

А.М. КУЗЬМИНОВ <sup>1</sup>, С.А. ФРОЛОВ <sup>1</sup>, Д.В. ВЫШЕГОРОДЦЕВ <sup>1</sup>,  
В.Ю. КОРОЛИК <sup>1</sup>, Н.В. ТУКТАГУЛОВ <sup>1</sup>, М.А. СУХИНА <sup>1</sup>,  
И.В. ВОРОБЬЕВА <sup>2</sup>



## ПЕРВЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ АРГОНОВОЙ ПЛАЗМЫ В ЛЕЧЕНИИ РАН ПОСЛЕ ОТКРЫТОЙ ГЕМОРРОИДЭКТОМИИ

Национальный медицинский исследовательский центр колопроктологии  
им. А.Н. Рыжих Минздрава России <sup>1</sup>, г. Москва,  
Федеральный научно-исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии  
имени почетного академика Н.Ф. Гамалеи <sup>2</sup>, г. Москва,  
Российская Федерация

**Цель.** Изучить действие низкотемпературной аргоновой плазмы в лечении ран после открытой геморроидэктомии.

**Материал и методы.** 30 пациентов с комбинированным геморроем 4 ст. включены в исследование и рандомизированы в основную и контрольную группы. Группы по возрасту и полу были однородные. Пациентам выполнена открытая геморроидэктомия при помощи монополярной электрокоагуляции. После операции в основной группе в качестве физиотерапевтического лечения ран применялась низкотемпературная аргоновая плазма (НАП). Цитологическое и бактериологическое исследование с поверхности раны проводилось на 2, 4, 6, 8, 14, 21, 30-й дни. Оценка болевого синдрома проводилась при помощи визуально-аналоговой шкалы (ВАШ от 0 до 10 баллов). Качество жизни оценивалось до операции, на 8-й и 30-й дни с использованием анкеты SF-36.

**Результаты.** К 30-му дню заживление ран в основной группе отмечено у 12 (80%) больных, в контрольной лишь у 3 (20%) ( $p=0,003$ ). На 8-й и 14-й день после операции по данным цитологического исследования у пациентов основной группы определялись первые признаки репарации раны, тогда как в контрольной только признаки воспаления. На 21-й день у больных основной группы появились клетки эпителия, у пациентов контрольной группы определялись признаки репарации раны. На 21-й день в основной и контрольной группах количество грамотрицательных бактерий составляло  $10^5$  и  $10^7$  КОЕ ( $p<0,05$ ), а грампозитивных –  $10^7$  и  $10^8$  КОЕ, ( $p>0,05$ ). На 6-й день уровень болевого синдрома в основной группе составлял 4 балла, в контрольной – 6 баллов ( $p=0,01$ ). При изучении качества жизни пациентов на 8-й и 30-й день была получена достоверная разница при оценке физического компонента ( $p<0,05$ ), при оценке психологического компонента достоверных различий не получено ( $p<0,05$ ).

**Заключение.** Применение НАП приводит к ускорению заживления раны, снижению выраженности болевого синдрома.

*Ключевые слова:* геморрой, геморроидэктомия, низкотемпературная аргоновая плазма, плазменный поток, плазменный скальпель, заживление раны

**Objective.** To study the effect of low-temperature argon plasma in the wound treatment after open hemorrhoidectomy.

**Methods.** The patients ( $n=30$ ) with combined grade IV hemorrhoids were included in the study and randomized into the main and control groups. The age and gender in both groups were homogeneous.

Patients underwent the open hemorrhoidectomy using monopolar electrocoagulation during the postoperative period. Cold atmospheric plasma (CAP) was used as an addition physiotherapy in the main group. Cytological and bacteriological examination taken from the surface of the wound was carried out on days 2<sup>nd</sup>, 4<sup>th</sup>, 6<sup>th</sup>, 8<sup>th</sup>, 14<sup>th</sup>, 21<sup>st</sup>, 30<sup>th</sup>. Visual analogue scale (VAS, 0 to 10 points) was used to determine pain syndrome. Quality of life was assessed before surgery, on the 8<sup>th</sup> and 30<sup>th</sup> days since using the SF-36 questionnaire.

**Results.** By the 30<sup>th</sup> day, wound healing in the main group had occurred in 12/15 (80%) patients versus only 3/15 (20%) in the control group ( $p=0.003$ ). On the 8<sup>th</sup> day after surgery the first signs of wound repair were determined in the main group, while only the signs of inflammation were detected in the control group according to the cytological study. On the 21<sup>st</sup> day the epithelial cells appeared in the main group versus wound repair process in the control group. On the 21<sup>st</sup> day the number of gram-negative bacteria was 105 versus 107 CFU,  $p<0.05$ , respectively) and the number of gram-positive bacteria was 107 CFU versus 108, ( $p>0.05$ ) in the main and control groups, respectively. One established a reliable difference in the microbial load of gram-negative bacteria in the CAP and control groups ( $10^5$  versus  $10^7$  CFU,  $p<0.05$ , respectively). Microbial load of gram-positive bacteria in the CAP group was  $10^7$  CFU versus  $10^8$  in the control group ( $p>0.05$ ). On the 6<sup>th</sup> day after surgery VAS score was 4 and 6 points, respectively ( $p=0,01$ ) in the main and control groups. Quality of life was measured on the 8<sup>th</sup> and 30<sup>th</sup> days after surgery. The reliable difference was found in the physical com-

ponent assessment ( $p < 0.05$ ). There were no relevant differences in levels of psychological component between groups ( $p > 0.05$ ).

