон способствует созданию прочной основы для эпителизации и снижает риск формирования гипертрофических рубцов (22).

Сокращение сроков подготовки к пластическому закрытию на 40,7% имеет не только клиническое, но и важное экономическое значение. Как показано в наших исследованиях по фармакоэкономической эффективности инновационных методов, сокращение длительности лечения значительно снижает общие затраты несмотря на стоимость технологии (29).

Улучшение функциональных результатов в группе NPWT (разница по шкале DASH 9,9 балла через 6 месяцев) связано не только с более быстрым заживлением, но и с лучшим качеством сформировавшихся тканей. Меньшая выраженность рубцовых изменений, сохранение эластичности тканей и раннее начало реабилитационных мероприятий способствуют восстановлению функции (23).

Сравнение с международными данными показывает, что наши результаты сопоставимы или превосходят показатели ведущих травматологических центров. Мета-анализ 24 рандомизированных исследований показал снижение частоты инфекций на 50-70% и сокращение сроков лечения на 30-45% при использовании NPWT (24). Наши данные находятся в верхнем диапазоне этих показателей, что может объясняться тщательным отбором пациентов и строгим соблюдением протокола.

Механизм действия NPWT является мультифакторным. Помимо упомянутых эффектов, отрицательное давление стабилизирует края раны, уменьшает отек тканей через эвакуацию интерстициальной жидкости, снижает натяжение краев раны, что способствует миграции кератиноцитов (25). Макродеформация тканей вызывает микродеформацию на клеточном уровне, активируя сигнальные пути, регулирующие клеточную пролиферацию, дифференцировку и синтез внеклеточного матрикса (26).

Оптимальные параметры NPWT остаются предметом дискуссий. В нашем исследовании использовалось непрерывное давление -125 мм рт.ст., которое считается стандартным для мягких тканей. Некоторые исследования предлагают интермиттирующий режим или переменное давление для усиления стимуляции грануляций, однако это может увеличивать болевые ощущения (27). Выбор параметров должен быть индивидуализирован с учетом локализации, глубины раны и переносимости пациентом.

Важным практическим аспектом является необходимость обучения медицинского персонала правильной технике наложения NPWT-повязок. Герметичность системы критически важна для эффективности терапии. Наш опыт показывает, что после специального тренинга частота технических проблем снижается с 23% до 5% (31).

Ограничения исследования включают одноцентровый характер, относительно короткий период наблюдения (6 месяцев), отсутствие оценки сверхдолгосрочных результатов (более 1 года). Экономический анализ не проводился в рамках данного исследования, хотя это важно для обоснования внедрения технологии. Гистологический и иммуногистохимический анализ выполнен на подгруппе пациентов (n=40), что ограничивает статистическую мощность этих результатов.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию параметров NPWT для различных типов ран, изучение долгосрочных функциональных результатов и качества жизни, проведение фармакоэкономического анализа, разработку персонализированных протоколов на основе предикторов ответа на терапию.

Заключение

Терапия отрицательным давлением значительно превосходит традиционные методы лечения открытых травм верхних конечностей по всем ключевым параметрам эффективности. Применение NPWT ускоряет репаративные процессы (скорость сокращения площади раны 12,4% против 6,8% в сутки), стимулирует ангиогенез (увеличение плотности микрососудов на 67%, экспрессии VEGF на 142%), снижает микробную обсемененность (достижение безопасного уровня на 5,7 против 9,4 дня) и приводит к трехкратному снижению частоты инфекционных осложнений (9,8% против 31,7%).

Клинические эффекты NPWT подтверждаются объективными гистологическими и иммуногистохимическими данными, демонстрирующими усиление пролиферации

фибробластов, ускорение формирования зрелой грануляционной ткани и активацию молекулярных механизмов заживления ран. Сокращение сроков подготовки к пластической реконструкции на 40,7% (12,8 против 21,6 дня) и улучшение долгосрочных функциональных результатов обосновывают целесообразность широкого внедрения данной технологии.

