

## Экспериментальная апробация метода программной барботажной санации ран

А.А. АНДРЕЕВ, А.А. ГЛУХОВ, С.В. ЛОБАС, А.П. ОСТРОУШКО

Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, ул. Студенческая, д.10, Воронеж, 394036, Российская Федерация

*Лечение ран остается актуальной мультидисциплинарной проблемой хирургии, требующей новых высокоэффективных подходов, направленных, в том числе, на снижение рисков развития инфекционных осложнений и косметических дефектов. Цель исследования – разработка метода программной барботажной санации лечения ран мягких тканей и изучение эффективности его применения в эксперименте. Исследования проведены на 192 половозрелых самцах белых крыс в 2-х блоках исследования.*

**Материалы и методы** Исследования в первом и втором блоках были направлены на изучение влияния программной барботажной санации на течение раневого процесса в асептических и гнойных ранах, соответственно. В контрольных группах лечение раневого процесса осуществляли путем наложения асептических повязок. В опытных группах дополнительно проводилась программная барботажная санация в 0,9% растворе натрия хлорида в течение 3-х минут.

Проведение сеансов программной барботажной санации осуществлялось при помощи специального устройства, работа которого основана на сочетанном применении газо- и гидродинамических воздействий путем пропускания через раствор пузырьков газа, которые, соприкасаясь с раневой поверхностью, позволяют повысить качество санации, способствуют улучшению кровообращения. Для оценки течения раневого процесса при проведении экспериментальных исследований проводились клинические, планиметрические, гистологические и гистохимические методы.

**Результаты и их обсуждение** Применение метода ПБС при асептических ранах позволило ускорить купирование отека и гиперемии более чем на 20%, сократить сроки экссудации на 50% по сравнению с контрольной группой. При лечении гнойных ран метод ПБС позволил ускорить смену фаз гидратации и дегидратации в среднем в 1,5-2 раза. При изучении гистоархитектоники мягких тканей в контрольной группе отмечалось удлинение сроков воспалительной фазы заживления ран, длительное сохранение очагов некроза в мышечном слое и неравномерное развитие и созревание грануляционной ткани, применение барботажной санации приводило к более быстрому и полному очищению ран от микроорганизмов и продуктов распада тканей, к равномерному развитию полноценной грануляционной ткани и более раннему закрытию раневого дефекта.

**Вывод** Проведенные экспериментальные исследования показали безопасность и эффективность применения программной барботажной санации (ПБС) в лечении асептических ран мягких тканей

**Ключевые слова:** программная барботажная санация, раны мягких тканей.

## Experimental Method Application Software of the Bubbling Debridement of Wounds

A. A. ANDREEV, A. A. GLUKHOV, S. V. LOBAS, A.P. OSTROUSHKO

N. N. Burdenko Voronezh state medical University, 10 Studencheskaia Str., Voronezh, 394036, Russian Federation

*The treatment of wounds remains a pressing multidisciplinary problem surgery that requires new high throughput approaches including, reduction of risks of infectious and cosmetic defects.*

**The purpose of the study** was to develop a method into a software of rehabilitation treatment of wounds soft tissue and studying its efficiency in the experiment. The studies were performed on 192 male albino rats in 2 units of study.

**Materials and methods** Research in first and second blocks was aimed at studying the impact of software bubble rehabilitation on the course of wound healing in aseptic and septic wounds, respectively. In control groups the treatment of wound process was carried out by applying aseptic dressings. In the main groups were conducted, additionally, software bubbling sanitation in 0.9% sodium chloride solution for 3 minutes.

Sessions of software bubble rehabilitation was carried out using a special device, which is based on the combined use of gas and hydrodynamic impacts by passing through a solution of gas bubbles that come into contact with the wound surface, enhance the quality of rehabilitation and improve circulation. For evaluating the course of the wound process in experimental research was conducted clinical, macroscopic, histological and histochemical methods.

**Results and their discussion** Application of the method of PBS under aseptic wounds accelerated the relief of edema and hyperemia more than 20%, reduce the period of exudation by 50% compared to the control group. In the treatment of purulent wounds of PBS method made it possible to accelerate the phase change of the hydration and dehydration on the average in 1,5-2 times. In the study of histoarchitectonic soft tissues in the control group it was observed the prolongation of the inflammatory phase of wound healing,

*long-term preservation of necrosis in the muscular layer and the nonuniform development and maturation of granulation tissue, the use of bubble rehabilitation led to more rapid and complete cleansing wounds from microorganisms and tissue breakdown products, to even development of granulation tissue and early closure of the wound.*

**Conclusion** *Experimental studies have shown the safety and efficacy of software bubble remediation (PBS) in the treatment of aseptic wounds of soft tissues.*

**Keywords:** *software bubbling debridement, soft tissue wound*

Комплексное лечение раневого процесса продолжает оставаться одной из актуальных проблем хирургии, что подтверждается высокой частотой встречаемости и отсутствием тенденции к уменьшению данной патологии, ростом травматизма (1, 4, 6, 14).