**Conclusion.** CAP application leads to accelerated wound healing and reduction of pain syndrome which has been observed.

*Keywords:* hemorrhoids, hemorrhoidectomy, cold argon plasma, plasma scalpel, plasma flow, wound healing

**Novosti Khirurgii. 2020 Jul-Aug; Vol 28 (4): 543-550**  
**The First Experience of Low-Temperature Argon Plasma Application in the Treatment of Wounds after Open Hemorrhoidectomy**  
A.M. Kuz'minov, S.A. Frolov, D.V. Vyshegorodtsev, V.Yu. Korolik, N.V. Tuktagulov, M.A. Sukhina, I.V. Vorobyeva

The articles published under CC BY NC-ND license



### Научная новизна статьи

Впервые выявлено действие низкотемпературной аргоновой плазмы в лечении ран после открытой геморроидэктомии. Установлено, что действие низкотемпературной аргоновой плазмы способствует ускорению заживления раны, снижению уровня болевого синдрома, а также оказывает антибактериальное действие на клинически значимые микроорганизмы.

### What this paper adds

Firstly, the effect of low-temperature argon plasma in the treatment of wounds after open hemorrhoidectomy has been revealed. The healing effects of low-temperature plasma treatment on wounds after open hemorrhoidectomy, diminution of pain syndrome level and an antibacterial effect on clinically significant microorganisms have been established.

## Введение

Геморрой – наиболее частая причина обращения пациентов к колопроктологу. В России заболеваемость геморроем составляет 130-145 человек на 1000 взрослого населения, а удельный вес в структуре колопроктологических заболеваний толстой кишки колеблется от 34 до 41 % [1]. Несмотря на усовершенствование медицинского инструментария и техники выполнения оперативного вмешательства, у пациентов после хирургического лечения образуются послеоперационные раны, сроки заживления которых остаются длительными. Все это связано с постоянным обсеменением раны кишечной микрофлорой, которая зачастую резистентна к антибактериальным препаратам, а постоянное воспаление увеличивает отек и усиливает выраженность болевого синдрома в послеоперационном периоде. В связи с этим возрастает актуальность применения физических методов для ускорения заживления ран. В настоящее время известно множество различных физических методов лечения послеоперационных ран, однако в последнее время обращает на себя внимание применение низкотемпературной аргоновой плазмы (НАП) [2, 3].

Отсутствие исследований применения НАП в лечении ран после проктологических операций послужило основанием для проведения данного исследования, целью которого является улучшение результатов лечения больных с комбинированным геморроем 4 стадии.

**Цель.** Изучить действие низкотемпературной аргоновой плазмы в лечении ран после открытой геморроидэктомии.

## Материал и методы

Гипотеза исследования: низкотемпературная аргоновая плазма ускоряет заживление послеоперационных ран.

Критерии включения:

комбинированный геморрой 4 стадии;  
выполнение операции открытой геморроидэктомии при помощи монополярной электрокоагуляции;  
возраст пациентов 18 лет и старше;  
согласие пациента с предложенным планом лечения.

критерии исключения:

выполнение оперативного вмешательства любым другим методом;  
отказ пациента от участия в исследовании на любом этапе, в том числе невыполнение рекомендаций.

Первичная точка исследования – скорость заживления послеоперационной раны (количество пациентов, у которых заживление раны произошло на 30-й день).

Расчет силы исследования: при 80% мощности исследования, 95% доверительном интервале, ожидаемой величине эффекта 31%, по данным литературы произведен расчет размеров выборки – 2 группы по 38 человек.

Исследование проспективное, двухгрупповое, рандомизацию 1:1 производили при помощи Интернет-ресурса RandStuff.ru.

В исследовании использовали классификацию и определение геморроя согласно национальным клиническим рекомендациям.

Геморрой – патологическое увеличение геморроидальных узлов (внутренних узлов – внутренний геморрой, наружных узлов – наружный

геморрой). Комбинированный геморрой – увеличение одновременно наружных и внутренних геморроидальных узлов [1, 4].

Для оценки раневого процесса использовалась классификация по М.И. Кузину: 1-я фаза – фаза воспаления, которая делится на период сосудистых изменений и период очищения раны, 2-я фаза – фаза регенерации, образования и созревания грануляционной ткани, 3-я фаза – фаза образования и реорганизации рубца [5].