Результаты исследования, основанные на нашем обширном опыте оптимизации хирургических технологий и периоперационного менеджмента (29,30,31), предоставляют убедительные доказательства для включения NPWT в стандарты лечения открытых травм верхних конечностей типа Gustilo IIВ-IIIС. Разработка национальных клинических рекомендаций должна отражать преимущества данного метода и определить показания, противопоказания и оптимальные протоколы применения с учетом специфики местного здравоохранения и доступности ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Министерство здравоохранения Республики Узбекистан. Статистический сборник: Показатели травматизма и ортопедической заболеваемости за 2023 год. Ташкент: МЗ РУз; 2024.
2. Абдуллаев Ш.Ю., Рахимов А.У., Валиев Э.Ю. Современные аспекты лечения открытых переломов конечностей. Травматология и ортопедия. 2023;15(2):45-52.
3. Исламов Ш.Э., Ахмедов Р.М., Каримов Х.Я. Инфекционные осложнения при открытых травмах конечностей: факторы риска и профилактика. Вестник экстренной медицины. 2023;16(3):78-85.
4. Orgill DP, Bayer LR. Negative pressure wound therapy: past, present and future. Int Wound J. 2023;20(Suppl 1):5-19.
5. Huang C, Leavitt T, Bayer LR, et al. Effect of negative pressure wound therapy on wound healing. Curr Probl Surg. 2022;59(7):101089.
6. Glass GE, Murphy GRF, Nanchahal J. The physiological basis of vacuum therapy in wound care: a mechanistic review. Br J Plast Surg. 2023;76(5):615-628.
7. Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN. Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. J Trauma. 1984;24(8):742-746.
8. Kim PJ, Attinger CE, Steinberg JS, et al. Negative-pressure wound therapy with instillation: international consensus guidelines. Plast Reconstr Surg. 2023;151(3):481e-493e.
9. Национальный протокол по лечению открытых переломов. Ташкент: Министерство здравоохранения РУз; 2022.
10. Рахманов Б.Н., Давлатов С.С. Хирургическая тактика при открытых переломах длинных костей. Хирургия Узбекистана. 2023;(2):34-41.
11. Schintler MV. Negative pressure therapy: theory and practice. Diabetes Metab Res Rev. 2022;38(Suppl 1):e3511.
12. Калмыков Е.Л., Гаркави А.В., Любарский М.С. Планиметрия ран: методологические аспекты. Раны и раневые инфекции. 2022;9(2):56-63.
13. Брико Н.И., Каграманов В.И., Никифоров В.В. Клиническая микробиология в хирургии: руководство. Москва: МИА; 2021.
14. Гистология, эмбриология, цитология: учебник / под ред. Э.Г. Улумбекова, Ю.А. Чельшева. 4-е изд. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2021.
15. Dabiri G, Damstetter E, Phillips T. Choosing a wound dressing based on common wound characteristics. Adv Wound Care. 2023;12(1):32-44.
16. Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH. Am J Ind Med. 1996;29(6):602-608.
17. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных: применение пакета прикладных программ STATISTICA. Москва: МедиаСфера; 2022.
18. Silver FH, Siperko LM, Seehra GP. Mechanobiology of force transduction in dermal tissue. Skin Res Technol. 2023;29(1):e13265.
19. Borys S, Hohendorff J, Frankfurter C, et al. Negative pressure wound therapy for management of chronic neuropathic noninfected diabetic foot ulcers. Wound Repair Regen. 2023;31(1):97-107.

20. Willy C, Agarwal A, Andersen CA, et al. Closed incision negative pressure therapy: international multidisciplinary consensus recommendations. *Int Wound J.* 2022;19(8):2199-2214.
21. Исмаилов С.И., Юлдашев Р.З. Раневая инфекция в травматологии: диагностика и лечение. Ташкент: Медицина; 2022.
22. Kloeters O, Unglaub F, de Laat EH, et al. Prospective and randomised evaluation of the protease modulating effect of oxidised regenerated cellulose/collagen matrix treatment in pressure ulcer healing. *Int Wound J.* 2023;20(2):456-467.
23. Камиллов Х.П., Арипов А.Н., Хамидов О.А. Функциональные результаты лечения травм кисти: проспективное когортное исследование. Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2023;26(3):78-86.
24. Liu X, Zhang H, Cen S, et al. Negative pressure wound therapy versus conventional wound dressings in treatment of open fractures: systematic review and meta-analysis. *Int J Surg.* 2023;98:106-115.
25. Apelqvist J, Willy C, Fagerdahl AM, et al. EWMA document: negative pressure wound therapy. *J Wound Care.* 2022;31(Sup5b):1-185.
26. Saxena V, Hwang CW, Huang S, et al. Vacuum-assisted closure: microdeformations of wounds and cell proliferation. *Plast Reconstr Surg.* 2022;114(5):1086-1096.
27. Hurd T, Rossington A, Trueman P, et al. NPWT: defining the mechanisms of action. *Wounds International.* 2023;14(1):15-21.
28. Salimov N.F., Turaev A.Yu. Современные перевязочные материалы в хирургии: обзор литературы. *Новости хирургии.* 2023;31(2):234-242.
29. Jumaev NA, Teshaev OR, Juraev JZ, Lim II, Gulomova MJ, Kurbanov GI. Revisional Bariatric Surgery: Indications, Techniques and Outcomes - A Comprehensive Review. *International Journal of Medical Sciences And Clinical Research.* 2025;5(05):105-110.
30. Jumaev N, Teshaev O, Lim I, Kurbanov G. Calibration Bougie Size Selection in Sleeve Gastrectomy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Obesity Surgery.* 2025. DOI: 10.1007/s11695-025-08013-1.
31. Jumaev NA, Teshaev OR, Kurbanov GI, Juraev JZ, Lim II, Lekomseva MJ. Postoperative Management of Patients After Bariatric Surgery. *Central Asian Journal of Medicine.* 2025;(5):83-87.
32. Ризаев Ж.А., Негматов Г.М. Организация травматологической помощи в Узбекистане: современное состояние и перспективы. *Организация здравоохранения.* 2023;(4):156-163.
33. Webster J, Liu Z, Norman K, et al. Cost-effectiveness of negative pressure wound therapy in open fractures: systematic review. *J Orthop Trauma.* 2023;37(8):e321-e329.
34. Азимов Р.К., Муминов Ш.М., Хакимов М.А. Реабилитация пациентов после травм верхних конечностей. Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. 2023;100(3):67-74.
35. Hohendorff J, Franzen K, Lorentzen T, et al. Negative pressure wound therapy-assisted dermatotraction for closure of large wounds. *Int Wound J.* 2023;20(4):1234-1245.

Поступила 20.09.2025