

## ПРИЖИЗНЕННАЯ МИКРОЦИРКУЛЯЦИЯ СОСУДОВ БРЫЖЕЙКИ КРЫС ДО И ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛОКАЛЬНОГО ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

*Л. В. Жичкина<sup>1,2</sup>, В. Г. Скопичев<sup>1</sup>, М. К. Касумов<sup>2</sup>, М. Л. Васютина<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup> ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины»,  
Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Ветеринарная клиника «Барс», Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> ФГБУ «Северо-Западный федеральный медицинский исследовательский центр» Минздрава России,  
Санкт-Петербург, Россия

*Жичкина Лидия Владимировна* — кандидат биологических наук, докторант кафедры физиологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины», главный врач ветеринарной клиники «Барс»; *Скопичев Валерий Григорьевич* — доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины»; *Касумов Муслим Касумович* — кандидат ветеринарных наук, ветеринарный врач, директор ветеринарной клиники «Барс»; *Васютина Марина Львовна* — аспирант кафедры физиологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины», младший научный сотрудник ФБГУ «Северо-Западный федеральный медицинский исследовательский центр».

**Контактная информация:** ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины», Черниговская ул., д. 5, Санкт-Петербург, Россия, 196084. Тел.: +7(911)710-10-11. E-mail: raluwow@gmail.com (Васютина Марина Львовна).

### Резюме

**Введение.** Расстройства микроциркуляции лежат в основе большого числа заболеваний, поэтому при лечении необходимо восстановление функций микрососудов с помощью различных средств. В настоящее время является актуальным поиск неинвазивных, безлекарственных, физиотерапевтических методов воздействия с достижением клинически эффективных результатов. **Материалы и методы.** Наблюдение прижизненной микроциркуляции под воздействием локальной абдоминальной декомпрессии проводили на брыжейке крыс. Изменения длины сосудов мезентериума и ширины их просвета фотографически регистрировали и оценивали с помощью курвиметра. **Результаты и обсуждение.** Установили, что сеансы локальной абдоминальной декомпрессии способствуют увеличению числа открытых сосудов в мезентериуме, а также увеличению ширины просвета микрососудов: сразу после сеанса ЛОД длина микрососудов брыжейки возрастает в 2 раза, через 30 минут после окончания сеанса ЛОД она больше первоначальной длины в 1,6 раза, через 2 часа — в 1,5 раза. Ширина просвета сосудов брыжейки также менялась по отношению к этому показателю до сеанса воздействия локальным отрицательным давлением, а также с течением времени. Сразу после сеанса ЛОД ширина просвета сосудов была в 2,3 больше, чем до сеанса, через 30 минут — в 1,9 раз, через 2 часа — в 1,8 раза. Острый опыт с открытием брюшной стенки дал возможность убедиться и в том, что проведение сеансов локальной абдоминальной декомпрессии не вызывает возникновения геморрагий в брюшной полости. **Заключение.** Воздействие локальным отрицательным давлением на абдоминальную область является эффективным и физиологичным методом выведения токсинов из организма, снижения тяжести интоксикации. Метод может применяться как самостоятельно, так и в комплексе с другими лечебными мероприятиями.

**Ключевые слова:** физиотерапия, локальное отрицательное давление, локальная абдоминальная декомпрессия, мезентериум, брыжейка, микроциркуляция, детоксикация, длина сосудов, ширина просвета сосудов.

## VITAL MICROCIRCULATION OF VESSELS OF A MESENTERIUM OF RATS BEFORE AND AFTER INFLUENCE OF LOCAL NEGATIVE PRESSURE

L. V. Zhichkina<sup>1</sup>, V. G. Skopichev<sup>1</sup>, M. K. Kasumov<sup>2</sup>, M. L. Vasutina<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, Saint-Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Animal clinic «Bars», Saint-Petersburg, Russia

<sup>3</sup> Federal North-West Medical Research Centre, Saint-Petersburg, Russia

**Corresponding author:** St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, 5 Chernigovskaja str., Saint-Petersburg, Russia, 196084. Tel.: +7(911)710–10–11. E-mail: raluwow@gmail.com (Marina L. Vasutina — postgraduate student at the Physiology Department of St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine).