В Национальный медицинский исследовательский центр колопроктологии им. А.Н. Рыжих» Минздрава России с января 2019 по март 2019 поступило 32 пациента с геморроем 4 стадии, которые соответствовали критериям включения в исследование. У этих пациентов было получено информированное согласие на участие в исследовании. Всем пациентам в предоперационном периоде выполнялась колоноскопия, трансректальное ультразвуковое исследование. Пациентам выполнено оперативное вмешательство – открытая геморроидэктомия с

использованием монополярной электрокоагуляции. Больные рандомизированы по 16 человек в каждую группу. Из основной и контрольной групп было исключено по 1 пациенту в связи с нарушением протокола исследования (рис. 1).

Средний возраст больных составил 42 (33; 51) и 47 (35; 53) лет в основной и контрольной группах, соответственно ( $p=0,56$ ). В основной группе было 11 (63%) мужчин и 4 (37%) женщины, а в контрольной – 8 (53%) мужчин и 7 (43%) женщин ( $p=0,45$ ).

По антропометрическим данным, длительности оперативного лечения, срокам нахождения в стационаре исследуемые группы статистически не различались и были однородными, также отсутствовали значимые различия по показателям гемоглобина, тромбоцитов и сопутствующих заболеваний (таблица 1).

Пациентам основной группы помимо перевязок с растворами антисептиков и мазевыми повязками выполнялась обработка послеоперационной раны низкотемпературной аргоновой

Рис. 1. Схема рандомизированного исследования.

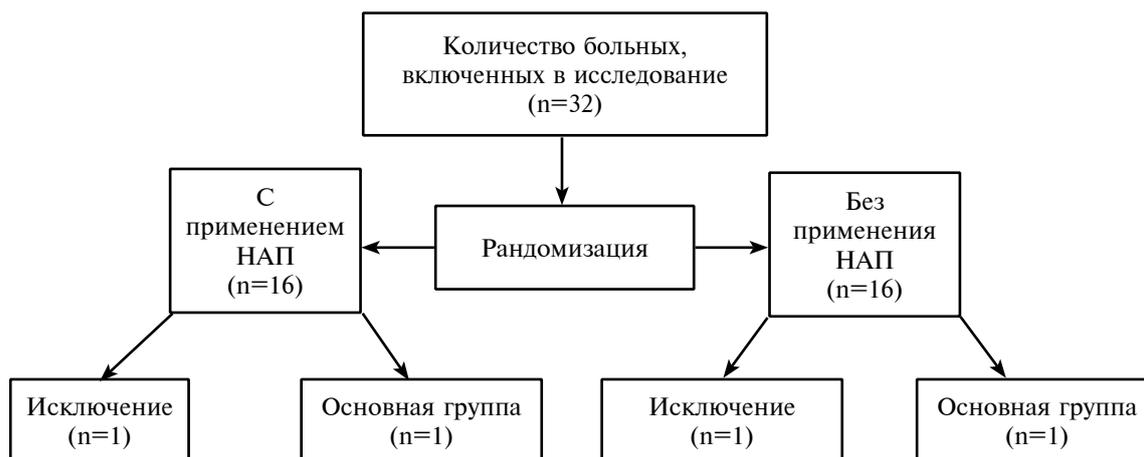


Таблица 1

**Предоперационные факторы, соматические заболевания**

	Основная группа (n=15)	Контрольная группа (n=15)	P
Пол:			
женщины	4 (37%)	7 (47%)	0,45
мужчины	11 (63%)	8 (53%)	
Возраст, лет	42 (33;51)	47 (35;53)	0,56
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	26 (23; 28)	26 (23; 27)	0,98
Койко-день, дней	7 (7; 8)	7 (7; 7)	0,78
Длительность операции, мин	20 (20;30)	25 (20;30)	0,34
Гемоглобин, г/л	139 (129; 147)	139 (131; 158)	0,35
Тромбоциты, 10 <sup>9</sup> /л	220 (202; 250)	222 (193; 254)	0,81
Гипертоническая болезнь	1 (7%)	5 (33%)	0,16
Сахарный диабет	0 (0%)	1 (7%)	1
Курение	3 (21%)	3 (21%)	1
Нарушение кровоснабжения н/конечностей	1 (7%)	3 (21%)	1
Хронический пиелонефрит	1 (7%)	0 (0%)	1

плазмой в течение 4 минут (сеанс проводился на 1-8, 14, 21, 30 день), тогда как пациентам контрольной группы обработка раны проводилась только с использованием растворов антисептиков и маевых повязок.