Увеличение частоты встречаемости антибиотикорезистентности микроорганизмов, иммунодепрессивных состояний, коморбитной патологии и другие причины приводят к замедлению репаративных процессов, нагноению ран, развитию сепсиса и полиорганной дисфункции, что существенно снижает эффективность лечения, увеличивая длительность госпитализации и стоимость лечения (12). Большое значение для реабилитации больного приобретают косметические и функциональные дефекты, возникающие, в частности, на фоне значительных повреждений, при осложненном течении раневого процесса (7).

В настоящее время, в комплексном лечении ран с успехом применяются различные современные методы, основанные на использовании вакуумных, гидропрессивных, ультразвуковых, криогенных, лазерных и других технологий, различных лекарственных форм и препаратов (1, 2, 8, 10). Но во многих работах подчеркивается важность поиска новых средств и методов лечения раневого процесса, стимуляции репаративных процессов, предупреждения развития и ликвидации раневой инфекции, с учетом современного уровня развития науки и техники (8, 9, 10, 11).

Таким образом, лечение ран остается актуальной мультидисциплинарной проблемой, требующей новых высокоэффективных подходов, направленных в том числе, на снижение рисков развития инфекционных и косметических дефектов (3, 5, 13, 15).

Цель исследования – разработка метода программной барботажной санации лечения ран мягких тканей и изучение эффективности его применения в эксперименте.

В качестве лабораторных животных использовались 192 половозрелых самца белых крыс массой 280-320 грамм, что было обусловлено их восприимчивостью к моделированию раневого процесса и удобством в обращении.

Экспериментальные исследования проведены в 2-х блоках исследования (табл. 1).

Первый блок исследований был направлен на изучение влияния программной барботажной санации на течение раневого процесса в асептических ранах. Первый блок включал две группы животных по 46 лабораторных животных: контрольную и опытную.

Моделирование асептической раны производилось по следующей методике: в асептических условиях под наркозом на предварительно выбранном участке тела (наружная поверхность средней трети бедра) после обработки антисептиком производили линейный разрез кожи длиной 1 см. Рассекали подкожную клетчатку, фасцию, мышцы. Мягкие ткани тупо разводили, края и дно раны раздавливали зажимом. После проведения гемостаза, рану закрывали асептической повязкой. Швы не накладывали. Лечение начинали сразу, в соответствии с определенными группами.

В контрольной группе животных лечение раневого процесса осуществляли путем наложения асептических повязок и их смены 2 раза в сутки с интервалом 8–10 часов. В опытной группе, кроме двукратной сме-

Таблица 1/ Table 1

*Экспериментальные группы первого и второго блоков исследования/ The experimental group of the first and second blocks of the study*

Группы/ Groups	Кол-во животных / Number animals	Характеристика группы/ Characteristic of the group
<b>Первый блок исследования/ The first unit of study</b>		
Контрольная / Control	48	Интактные животные/ Intact animals
Опытная/ Experienced	48	Программная барботажная санация 1 раз в сутки по 3 мин./ Software bubble rehabilitation of 1 times a day for 3 min.
<b>Второй блок исследования/ The second block of the study</b>		
Контрольная / Control	48	Смена асептических повязок 2 раза в сутки/ Change aseptic dressings 2 times a day
Опытная/ Experienced	48	Программная барботажная санация 1 раз в сутки по 3 мин. Смена асептических повязок 2 раза в сутки/ Software bubble rehabilitation 1 time a day for 3 min. Changing of aseptic dressings 2 times a day

**Объективные признаки течения раневого процесса  
в опытной и контрольной группах, сутки/ Objective evidence of a wound process  
in the experimental and control groups, day**

Группы исследования / Groups research	Характеристика групп исследования/ Characteristic of the groups research	Объективные признаки/ Objective evidence		
		Отек/ Edema	Гиперемия / Hyperemia	Экссудат <sup>1</sup> / Exudate <sup>1</sup>
Контрольная/ Control	Интактные животные/ Intact animals	2,2±0,3	1,8±0,6	2,7±0,4
Опытной/ Experienced	ПБС/SBR	1,8±0,3	1,5±0,4	1,8±0,3*

<sup>1</sup> – снижение количества экссудата до скудного/ reducing the amount of fluid to a meager;

\* - достоверность различий признаков по сравнению с контрольной группой p<0,05/ the significance of differences of characteristics in comparison with the control group p<0.05

ны повязок, проводилась программная барботажная санация в 0,9% растворе натрия хлорида в течение 3-х минут во время утренней перевязки.