### Abstract

**Introduction.** Microcirculatory disorders are the cornerstone of a large number of diseases, therefore during the treatment restoration of functions of microvessels using various ways is necessary. Nowadays, the research of non invasive, physiotherapeutic and effective methods of influence is being actual. **Materials and methods.** Observation of vital microcirculation under the influence of a local abdominal decompression was made on a mesentery of rats. Changes of length of mesentery vessels and width of their gleam was registered and estimated with curvimeter. **Results and discussions.** Established that sessions of a local abdominal decompression increase in number of open vessels in mesentery, and also to increase in width of a gleam of microvessels: right after LNP (local negative pressure) session length of microvessels of mesentery was increased twice, in 30 minutes after the session of LNP length of microvessels was increased by 1,6 times, in 2 hours — by 1,5 times. Width of gleam of mesentery vessels also changed during and after LNP: right after LOD session width of vascular gleams was increased by 2,3 times, after 30 minutes — by 1,9 times, after 2 hours — by 1,8 times. **Conclusion.** Local negative pressure influence upon abdominal area is an effective and physiologic method of toxins removal from an organism, decreasing the severity of intoxication. The method can be applied both independently and in a complex with other medical actions.

**Keywords:** physiotherapy, local negative pressure, local abdominal decompression, abdominal area, mesentery, microcirculation, detoxication, length of vessels, gleam of vessels.

*Статья поступила в редакцию 22.12.2014, принята к печати 18.01.2015.*

### Введение

В настоящее время является актуальным поиск неинвазивных, безлекарственных, физиотерапевтических методов воздействия на организм с достижением клинически эффективных результатов. Многие ученые обращали свой взор на микроциркуляторное русло и способы воздействия на него [1–8]. Это не случайно, так как возможности микроциркуляторного русла до конца еще не изучены.

Микроциркуляторное русло включает в себя следующие компоненты:

- артериолы;
- прекапилляры;
- капилляры;
- посткапилляры;
- вены;
- артериоло-венулярные анастомозы [3, 5, 7, 9].

Функции микроциркуляторного русла:

1). трофическая и дыхательная функции, так как обменная поверхность капилляров и венул составляет 1000 м<sup>2</sup>, или 1,5 м<sup>2</sup> на 100 г ткани;

2). депонирующая функция, так как в сосудах микроциркуляторного русла в состоянии покоя депонируется значительная часть крови, которая во время физической работы включается в кровоток;

3). дренажная функция, так как микроциркуляторное русло собирает кровь из приносящих артерий и распределяет ее по органу;

4). регуляция кровотока в органе, эту функцию выполняют артериолы благодаря наличию в них сфинктеров;

5). транспортная функция, то есть транспорт крови.

В микроциркуляторном русле различают три звена:

1). артериальное (артериолы прекапилляры);

2). капиллярное;

3). венозное (посткапилляры, собирательные и мышечные вены).

Разные органы имеют характерные особенности строения микроциркуляторного русла (количе-

ство, диаметр, плотность и взаимное расположение микрососудов, характер их ветвления и т.п.), обусловленные спецификой работы органа. При этом в большинстве случаев микроциркуляторное русло состоит из повторяющихся модулей, каждый из которых обслуживает свой участок органа [3, 5, 7, 9]. Это позволяет быстро приспосабливать кровоснабжение органа к изменениям его функционирования.