Обработка НАП выполнялась при помощи плазменно-дуговой установки для лечения ран «Плазморан». У данной установки имеется 6 режимов (A1, B1, A2, B2, A3, B3). Буква А обозначает режим с меньшей электрической энергией плазмы, буква В — с большей. Цифрами обозначено количество расхода газа. Раневая поверхность обрабатывается раствором антисептика, высушивается. Аппарат «Плазморан» включается в режиме В2. Расстояние от сопла плазмотрона до раневой поверхности в 1-ю фазу раневого процесса составляло 15 см, во 2-ю и 3-ю фазы — 25 см. Обработка раны проводилась на протяжении 4 минут.

Оценку раневого процесса осуществляли на 2, 8, 14, 21, 30-й день при помощи цитологического исследования мазков отпечатков с поверхности послеоперационных ран. Площадь раны высчитывали с помощью компьютерной программы Ip\_square50. Скорость заживления и изменения площади раны рассчитывали используя формулу В.С. Песчанского [1] и А.Е. Троицы [2] (2, 8, 14, 21, 30 дни)[5].

Формула В.С. Песчанского

$$S=(S_0-S_t)/S_0*100 \quad [1],$$

$S_0$  — начальная площадь раны;  $S_t$  — площадь раны в день ее измерения.

Формула А.Е. Троицы

$$V=(S_0-S_t)/n \quad [2],$$

$S_0$  — начальная площадь раны;  $S_t$  — площадь раны в день ее измерения;  $n$  — число дней.

До и после обработки раневой поверхности НАП брали посев на микробиологическую флору (2, 8, 14, 21, 30-й день). Качество жизни изучали при помощи опросника SF-36 (до операции, 8 и 30 день), а болевой синдром — с использованием визуальной аналоговой шкалы боли (1-8, 14, 21, 30-й дни).

### Статистика

Данные представлены в виде медианы (Me), верхнего и нижнего квартилей (UQ;LQ) и максимума и минимума (max — min). При сравнении двух групп использовали критерий Манна-Уитни. Частоты оценивали с помощью критерия Фишера. Статистический анализ проводили в программе Statistica 13.3 ТУВСО, США.

### Результаты

Срок заживления раны оценивался визуальным осмотром, пальцевым обследованием и подтверждался цитологическим исследованием. К 30-му дню заживление ран в основной группе отмечено у 12 (80%) пациентов, тогда как в контрольной лишь у 3 (20%) больных ( $p=0,003$ ).

На 2-й день после операции цитоморфологическая картина была схожа в обеих группах и представлена клеточными элементами крови и нитями фибрина, что говорит о 1-й фазе раневого процесса.

На 8, 14-й день после операции у пациентов основной группы воспалительный инфильтрат был представлен элементами воспаления преимущественно нейтрофильного характера, также появились одноядерные гистиоциты (фагоцитирующие и нефагоцитирующие) и фибробласты, что указывает на начальные признаки репарации раны и перехода процесса заживления раны во 2-ю фазу раневого процесса. У пациентов контрольной группы на 8, 14-й день после операции в мазках и отпечатках присутствовали в большом количестве только элементы воспаления нейтрофильного характера, что свидетельствует о замедлении процесса очищения раны.

На 21-й день после операции у пациентов основной группы количество элементов воспаления значительно снизилось, сохранялись фибробласты и гистиоциты. В отделяемом раны появились клетки незрелого плоского эпителия, что указывает на начало эпителизации послеоперационной раны и перехода процесса в 3-ю фазу. У пациентов контрольной группы на 21-й день после операции цитоморфологические образцы были представлены элементами воспаления нейтрофильного характера в большом количестве и гистиоцитами (одноядерными и многоядерными).

На 30-й день после операции у пациентов основной группы в соскобах послеоперационной раны определялись клетки незрелого и зрелого плоского эпителия, что указывает на эпителизацию раны, воспалительная раневая реакция полностью отсутствует. У пациентов контрольной группы на 30-й день после операции воспалительный компонент сохранялся, что свидетельствует о замедлении процесса заживления раны.

При оценке площади послеоперационной раны на 2-й и 8-й день достоверных различий между группами не было, а к 21-му дню разница между показателями была статистически достоверной и составляла  $0,6 \text{ см}^2$  в основной группе и  $0,9 \text{ см}^2$  в контрольной ( $p=0,02$ ) (рис. 2).

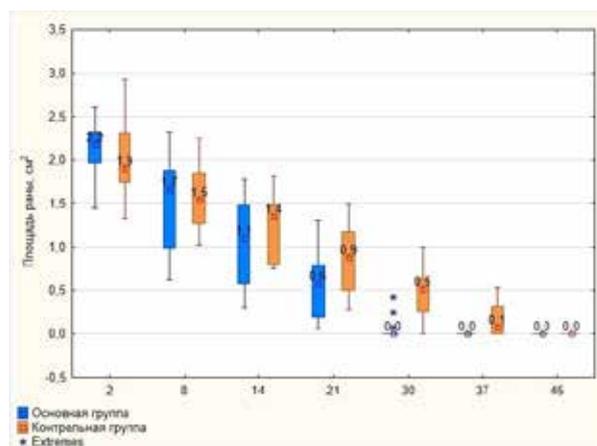


Рис. 2. Площадь послеоперационной раны.