Второй блок исследований был направлен на изучение эффективности программной барботажной санации при лечении гнойных ран и включал две группы по 46 животных: контрольную и опытную.

Моделирование гнойных ран производили по следующей методике. После воспроизведения асептического раневого процесса по схеме описанной выше в рану вносили марлевый тампон массой около 0,5 г с суточной культурой *St. aureus* в дозе 10<sup>10</sup> микробных тел в 1 мл 0,9% раствора натрия хлорида. На кожу накладывали 1-2 адаптационных шва шелковой нитью. На 1-е сутки после инфицирования – рана гиперемирована, отечна. На 2-е сутки – нарастание гиперемии и отечности, выделение серозно-гнойного экссудата, общие симптомы (слабость, отказ от пищи). На третьи сутки – обильное гнойное отделяемое, края раны разводили с извлечением марлевого тампона. К третьим суткам формировалась гнойная рана размером в среднем 1,0\*0,5 см. Лечение начинали на 3-и сутки после моделирования раны с эвакуации гноя и промывания раны. Затем проводили лечебные мероприятия в соответствии с планом экспериментов.

В контрольной группе лечение заключалось в смене повязок дважды в сутки с интервалом 8–10 часов. Использовали водный раствор хлоргексидина биглюконата 0,05%. В опытной группе во время утренней перевязки проводили сеанс программной барботажной санации в течение 3-х минут в 0,9% растворе натрия хлорида. Антибиотикотерапия и общее лечение в исследуемых группах не назначалась.

Проведение сеансов программной барботажной санации осуществляли при помощи специального устройства, разработанного на кафедре общей хирургии ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России. Работа устройства основано на сочетанном применении газо- и гидродинамических воздействий, путем пропускания через раствор пузырьков газа, которые соприкасаясь с раневой поверхностью, позволяют усилить механическое отделение плотных и вязких некротических масс, детрита, секвестров из очага воспаления или раневой поверхности, способствуют улучшению кровообращения.

Экспериментальные исследования проводили в строгом соответствии с существующими этическими нормами, принципами, изложенными в Европейской Конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях

Таблица 3/Table 3

**Динамика изменение площади ран животных  
в опытной и контрольной группах, мм<sup>2</sup>/ Dynamics of change in the area of wounds of animals  
in the experimental and control groups, mm<sup>2</sup>**

Группа/ исследования/ Group research	Характеристика групп исследования/ Characteristic of the groups research	Сроки после моделирования ран/ Time after modelling wound			
		Сразу/ Away	1 сутки/ 1 day	3 сутки/ 3 day	7 сутки/ 7 day
Контрольная/ Control	Интактные животные/ Intact animals	26,3±0,5	19,5±0,3 <sup>1</sup>	8,8±0,4 <sup>1</sup>	3,2±0,2 <sup>1</sup>
Опытной/ Experienced	ПБС/ SBR	25,9±0,4	13,3±0,5 <sup>1 2</sup>	6,2±0,5 <sup>1 2</sup>	1,8±0,4 <sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> - достоверность различий по сравнению с первыми сутками/ the significance of differences compared to the first day,

<sup>2</sup> - достоверность различий по сравнению с контрольной группой/ the significance of differences compared to the control group

*Динамика изменения площади ран в опытной и контрольной группах, % в сутки/ Changes in area of wounds in the experimental and control groups, % per day*

Группа исследования/ Group research	Характеристика групп исследования/ Characteristic of the groups research	Сроки после моделирования ран/ Time after modelling wound		
		1 сутки/ 1 day	1-3 сутки/ 1-3 day	3-7 сутки/ 3-7 day
Контрольная/ Control	Интактные животные/ Intact animals	25,7±1,7	27,6±0,4	15,8±0,4 <sup>1</sup>
Опытной/ Experienced	ПБС/ SBR	48,6±2,4 <sup>2</sup>	26,8±0,4 <sup>1</sup>	17,9±0,3 <sup>1 2</sup>

<sup>1</sup> - достоверность различий по сравнению с первыми сутками/ the significance of differences compared to the first day,

<sup>2</sup> - достоверность различий по сравнению с контрольной группой/ the significance of differences compared to the control group

(г. Страсбург, Франция, 18.03.1986 г.), Приказом Минздрава Российской Федерации от 19.06.2003 №267 «Об утверждении Правил лабораторной практики».