Большая часть капилляров периодически включается из кровотока. У большинства животных и человека в условиях покоя одновременно открыто только 20–35% капилляров. В мышце при спокойном состоянии заполнено кровью не более 40% капилляров [2, 6]. При физических нагрузках в кровотоке включаются почти все капилляры работающей мышцы. Капилляры сами не способны изменять свой просвет. Кровоток в них регулируется посредством сужения или расширения приносящих кровь артериол и использования артериоловенозных анастомозов [3, 9]. В органах постоянно происходит замена одних функционирующих капилляров другими. Высокая изменчивость кровотока в капиллярах — необходимое условие приспособления микроциркуляторной системы к потребностям органов и тканей в доставке питательных веществ.

Поскольку емкость капиллярного русла очень большая, это ведет к значительному замедлению тока крови в капиллярах. Скорость движения крови по капиллярам колеблется от 0,3 до 1 мм/с, тогда как в крупных артериях она достигает 80–130 мм/с. Медленный кровоток обеспечивает наиболее полный обмен веществ между кровью и тканями [7, 9]. При движении крови ее клетки (эритроциты) выстраиваются в капилляре в один ряд, поскольку их радиус приблизительно равен радиусу капилляра. Это связано с тем, что кислород переносится эритроцитами, и его передача клеткам органов будет происходить наиболее эффективно, если эритроциты наилучшим образом соприкасаются со стенкой капилляра.

Состояние микроциркуляции в любом участке тела с большой степенью точности дает возможность судить о ее состоянии в организме в целом [10–12]. Расстройства микроциркуляции лежат в основе большого числа заболеваний, поэтому при их лечении необходимо восстановление функций микрососудов с помощью различных средств [11–17].

Цель нашего исследования заключалась в определении эффективности физиотерапевтического воздействия на микроциркуляторное русло мезентериума крыс посредством локального отрицательного давления.

## Материалы и методы

Исследования проводили на беспородных крысах-самцах весом 260–291 г, в возрасте 18 месяцев. Для наблюдения прижизненной микроциркуляции была выбрана брыжейка как одна из наиболее васкуляризованных и доступных для визуализации частей тела. В эксперименте участвовали 10 клинически здоровых крыс, содержащихся на стандартном рационе. Мезентериум для наблюдений выбран не случайно: во-первых, в этой области густая сеть мелких сосудов, во-вторых, сам метод локальной абдоминальной декомпрессии (воздействие отрицательным давлением) подразумевает, именно, эту область.

Крысы были наркотизированы (премедикация — «Ветранквил» 0,1% — 0,015 мл, наркоз — «Золетил-100» — 0,05 мл). Глубину наркоза контролировали по «зрачковому рефлексу». Затем подготавливали операционное поле в условиях стерильности с применением асептических и антисептических приемов. Кожу выбривали в области живота от мечевидного хряща до лонного сочленения. Операционное поле обрабатывали 70% спиртом этиловым, через 3 минуты раствором «Монклавит». Выполнялся разрез по белой линии живота. Высвобождали брыжейку. С применением микроскопа МБС-2 и цифрового фотоаппарата «Sony DSC-W710» проводили съемку микрососудов брыжейки крыс (увеличение 12,5 × 2, zoom 3,8.) Затем крысу в наркотизированном состоянии помещали в камеру для проведения локальной абдоминальной декомпрессии. Проводили сеанс в течение 5 мин, разрежение гермокамеры 1,2 кПа (9 мм рт.ст.). После сеанса ЛОД (локальной абдоминальной декомпрессии) сразу же проводили съемку микрососудов брыжейки крыс в тех же условиях (увеличение 12,5 × 2, zoom 3,8). Затем съемку повторяли через 30 мин после сеанса декомпрессии и через 2 часа после сеанса ЛОД.

Изменение сосудов мезентериума оценивали с помощью курвиметра. Результаты были обработаны статистически с использованием коэффициента Стьюдента.

По окончании опыта крысы чувствовали себя хорошо, аппетит и поведение соответствовали норме.