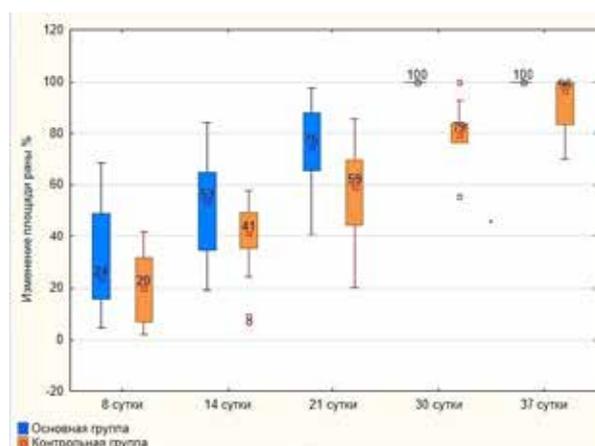


Рис. 3. Изменение площади раны.

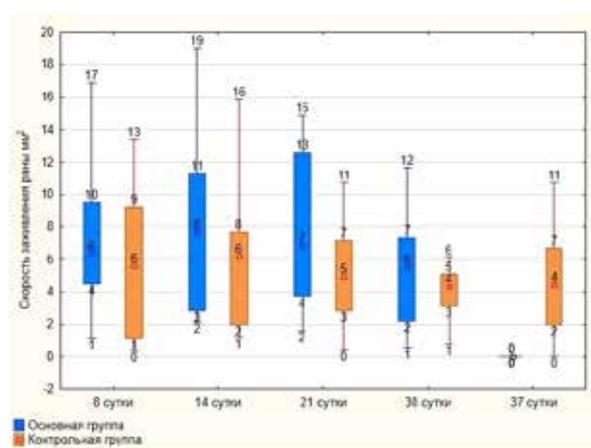


Рис. 4. Скорость заживления раны.

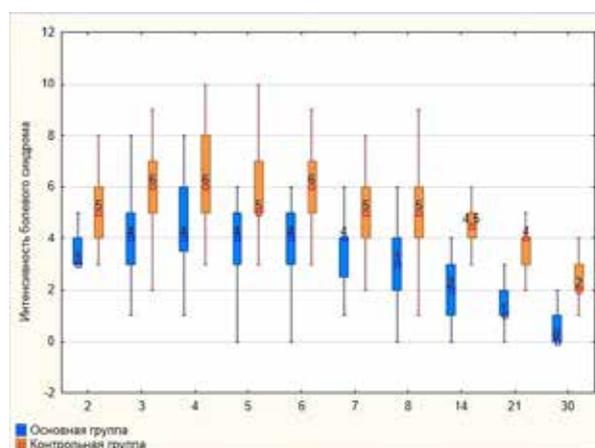


Рис. 5. Интенсивность болевого синдрома

Изменение площади раны не отличалось на 2-й и 8-й день. Достоверное различие было достигнуто на 21-й день ( $p=0,03$ ). К 21-му дню площадь раны уменьшилась у пациентов основной группы на 75% и на 59% у пациентов контрольной группы (рис. 3).

Начиная с 14-го дня в основной группе скорость заживления раны была выше и составила 8 мм<sup>2</sup>/сутки, тогда как в контрольной лишь 6 мм<sup>2</sup>/сутки, однако, статистически значимые различия отсутствовали ( $p>0,05$ ) (рис. 4).

При оценке микробного титра на 2 день значимых различий между группами не было. В основной и контрольной группах количество грамотрицательных и грампозитивных бактерий составляло 10<sup>7</sup> и 10<sup>5</sup> КОЕ, 10<sup>7</sup> и 10<sup>6</sup> КОЕ соответственно ( $p>0,05$ ). На 8-й день после операции у пациентов основной группы до и после обработки НАП количество грамотрицательных бактерий составляло 10<sup>8</sup> и 10<sup>4</sup> КОЕ ( $p<0,05$ ), грампозитивных составляло 10<sup>7</sup> КОЕ и 10<sup>6</sup> КОЕ ( $p>0,05$ ). На 21-й день в основной и контрольной группах количество грамотрицательных бактерий составляло 10<sup>5</sup> и 10<sup>7</sup> КОЕ ( $p<0,05$ ), а грампозитивных 10<sup>7</sup> КОЕ и 10<sup>8</sup> КОЕ, ( $p>0,05$ ).

При оценке болевого синдрома начиная с 6-го дня отмечались статистически достоверные различия в снижении уровня болевого синдрома между группами. Уровень болевого синдрома в основной группе составлял 4 балла, а в контрольной 6 баллов ( $p=0,01$ ) (рис. 5). Это связано со снижением воспаления и отека тканей в ране, а также с уменьшением микробной обсемененности раны.