Полученные при проведении исследования цифровые данные приведены в соответствии с Международной системой СИ. При оформлении и проведении расчетов статистических данных использовали пакет прикладных компьютерных программ MS Excel 2007. Статистическую обработку производили с помощью вариационных методов статистики, критериев Стьюдента (достоверным считалось различие при  $p \leq 0,05$ ), Вилкоксона и Манна-Уитни (сравнение не связанных выборок), анализа Спирмена (оценка связи между признаками), для проверки гипотезы применяли критерий хи-квадрат.

### Материалы и методы

Для оценки течения раневого процесса при проведении экспериментальных исследований применяли клинические, планиметрические, гистологические и гистохимические методы. Учитывали следующие клинические проявления течения раневого процесса: характер воспалительной реакции, состояние краев и дна раны, сроки очищения от некротических тканей и появления грануляций, характер грануляционной ткани, сроки начала эпителизации ран, закрытие раневого дефекта, измерение площади ран и общее состояние животных.

Для изучения динамики морфологических изменений на 1, 3, 5 и 7-е сутки от начала лечения производили иссечение тканей единым блоком тканей, содержащих в центре исследуемую рану со всеми структурными элементами. Для гистологического исследования взятый материал фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина и для удаления лишней жидкости загружали в автомат для гистологической проводки АТ-4М. Полученные образцы заливали раствором Hystomix. Затем готовили парафиновые срезы толщиной 6 мкм, которые окрашивали гематоксилин-эозином и заключали в среду Biomount. Для проведения гистохимических исследований взятый материал замораживали в петролейном эфире, охлажденном жидким азотом. Срезы толщиной 12 мкм, полученные в криостате при  $-20^{\circ}\text{C}$ , помещали на 3 минуты в охлажденную до  $+4^{\circ}\text{C}$  смесь ацетона и хлороформа (1:1) для экстракции липидов. Активность щелочной фосфатазы выявляли с помощью  $\epsilon$ -нафтил-фосфата и соли диазония-прочного синего РР. Гистохимические препараты заключали в глицерин-желатину и хранили в темноте. При качественной оценке гистохимической реакции учитывали характер распределения выпавшего осадка. Число структур, активных по ЩФ определяли стереометрическим методом при увеличении объектива  $\times 40$  и окуляра  $\times 7$  с использованием окулярной сетки.

*Объективные признаки течения раневого процесса в опытной и контрольной группах исследования, сутки/ Objective evidence of the wound process in experimental and control groups of the study, day*

Группа исследования/ Group research	Характеристика групп/Characteristic of the groups	Некролиз/ Necrolysis	Гиперемия кожи/ Dermahemia	Отек/ Edema	Появление грануляций/ The appearance of granulation
Контрольная/ Control	Перевязки/ Dressings	2,1±0,2	2,5±0,2	2,4±0,2	2,2±0,3
Опытная/ Experienced	ПБС + перевязки/SBR + dressings	1,4±0,2	1,7±0,2	2,0±0,2*	1,5±0,2

\* - достоверность различий признаков по сравнению с 1 контрольной группой  $p < 0,05$ / the significance of differences of characteristics in comparison with the 1 control group  $p < 0,05$

**Объективные признаки течения раневого процесса в опытной и контрольной группах исследования, сутки/**  
**Objective evidence of the wound process in experimental and control groups of the study, day**

Группа исследования/ Group research	Характеристика групп/ Characteristic of the groups	Фибринолиз/ Fibrinolysis	Начало эпителизации/ Beginning epithelialization	Скудное отделяемое/ Scarce detachable
Контрольная/ Control	Перевязки/ Dressings	3,4±0,3	3,5±0,4	4,3±0,4
Опытная/ Experienced	ПБС + перевязки/ SBR + dressings	2,6±0,2*	3,0±0,3	3,2±0,3*

\* - достоверность различий признаков по сравнению с 1 контрольной группой  $p < 0,05$ / the significance of differences of characteristics in comparison with the 1 control group  $p < 0,05$

### Результаты

Результаты, полученные в контрольной и опытной группах 1-го блока исследования: на 1-е сутки пальпация в проекции раны у животных контрольной и опытной групп вызывала выраженное беспокойство животного, отмечалось наличие отека и скудного серозного отделяемого. В опытной группе наблюдалась незначительная тенденция к уменьшению воспалительной реакции, что выражалось в некотором снижении отека и гиперемии.