## Результаты и обсуждение

Ранее авторами были показаны клинические результаты физиотерапевтического воздействия локального отрицательного давления на абдоминальную область при различных патологиях, включая хроническую почечную недостаточность, интоксикацию различными фосфорорга-

Таблица 1

**ДЛИНА МИКРОСОСУДОВ БРЫЖЕЙКИ КРЫС  
ДО И ПОСЛЕ СЕАНСА ЛОКАЛЬНОЙ АБДОМИНАЛЬНОЙ ДЕКОМПРЕССИИ (ЛОД) ( $m \pm M$ ,  $n = 10$ )**

|                        | до ЛОД         | сразу после ЛОД  | через 30 мин после ЛОД | через 2 часа после ЛОД |
|------------------------|----------------|------------------|------------------------|------------------------|
| Длина микрососудов, см | $12,8 \pm 0,5$ | $25,6 \pm 0,9^*$ | $20,54 \pm 0,5^*$      | $19,1 \pm 0,4^*$       |

**Примечание:** —  $p < 0,001$  по отношению к физиологическому контролю.

Таблица 2

**ШИРИНА ПРОСВЕТА МИКРОСОСУДОВ БРЫЖЕЙКИ КРЫС  
ДО И ПОСЛЕ СЕАНСА ЛОКАЛЬНОЙ АБДОМИНАЛЬНОЙ ДЕКОМПРЕССИИ (ЛОД) ( $m \pm M$ ,  $n = 10$ )**

|                                  | до ЛОД         | сразу после ЛОД   | через 30 мин после ЛОД | через 2 часа после ЛОД |
|----------------------------------|----------------|-------------------|------------------------|------------------------|
| Ширина просвета микрососудов, мм | $0,9 \pm 0,01$ | $2,05 \pm 0,03^*$ | $1,7 \pm 0,01^*$       | $1,6 \pm 0,01^*$       |

**Примечание:** —  $p < 0,001$  по отношению к крысам до сеанса ЛОД.

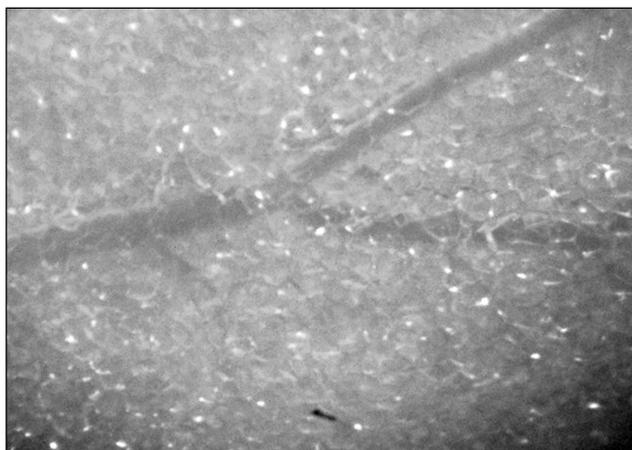
ническими и другими соединениями [6, 13–16]. В данной серии экспериментов упор делался на конкретную область приложения отрицательного давления, т. е. на мезентериум. Оценивали совокупную длину микрососудов до и после сеансов декомпрессии, а также ширину просвета открытых сосудов до и после воздействия локальным отрицательным давлением на абдоминальную область крыс.

Проведение прижизненной визуализации микрососудов брыжейки крыс до и после сеанса локальной абдоминальной декомпрессии показало, что сразу после сеанса ЛОД длина микрососудов брыжейки возрастает в 2 раза, через 30 минут после окончания сеанса ЛОД длина несколько снижается, но, тем не менее больше первоначальной длины в 1,6 раза. Через 2 часа после окончания сеанса ЛОД