При анализе качества жизни до операции были получены статистически достоверные различия между группами в разделе физического компонента, группы значимо не различались при оценке психологического компонента. При изучении качества жизни пациентов на 8-й и 30-й день была получена достоверная разница при оценке физического компонента, тогда как статистически значимых различий при оценке психологического компонента не было (таблица 2).

### Обсуждение

В 1928 году американские ученые I. Langmuir et al. впервые написали о плазме как о четвертом агрегатном состоянии вещества, из-

Таблица 2

**Оценка качества жизни (SF-36) до операции, на 8 и 30 день после операции**

	Основная группа (n=15), медиана (квартиль) (min/max)	Контрольная группа (n=15), медиана (квартиль) (min/max)	P
Физический компонент (до операции)	49 (44; 53) (42-57)	40 (37; 47) (35-53)	0,003
Психологический компонент (до операции)	41 (38; 43) (35-49)	42 (37; 46) (29-56)	0,62
Физический компонент (8 день)	43 (36; 50) (32-50)	37 (34; 41) (31-48)	0,03
Психологический компонент (8 день)	43 (41; 47) (37-49)	45 (37; 48) (29-59)	1
Физический компонент (30 день)	51 (44; 54) (42-57)	39 (37; 43) (32-49)	0,0002
Психологический компонент (30 день)	39 (37; 41) (35-44)	40 (37; 46) (30-48)	0,2

начально была получена высокотемпературная аргоновая плазма, которую использовали для стерилизации медицинского инструментария и имплантов, рассечения тканей, коагуляции сосудов [6]. В последующем исследователям удалось получить низкотемпературную аргоновую плазму, которую стало возможно применять на тканях человеческого организма без повреждающего действия на них.

Предыдущие исследования показывают, что НАП обладает выраженным антибактериальным эффектом как в отношении грамнегативных, так и грампозитивных микроорганизмов [7, 8, 9]. Также авторами описано более сильное действие в отношении грамнегативных бактерий [9]. Данный эффект достигается за счет активных форм кислорода, пероксида водорода, УФ-излучения и озона [10, 11]. Наше исследование также показало антибактериальное действие в отношении клинически значимых микроорганизмов, особенно в отношении грамнегативных (на 21-й день после операции титр у пациентов основной группы составил  $10^5$  КОЕ, а у больных контрольной группы –  $10^7$  КОЕ,  $p < 0,05$ ).

A.Chuangsuwanich et al. провели проспективное рандомизированное исследование, в котором НАП применялась для лечения пролежней различной локализации. В исследовании принимали участие 50 пациентов, которые поровну были разделены на основную и контрольную группы [2]. Пациентам в качестве лечения назначались антисептические растворы и различные антибактериальные и ранозаживляющие повязки, а пациентам основной группы в качестве дополнительного лечения назначались НАП 1 раз в неделю. Через 4 недели площадь раны в основной группе уменьшилась у 88% (23 пациента), тогда как в контрольной группе лишь у 26,1% (3 пациента) ( $p < 0,001$ ).

Первые результаты настоящего исследования показали, что применение низкотемпературной аргоновой плазмы способствует ускорению заживления раны к 30-му дню на 60%.

Было отмечено снижение болевого синдрома, что, вероятнее, связано с уменьшени-

ем числа микроорганизмов, участвующих в воспалении тканей, а также с влиянием УФ-излучения, которое, как известно, обладает анальгезирующим действием.

### Заключение

НАП способствует ускорению процесса заживления раны, снижению уровня болевого синдрома, снижению микроорганизмов на поверхности раны. В данном исследовании впервые оценивалось действие НАП в лечении ран после общепроктологических заболеваний.

Мы получили статистически достоверную разницу между основной и контрольной группами, однако, группы были неоднородные, для получения однородности групп необходимо провести дальнейший набор пациентов.

### Финансирование

Исследование выполнялось в соответствии с планом Национального медицинского центра колопроктологии им. А.Н. Рыжих МЗ РФ.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Этические аспекты

Протокол рандомизированного исследования 120 от 15.11.19 был рассмотрен и утвержден на заседании локального этического комитета Государственного научного центра колопроктологии им. А.Н. Рыжих, г. Москва.

Исследование было зарегистрировано на сайте Clinical trials.gov (NCT03907306).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Шельгин ЮА, Благодарный ЛА, ред. Справочник по колопроктологии. Москва, РФ: Литтера; 2012. 596 с.
2. Chuangsuwanich A, Assadamongkol T, Boonyawan D. The Healing effect of low-temperature atmospheric-

pressure plasma in pressure ulcer: a randomized controlled trial. *Int J Low Extrem Wounds*. 2016 Dec;15(4):313-19. doi: 10.1177/1534734616665046

3. Шулутко АМ, Османов ЭГ, Гогохия ТР, Лаженицын АИ. Стратегия применения плазменно-дугового оборудования в гнойной хирургии. *Москов Хирург Журн*. 2011;(5):34-38.