На 3-и сутки пальпация в проекции ран животных в контрольной и опытной группах не вызывала выраженного беспокойства. В опытной группе признаки воспаления были купированы, в контрольной – отмечалось незначительное серозное отделяемое.

К концу 3-х суток от момента моделирования асептической раны у животных контрольной и опытной групп отсутствовали признаки отека и гиперемии, заживление проходило под полоской струпа.

В опытной группе отек купировался на 1,8±0,3 сутки, гиперемия кожи – на 1,5±0,4 сутки, количество экссудата снижалось до скудного на 1,8±0,3 сутки ( $p < 0,05$ ). В контрольной группе изучаемые показатели составили, соответственно, 2,2±0,3, 1,8±0,6 и 2,7±0,4 суток (табл. 2).

Изучена динамика изменения площади ран в процессе заживления (табл. 3).

В контрольной группе площадь ран на 1-е сутки составила 19,5±0,3 мм<sup>2</sup>, на 3-е сутки – 8,8±0,4 мм<sup>2</sup>, на 7-е сутки – 3,2±0,2 мм<sup>2</sup>. В опытной группе изучаемый показатель был равен до 13,3±0,5, 6,2±0,5 и 1,75±0,38

мм<sup>2</sup>, соответственно. К 11 суткам измерить площадь ран не представлялось возможным, т.к. у всех животных наблюдалось закрытие раны с образованием рубца.

На 1-е сутки уменьшение площади раны в контрольной группе составило 25,7±1,7%, в опытной – 48,6±2,4%, с 1-х по 3-е сутки – 27,6±0,4% и 26,8±0,39%, с 3-х по 7-е сутки – 15,8±0,4%, и 17,9±0,3% в сутки, соответственно (табл. 4).

Результаты гистологических исследований в контрольной и опытной группах 1-го блока исследования показали, что в образцах контрольной группы к 7-м суткам наблюдалась разноплановая картина: наряду с отдельными случаями полного заживления, в большей части образцов наблюдалось более слабое, не соответствующее срокам, развитие грануляционной ткани и сохранение воспалительной инфильтрации как в краях раны, так и в толще грануляций. В образцах опытной группы раневой дефект заполнен более равномерной грануляционной тканью до уровня сосочкового слоя дермы, нет признаков воспаления, своевременная эпителизация.

Данные, полученные при анализе результатов объективных и планиметрических методов в 1-м блоке исследования говорят о безопасности и эффективности применения программной барботажной санации (ПБС) в лечении асептических ран мягких тканей в эксперименте. Применение метода ПБС позволило ускорить купирование отека и гиперемии более чем на

**Динамика бактериологической обсемененности в контрольной и опытной группах исследования, микробных тел на грамм ткани/**  
**Dynamics of bacteriological contamination in the control and experimental groups of the study, microbial cells per gram of tissue**

Группа исследования/ Group research	Характеристика групп/ Characteristic of the groups	Бактериальная обсемененность/ Bacterial number			
		1 сутки/ 1 day	3 сутки/ 3 day	5 сутки/ 5 day	7 сутки/ 7 day
Контрольная/ Control	Перевязки/ Dressings	10 <sup>9</sup> -10 <sup>10</sup>	10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup>	10 <sup>3</sup> -10 <sup>5</sup>	10 <sup>3</sup> -10 <sup>4</sup>
Опытная/ Experienced	ПБС + перевязки/ SBR + dressings	10 <sup>9</sup> -10 <sup>10</sup>	10 <sup>3</sup> -10 <sup>4</sup>	10 <sup>2</sup> -10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup> -10 <sup>3</sup>

*Динамика изменения площади раневой поверхности в контрольной и опытной группах исследования, мм<sup>2</sup>/ Dynamics of change of the area of the wound surface in control and experimental groups of the study, mm<sup>2</sup>*

Группа исследования/ Group research	Характеристика групп/ Characteristic of the groups	Площадь ран после моделирования, мм <sup>2</sup>				
		Сразу/ Away	1 сутки/ 1 day	3 сутки/ 3 day	5 сутки/ 5 day	7 сутки/ 7 day
Контрольная/ Control	Перевязки/ Dressings	26,2±0,5	19,4±0,4*	13,4±0,4*	10,2±0,4*	7,7±0,4*
Опытная/ Experienced	ПБС + перевязки/ SBR + dressings	25,9±0,5	17,3±0,5*	10,4±0,3*	7,0±0,3*	4,7±0,4*

\* - достоверность различий по сравнению с исходными размерами раны в группе  $p < 0,05$ / the significance of differences in comparison with the initial size of the wound in group  $p < 0,05$

20%, сократить сроки экссудации на 50% по сравнению с контрольной группой.