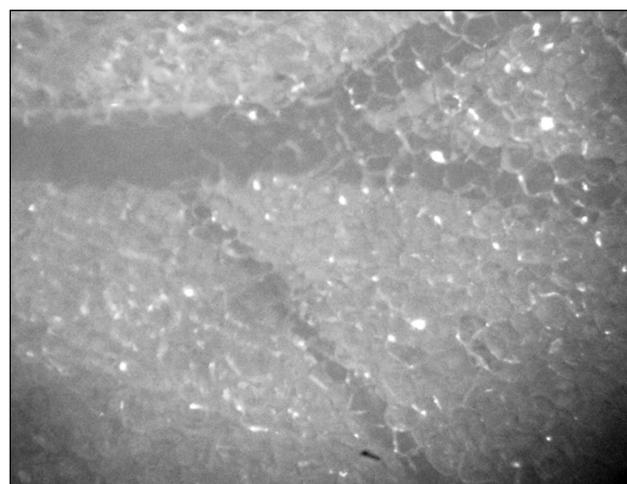
длина микрососудов брыжейки еще уменьшается, но всё же остается больше первоначальной (до декомпрессии) в 1,5 раза ( $p < 0,001$  по отношению к крысам до сеанса ЛОД) (табл. 1).

Ширина просвета сосудов брыжейки также менялась по отношению к этому показателю до сеанса воздействия локальным отрицательным давлением, а также с течением времени. Соответственно сразу после сеанса ЛОД ширина просвета сосудов была в 2,3 раза больше, чем до сеанса. Через 30 минут после окончания сеанса ЛОД ширина просвета сосудов уменьшилась, но была выше этого показателя до сеанса в 1,9 раз. Затем ширина просвета продолжала уменьшаться, через 2 часа после окончания сеанса ЛОД была выше, чем до сеанса ЛОД, в 1,8 раза ( $p < 0,001$  по отношению к крысам до сеанса ЛОД) (табл. 2, рис. 1 (фото 1–4)).

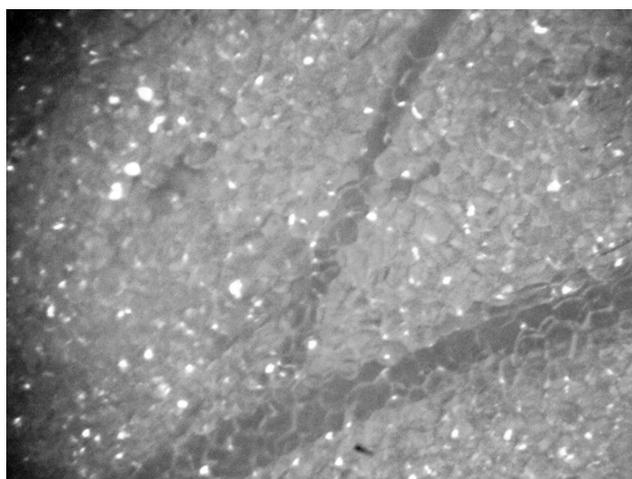
**Рисунок 1. Ширина просвета сосудов брыжейки крыс до сеанса локального отрицательного давления**



**Рисунок 2. Ширина просвета сосудов брыжейки крыс сразу после сеанса ЛОД**



**Рисунок 3. Ширина просвета сосудов брыжейки крыс через 30 мин после сеанса ЛОД**



Исходя из выше изложенного, достоверно установлено, что воздействие локального отрицательного давления на абдоминальную область приводит не только к увеличению совокупной протяженности микрососудов мезентериума, но и к увеличению ширины просвета открытых микрососудов. После проведения сеанса ЛОД данные изменения сохраняются на протяжении нескольких часов.

Острый опыт с открытием брюшной стенки дал возможность убедиться и в том, что проведение сеансов локальной абдоминальной декомпрессии не вызывает возникновения геморрагий в брюшной полости. Более того, восстановление после операции и заживление внутрикожного шва проходило очень быстро и безболезненно.

### Заключение

Сеансы локальной абдоминальной декомпрессии способствуют увеличению числа открытых сосудов в мезентериуме, а также увеличению ширины просвета микрососудов. Соответственно усиливается массоперенос различных веществ (в том числе токсических, как экзо-, так и эндотоксинов) в кишечник. В результате обратно в кровь всасывается меньше токсинов. Тем самым достигается эффект детоксикации.