4. Воробьев ГИ, Шельгин ЮА, Благодарный ЛА. Геморрой: рук. Москва, РФ: Литтера; 2010. 200 с.

5. Кузин МИ. Раны и раневая инфекция: рук для врачей. Москва: Медицина; 1990: 592 с.

6. Friedman G, Gutsol A, Shekhter AV, Vasilets VN, Fridman A. Applied plasma medicine. *Plasma Process Polymers*. 2008;5(6):503-33. doi: 10.1002/ppap.20070015

7. Traba C, Liang JF. The inactivation of *Staphylococcus aureus* biofilms using low-power argon plasma in a layer-by-layer approach. *Biofouling*. 2015;31(1):39-48. doi: 10.1080/08927014.2014.995643

8. Joshi SG, Cooper M, Yost A, Paff M, Ercan UK, Fridman G, Friedman G, Fridman A, Brooks AD. Nonthermal dielectric-barrier discharge plasma-induced inactivation involves oxidative DNA damage and membrane lipid peroxidation in *Escherichia coli*. *Antimicrob Agents Chemother*. 2011 Mar;55(3):1053-62. doi: 10.1128/AAC.01002-10

9. Mai-Prochnow A, Clauson M, Hong J, Murphy AB. Gram positive and Gram negative bacteria differ in their sensitivity to cold plasma. *Scientific Reports*. 2016 Dec;6:38610. doi: 10.1038/srep3861

10. Wende K, Bekeschus S, Schmidt A, Jatsch L, Hasse S, Weltmann KD, Masur K, von Woedtke T. Risk assessment of a cold argon plasma jet in respect to its mutagenicity. *Mutat Res Genet Toxicol Environ Mutagen*. 2016 Mar;798-99:48-54. doi: 10.1016/j.mrgentox.2016.02.003

11. Moisan M, Barbeau J, Moreau S, Pelletier J, Tabrizian M, Yahia LH. Low-temperature sterilization using gas plasmas: a review of the experiments and an analysis of the inactivation mechanisms. *Int J Pharm*. 2001 Sep 11;226(1-2):1-21. doi: 10.1016/s0378-5173(01)00752-9

#### REFERENCES

1. Shelygin JuA, Blagodarnyj LA, red. Spravochnik po

#### Адрес для корреспонденции

123154, Российская Федерация,  
г. Москва, ул. Салыма Адила, д. 2,  
Национальный медицинский  
исследовательский центр  
колопроктологии им. А.Н. Рыжих  
Минздрава России,  
отделение общей колопроктологии  
с группой изучения семейного аденоматоза,  
тел.: 8 926 188-31-29,  
e-mail: dr.tuktagulov@gmail.com,  
Туктагулов Никита Владимирович

#### Сведения об авторах

Кузьминов Александр Михайлович, д.м.н., профессор, руководитель отдела общей колопроктологии с группой изучения семейного аденоматоза толстой кишки, Национальный меди-

колопроктологии. Moscow, RF: Littera; 2012. 596 p. (In Russ.)

2. Chuangsuwanich A, Assadamongkol T, Boonyawan D. The Healing effect of low-temperature atmospheric-pressure plasma in pressure ulcer: a randomized controlled trial. *Int J Low Extrem Wounds*. 2016 Dec;15(4):313-19. doi: 10.1177/1534734616665046

3. Shulutko AM, Kachikin AS, Yasnogorodsky OO, Aldykin MV, Gandybina EG, Semikov VI, Vinarskaya VA. The use of the plasmajet system in chest surgery. *Moskov Hirurg Zhurn*. 2011;(5):34-38. (In Russ.)

4. Vorob'ev GI, Shelygin JuA, Blagodarnyj LA. Gemorroj: ruk. Moscow, RF: Littera; 2010. 200 p. (In Russ.)

5. Kuzin MI. Rany i ranevaja infekcija: ruk dlja vrachej. Moscow: Medicina; 1990: 592 p. (In Russ.)

6. Friedman G, Gutsol A, Shekhter AV, Vasilets VN, Fridman A. Applied plasma medicine. *Plasma Process Polymers*. 2008;5(6):503-33. doi: 10.1002/ppap.20070015

7. Traba C, Liang JF. The inactivation of *Staphylococcus aureus* biofilms using low-power argon plasma in a layer-by-layer approach. *Biofouling*. 2015;31(1):39-48. doi: 10.1080/08927014.2014.995643

8. Joshi SG, Cooper M, Yost A, Paff M, Ercan UK, Fridman G, Friedman G, Fridman A, Brooks AD. Nonthermal dielectric-barrier discharge plasma-induced inactivation involves oxidative DNA damage and membrane lipid peroxidation in *Escherichia coli*. *Antimicrob Agents Chemother*. 2011 Mar;55(3):1053-62. doi: 10.1128/AAC.01002-10