Результаты, полученные в контрольной и опытной группах 2-го блока исследования: на 1-е сутки пальпация в проекции раны у животных контрольной и опытной групп вызывала выраженное беспокойство животных, имела место паравульварная отечность и гиперемия. В опытной группе наблюдалась незначительная тенденция к уменьшению воспалительной реакции.

Ко 2-м суткам в опытной группе животные становились более активными и к 3-м суткам практически не отличались от здоровых особей, пальпация в проекции раны не вызывала значительного беспокойства, у отдельных животных из ран выделялось незначительное количество серозного экссудата. В контрольной группе нормализация общего состояния отмечалась к 5-6-м суткам от начала лечения.

В контрольной группе сроки некролиза составили 2,1±0,2 суток, гиперемии – 2,5±0,2 суток, отека – 2,4±0,2 суток, появления грануляций – 2,2±0,3 суток. В опытной группе изучаемые показатели были равны 1,4±0,2, 1,7±0,2, 2,0±0,2 и 1,5±0,2 суток, соответственно (табл. 5).

Продолжительность фибринолиза в контрольной группе составила 3,4±0,3, начала эпителизации – 3,5±0,4, сокращение отделяемого до скудного – 4,3±0,4 суток. В опытной группе изучаемые показатели были равны 2,6±0,2, 3,0±0,3 и 3,2±0,3 суток, соответственно (табл. 6).

При изучении динамики бактериологического обсеменения были получены следующие результаты (табл. 7). В 1-е сутки уровень микробных тел в экссудате, взятый до проведения ПБС составил  $10^9$ - $10^{10}$ , с последующим снижением в контрольной группе к 3-м суткам до  $10^4$ - $10^5$ , к 5 суткам – до  $10^3$ - $10^5$ , к 7 суткам – до  $10^3$ - $10^4$  микробных тел на грамм ткани.

В опытной группе в указанные сроки количество микробных тел на грамм ткани составило  $10^9$ - $10^{10}$ ,  $10^2$ - $10^3$ ,  $10^2$ - $10^3$  и  $10^2$ - $10^3$ , т.е. снижение микробной обсеменности до  $10^2$ - $10^3$  происходило на 40% быстрее.

Площадь ран в контрольной группе на 1-е сутки составила 19,4±0,4 мм<sup>2</sup>, на 3 сутки – 13,4±0,4, на 5 сутки – 10,2±0,4, на 7 сутки – 7,7±0,4, в опытной группе – 25,9±0,5, 17,3±0,5, 10,4±0,3, 7,0±0,3 и 4,7±0,4 мм<sup>2</sup>, соответственно. На 11-е сутки во всех группах наблюдался сформированный рубец (табл. 8).

При изучении динамики закрытия раневого дефекта были получены следующие результаты (табл. 9).

На 1-е сутки в контрольной группе раневой дефект уменьшался на 26,0±0,3%, на 3-и сутки – на 48,9±0,5, на 5 сутки – на 61,1±0,6, на 7 сутки – на 70,6±0,5%. В опытной группе в указанные сроки изучаемый показатель составил 32,9±0,4, 59,7±0,6, 72,9±0,8, 81,8±0,5%, соответственно.

При сравнительном анализе гистологических образцов контрольных и опытных групп можно сделать вывод о том, что в то время, как в контрольной группе отмечалось удлинение сроков воспалительной

Таблица 9/ Table 9

*Динамика изменения площади раневой поверхности в контрольной и опытной группах исследования, %/ Dynamics of change of the area of the wound surface in control and experimental groups of the research, %*

Группа исследования/ Group research	Характеристика групп/ Characteristic of the group	Процент закрытия раны, % от исходной/ The percentage of wound closure, % of the original			
		1 сутки/ 1 day	3 сутки/ 3 day	5 сутки/ 5 day	7 сутки/ 7 day
Контрольная/ Control	Перевязки/ Dressings	26,0±0,3	48,9±0,51	61,1±0,61	70,6±0,51
Опытная/ Experienced	ПБС + перевязки/ SBR + dressings	32,9±0,4	59,7±0,61	72,9±0,81	81,8±0,51

<sup>1</sup> -достоверность различий по сравнению с первыми сутками,  $p < 0,05$ / the significance of differences compared to the first day,  $p < 0,05$

фазы заживления ран, длительное сохранение очагов некроза в мышечном слое и неравномерное развитие и созревание грануляционной ткани, применение барботажной санации приводило к более быстрому и качественному очищению раны от микроорганизмов и продуктов распада тканей, равномерному развитию полноценной грануляционной ткани и более раннему закрытию раневого дефекта.