Таким образом, воздействие локальным отрицательным давлением на абдоминальную область является эффективным и физиологичным методом выведения токсинов из организма, снижения тяжести интоксикации. Метод может применяться как самостоятельно, так и в комплексе с другими лечебными мероприятиями.

Не менее важны неинвазивность метода, удобство, простота и доступность.

**Рисунок 4. Ширина просвета сосудов брыжейки крыс через 2 часа после сеанса ЛОД**



### Список литературы

1. Аванесов ВУ. Применение локального отрицательного давления в подготовке спортсменов. М: СпортАкадемПресс; 2001:84.
2. Длигач ДЛ, Иоффе ЛА, Коробков АВ. Физиологические механизмы функциональных сдвигов при локальной декомпрессии. Мат итоговой науч конф. М: ВНИИФК; 1975:110.
3. Куприянов ВВ, Караганов ЯЛ, Козлов ВИ. Микроциркуляторное русло. М: Медицина; 1975:45.
4. Михайличенко ПП. Основы вакуум-терапии. СПб: Сова; 2005:318.
5. Мчедlishvili ГИ. Микроциркуляция крови: Общие закономерности регулирования и нарушений. Л: Наука; 1989:296.
6. Скопичев ВГ, Жичкина ЛВ. Физиология локального отрицательного давления. В кн. Абдоминальная декомпрессия в медицине. Теория и практика. СПб; 2004:29–51.
7. Чернух АМ, Александров ПН, Алексеев ОВ. Микроциркуляция. М: Медицина; 1984:432.
8. Ardill BL, Fentem PH, Finlay RD, Isaac P. Some effects on the blood vessels of the human forearm of local exposure to pressure below sub atmospheric. J Physiol. 1969;203(1):31–43.
9. Козлов ВИ, Мельман ЕП, Нейко ЕМ и др. Гистофизиология капилляров. СПб: Наука; 1994:234.
10. Агаджанян НА, Чижов АЯ. Гипоксические, гипоксические и гиперкапнические состояния. М: Медицина; 2003:96.
11. Ince C. The microcirculation is the motor of sepsis. Crit Care. 2005;9 Suppl 4:13–19.
12. Jung C, Lauten A, Ferrari M. Microcirculation in cardiogenic shock: from scientific bystander to therapy target. Crit Care. 2010;14(5):193. doi: 10.1186/cc9244.
13. Гайдуков СН, Прохорович ТИ, Скопичев В. Г. Абдоминальная декомпрессия — стационарзамещающая технология для акушерства и гинекологии. В кн. Абдоминальная декомпрессия в медицине. Теория и практика. СПб; 2004:6–11.

14. Жичкина ЛВ. Применение вакуум-градиентной терапии для снижения эндотоксикоза при хронической почечной недостаточности. Высокие технологии, фундаментальные исследования, экономика. Т. 3, Часть 2: Сборник статей Двенадцатой международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности». 08–10 декабря 2011 года, Санкт-Петербург, Россия. Под ред. А. П. Кудинова. СПб: Изд-во Политехн ун-та; 2011:99–101.

15. Жичкина ЛВ, Скопичев ВГ. Сравнительный анализ воздействия на организм животных гипербарической, нормобарической оксигенации и локальной декомпрессии. XXII съезд Физиологического общества имени И. П. Павлова: Тезисы докладов. Волгоград: Изд-во ВолгГМУ; 2013:169.

16. Жичкина ЛВ, Скопичев ВГ, Касумов МК. Применение абдоминальной декомпрессии у животных. Практическое руководство для ветеринарных врачей. Учебно-методическое пособие для ветеринарных врачей (брошюра), утверждено Методическим советом СПбГАВМ. Изд-во СПбГАВМ; 2007:36.

17. Donati A, Domizi R, Damiani E, Adrario E, Pelaia P, Ince C. From macrohemodynamic to the microcirculation. *Crit Care Res Pract.* 2013;892710. doi: 10.1155/2013/892710.