9. Mai-Prochnow A, Clauson M, Hong J, Murphy AB. Gram positive and Gram negative bacteria differ in their sensitivity to cold plasma. *Scientific Reports*. 2016 Dec;6:38610. doi: 10.1038/srep3861

10. Wende K, Bekeschus S, Schmidt A, Jatsch L, Hasse S, Weltmann KD, Masur K, von Woedtke T. Risk assessment of a cold argon plasma jet in respect to its mutagenicity. *Mutat Res Genet Toxicol Environ Mutagen*. 2016 Mar;798-99:48-54. doi: 10.1016/j.mrgentox.2016.02.003

11. Moisan M, Barbeau J, Moreau S, Pelletier J, Tabrizian M, Yahia LH. Low-temperature sterilization using gas plasmas: a review of the experiments and an analysis of the inactivation mechanisms. *Int J Pharm*. 2001 Sep 11;226(1-2):1-21. doi: 10.1016/s0378-5173(01)00752-9

12. Moisan M, Barbeau J, Moreau S, Pelletier J, Tabrizian M, Yahia LH. Low-temperature sterilization using gas plasmas: a review of the experiments and an analysis of the inactivation mechanisms. *Int J Pharm*. 2001 Sep 11;226(1-2):1-21. doi: 10.1016/s0378-5173(01)00752-9

#### Address for correspondence

123154, Russian Federation,  
Moscow, Salyam Adil str., 2,  
A.N. Ryzhikh National Medical  
Research Center of Coloproctology  
of the Ministry of Health of Russia,  
Department of General Coloproctology  
with a Group Studying Familial the Colon  
Adenomatosis,  
tel.: 8 926 188-31-29,  
e-mail: dr.tuktagulov@gmail.com,  
Tuktagulov Nikita V.

#### Information about the authors

Kuzminov Alexander M., MD, Professor, Head of the Department of General Coloproctology with a Group Studying Familial Colon Adenomatosis, A.N. Ryzhikh National Medical Research Center of Coloproctology

цинский исследовательский центр колопроктологии им. А.Н. Рыжих Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0002-7544-4752>.

Фролов Сергей Алексеевич, д.м.н., заместитель директора, Национальный медицинский исследовательский центр колопроктологии им. А.Н. Рыжих Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0002-4697-2839>.

Вышегородцев Дмитрий Вячеславович, к.м.н., старший научный сотрудник отдела общей проктологии с группой изучения семейного аденоматоза, Национальный медицинский исследовательский центр колопроктологии им. А.Н. Рыжих Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0001-6679-1843>

Королик Вячеслав Юрьевич, к.м.н., научный сотрудник отдела общей проктологии с группой изучения семейного аденоматоза, Национальный медицинский исследовательский центр колопроктологии им. А.Н. Рыжих Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0003-2619-5929>

Туктагулов Никита Владимирович, аспирант кафедры колопроктологии, Национальный медицинский исследовательский центр колопроктологии им. А.Н. Рыжих Минздрава России, Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0001-7823-8770>

Сухина Марина Алексеевна, к.м.н., руководитель отдела изучения микробиологических и иммунологических исследований, Национальный медицинский исследовательский центр колопроктологии им. А.Н. Рыжих Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0003-4795-0751>.

Воробьева Ирина Валерьевна, к.м.н., старший научный сотрудник, Федеральный научно-исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени почетного академика Н.Ф. Гамалеи, г. Москва, Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0003-1153-4510>

of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0002-7544-4752>.

Frolov Sergey A., MD, Deputy Director, A.N. Ryzhikh National Medical Research Center of Coloproctology of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0002-4697-2839>.

Vyshegorodtsev Dmitry V., PhD, Senior Researcher of the Department of General Coloproctology with a Group Studying Familial Colon Adenomatosis, A.N. Ryzhikh National Medical Research Center of Coloproctology of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0001-6679-1843>

Korolik Vyacheslav Yu., PhD, Researcher of the Department of General Coloproctology with a Group Studying Familial Colon Adenomatosis, A.N. Ryzhikh National Medical Research Center of Coloproctology of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0003-2619-5929>

Tuktagulov Nikita V., Post-Graduate Student of the Coloproctology Department, A.N. Ryzhikh National Medical Research Center of Coloproctology of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0001-7823-8770>

Sukhina Marina A., PhD, Head of the Department of Studying Microbiological and Immunological Researches, A.N. Ryzhikh National Medical Research Center of Coloproctology of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0003-4795-0751>.

Vorojebva Irina V., PhD, Senior Researcher, N.F. Gamaleya Federal Research Center of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0003-1153-4510>

#### Информация о статье

*Поступила 5 февраля 2020 г.*

*Принята в печать 12 октября 2020 г.*

*Доступна на сайте 1 ноября 2020 г.*

#### Article history

*Arrived: 5 February 2020*

*Accepted for publication: 12 October 2020*

*Available online: 1 November 2020*