Проведенный анализ результатов объективных и планиметрических методов во 2-м блоке исследования позволил установить, что смена фаз течения раневого процесса с гидратации на дегидратацию в опытной группе наблюдается в среднем ко 2-м суткам, в то время, когда в контрольной группе – на 3-4-е сутки.

Таким образом, разработанный метод программной барботажной санации (ПБС) раневой поверхности, основанный на пропускании газа под давлением через физиологический раствор, способствует активизации регенераторных процессов за счет повышения качества санации и гидромассажного воздействия на мягкие ткани.

### Список литературы

1. Алипов В.В., Урусова А.И., Андреев Д.А. Способ сочетанного лечения инфицированных ран в хирургическом эксперименте. Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук 2014; 6: 2: 140–142.
2. Булынин В.И., Ермакова А.И., Глухов А.А., Мошуров И.П. Лечение ран с использованием потока озонированного раствора под высоким давлением. Хирургия 1998; 8: 23–24.
3. Винник Ю.С., Маркелова Н.М., Тюрюмин В.С. Современные методы лечения гнойных ран. Сибирское медицинское обозрение 2013; 1: 18–24.
4. Митиш В.А., Ерошкин И.А., Галстян Г.Р., Доронина Л.П., Пасхалова Ю.С., Ерошенко А.В., Дедов И.И. Возможности комплексного хирургического лечения гнойно-некротических поражений нейроишемической формы синдрома диабетической стопы. Сахарный диабет 2009; 1: 8–13.
5. Глухов А.А., Андреев А.А., Карпухин А.Г., Фролов Р.Н. Применение гидролизата коллагена и гидроимпульсной санации в лечении экспериментальных гнойных ран. Вестник экспериментальной и клинической хирургии 2014; 7: 4: 378–387.
6. Гостищев В.К. Инфекции в хирургии. Руководство для врачей. Москва 2007; 768.
7. Кузин М.И., Костюченко Б.М. Раны и раневая инфекция. Москва 1990; 592.
8. Пархисенко Ю.А., Глухов А.А. Применение озонотерапии и гидропрессивных технологий в комплексе интенсивной терапии хирургического сепсиса. Хирургия 2001; 4: 55–58.
9. Bruhin A., Metzger J. Principles of wound treatment. Therapeutische Umschau 2007; 64: 9: 473–483.
10. Herberger K., Franzke N., Blome C., Kirsten N., Augustin M. Efficacy, Tolerability and Patient Benefit of Ultrasound-Assisted Wound Treatment versus Surgical Debridement: A Randomized Clinical Study. Dermatology 2011; 222: 3: 244–249.
11. Kahle B., Hermanns H.J., Gallenkemper G. Evidence-based treatment of chronic leg ulcers. Deutsches Ärzteblatt International 2011; 108: 14: 231–237.

### Выводы

1. Проведенные экспериментальные исследования показали безопасность и эффективность применения программной барботажной санации (ПБС) в лечении асептических ран мягких тканей.

2. Применение метода ПБС при асептических ранах позволило ускорить купирование отека и гиперемии более чем на 20%, сократить сроки экссудации на 50% по сравнению с контрольной группой. При лечении гнойных ран метод ПБС позволил ускорить смену фаз гидратации и дегидратации в среднем в 1,5-2 раза.

3. При изучении гистоархитектоники мягких тканей в контрольной группе отмечалось удлинение сроков воспалительной фазы заживления ран, длительное сохранение очагов некроза в мышечном слое и неравномерное развитие и созревание грануляционной ткани. Применение барботажной санации приводило к более быстрому и качественному очищению ран от микроорганизмов и продуктов распада тканей, равномерному развитию полноценной грануляционной ткани и более раннему закрытию раневого дефекта.

### References

1. Alipov V.V., Urusov A.I., Andreev D.A. The method of combined treatment of infected wounds in the surgical experiment. Actual problems of Arts and Sciences 2014; 6: 2: 140-142.
2. Bulynin V.I., Ermakov A.I., Glukhov A.A., Moshurov I.P. Wound healing using the ozonated stream of the solution under high pressure. Surgery 1998; 8: 23-24.
3. Vinnik Y.S., Markelov N.M., Tyuryumin V.S. Modern methods of treatment of purulent wounds. Siberian Health Review 2013; 1: 18-24.
4. Mitish V.A., Eroshkin I.A., Galstyan G.R., Doronina L.P., Paskhalov Y.S., Eroshenko A.V., Dedov I.I. Features of the complex surgical treatment of necrotic lesions neuroischemic form of diabetic foot syndrome. Diabetes 2009; 1: 8-13.
5. Glukhov A.A., Andreev A.A., Karpuhin A.G., Frolov R.N. The use of collagen hydrolyzate and Hydroimpulsive rehabilitation in the treatment of experimental purulent wounds. Journal of Experimental and Clinical Surgery 2014; 7: 4: 378-387.
6. Gostishchev V.K. Infections in surgery. Guidelines for doctors. Moscow 2007; 768.
7. Kuzin M.I., Kostyuchenok B.M. Wounds and wound infection. Moscow 1990; 592.
8. Parhisenko Y.A., Glukhov A.A. The use of ozone therapy and gidropressivnyh technologies in complex intensive therapy of surgical sepsis. Surgery 2001; 4: 55-58.
9. Bruhin A., Metzger J. Principles of wound treatment. Therapeutische Umschau 2007; 64: 9: 473-483.
10. Herberger K., Franzke N., Blome C., Kirsten N., Augustin M. Efficacy, Tolerability and Patient Benefit of Ultrasound-Assisted Wound Treatment versus Surgical Debridement: A Randomized Clinical Study. Dermatology 2011; 222: 3: 244-249.
11. Kahle B., Hermanns H.J., Gallenkemper G. Evidence-based treatment of chronic leg ulcers. Deutsches Ärzteblatt International 2011; 108: 14: 231-237.
12. McHugh S.M., Hill A.D., Humphreys H. Intraoperative technique as a factor in the prevention of surgical site infection. Journal of Hospital Infection 2011; 78: 1: 1-4.

12. McHugh S.M., Hill A.D., Humphreys H. Intraoperative technique as a factor in the prevention of surgical site infection. *Journal of Hospital Infection* 2011; 78: 1: 1–4.
13. Nicoli Aldini N., Fini M., Giardino R. From Hippocrates to tissue engineering: surgical strategies in wound treatment. *World Journal of Surgery* 2008; 32: 9: 2114–2121.
14. Kramer A., Hubner N.-O., Weltmann K.-D., Lademann J., Ekkernkamp A., Hinz P., Assadian O. Polypragmasia in the therapy of infected wounds – conclusions drawn from the perspectives of low temperature plasma technology for plasma wound therapy *GMS. Krankenhhyg. Interdisziplinär* 2008; 3: 78-85.
15. Widgerow A.D. Chronic wound fluid-thinking outside the box. *Wound Repair and Regeneration* 2011; 19: 3: 287–291.  
Поступила 26.03.2016
13. Nicoli Aldini N., Fini M., Giardino R. From Hippocrates to tissue engineering: surgical strategies in wound treatment. *World Journal of Surgery* 2008; 32: 9: 2114–2121.
14. Kramer A., Hubner N.-O., Weltmann K.-D., Lademann J., Ekkernkamp A., Hinz P., Assadian O. Polypragmasia in the therapy of infected wounds – conclusions drawn from the perspectives of low temperature plasma technology for plasma wound therapy *GMS. Krankenhhyg. Interdisziplinär* 2008; 3: 78-85.
15. Widgerow A.D. Chronic wound fluid-thinking outside the box. *Wound Repair and Regeneration* 2011; 19: 3: 287–291.  
Recieved 26.03.2016

### Информация об авторах

1. Андреев А.А. – д.м.н., профессор кафедры общей хирургии Воронежского государственного медицинского университета имени Н.Н. Бурденко, e-mail: sugery@mail.ru
2. Глухов А.А. – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общей хирургии Воронежского государственного медицинского университета имени Н.Н. Бурденко, e-mail: glukhov-vrn@yandex.ru
3. Лобас С.В. – соискатель кафедры общей хирургии Воронежского государственного медицинского университета имени Н.Н. Бурденко,
4. Остроушко А.П. - к.м.н., ассистент кафедры общей хирургии Воронежского государственного медицинского университета имени Н.Н. Бурденко; e-mail: antonostroushko@yandex.ru

### Information about the Authors

1. Andreev A.A. - Ph.D., Professor of the Department of General Surgery, Deputy Director of the Institute of Surgical Infections for Research of N.N. Burdenko Voronezh State Medical University.
2. Glukhov A.A. - Ph.D., Professor, department chair of general surgery N.N. Burdenko Voronezh State Medical University
3. Lobas S. V. - applicant department chair of general surgery N.N. Burdenko Voronezh State Medical University
4. Ostroushko A.P. - PhD, lecturer, department chair of general surgery N.N. Burdenko Voronezh State Medical University