

снизились с 19 до 2 % (на 91 %) в группе, где применялся метод аппаратной дезинфекции, а в контрольной группе – с 24 до 12 % (на 50 %),  $p < 0,005$  [10].

В нашем исследовании применение метода аппаратной дезинфекции больничной среды мелкодисперсным аэрозолем на основе пероксида водорода позволило значимо снизить микробную контаминацию объектов окружающей среды и воздуха. Основываясь на этих данных, а также на результатах исследований других авторов, в реальной клинической практике описанный метод следует рассматривать как эффективное дополнение к стандартным подходам в комплексе дезинфекционных мероприятий.

#### Список литературы:

1. Vranken N.P., Weerwind P.W., Barenbrug P.J. et al. The role of patient's profile and allogeneic blood transfusion in development of post-cardiac surgery infections: A retrospective study // *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2014 / doi: 10.1093/icvts/ivu096.
2. Белобородова Н.В., Попов Д.А., Бачинская Е.Н. Послеоперационные инфекции в кардиохирургии: современное состояние проблемы и перспективы // *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия.* 2004. № 4. С. 54-59.
3. Решедько Г.К., Рябкова Е.Л., Кречикова О.И. и др. Резистентность к антибиотикам грамотрицательных возбудителей нозокомиальных инфекций в ОРИТ многопрофильных стационаров России // *Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия.* 2008. № 2. С. 96-112.
4. Попов Д.А., Вострикова Т.Ю. Микробиологический мониторинг в кардиохирургическом стационаре – опыт за 10 лет // *Бюллетень НЦ ССХ им. А.Н. Бакулева РАМН.* 2012. № 5. С. 68-76.

5. Munoz-Price L.S., Poirel L., Bonomo R.A. et al. Clinical epidemiology of the global expansion of *Klebsiella pneumoniae* carbapenemases // *Lancet Infect. Dis.* 2013. № 13 (9). PP. 785-796
6. Попов Д.А., Анучина Н.М. Санитарно-бактериологический мониторинг в кардиохирургическом стационаре: 10-летний опыт // *Бюллетень НЦ ССХ им. А.Н. Бакулева РАМН.* 2012. № 3. С. 41-49.
7. Скороходов Л.Я., Листер Дж. Столетие антисептики. – Л.: Изд-во АН СССР «Наука», 1971.
8. Cabrera R.H., Vizcaino M.J., Herruzo I. Quantifying Glosair™ 400 efficacy for surface disinfection of American Type Culture Collection strains and micro-organisms recently isolated from intensive care unit patients // *J. Hosp. Infect.* 2014 / doi: 10.1016/j.jhin.2014.04.006.
9. Passaretti C.L., Otter J.A., Reich N.G. et al. An evaluation of environmental decontamination with hydrogen peroxide vapor for reducing the risk of patient acquisition of multidrug-resistant organisms // *Clin. Infect. Dis.* 2013. № 56 (1). С. 27-35.
10. Barbut F., Menuet D., Verachten M., Girou E. Comparison of the efficacy of a hydrogen peroxide dry-mist disinfection system and sodium hypochlorite solution for eradication of *Clostridium difficile* spores // *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* 2009. № 30 (6). PP. 507-514.

Дмитрий Александрович Попов,  
д-р мед. наук, руководитель лаборатории  
клинической микробиологии  
и антимикробной терапии,  
Неля Михайловна Анучина,  
научный сотрудник,  
ФГБНУ «Научный центр сердечно-сосудистой  
хирургии им. А.Н. Бакулева»,  
г. Москва.  
e-mail: da\_popov@inbox.ru

А.Е. Беркович, А.А. Бурсиан, К.Ю. Сенчик, Н.Н. Петрищев, А.Ю. Цибин, Г.Ю. Юкина

## Лабораторный стенд для исследования воздействия фокусированного ультразвука высокой интенсивности на сосуды

### Аннотация

Создан лабораторный стенд, представляющий собой комплекс устройств, реализующих функции фиксации и позиционирования объекта исследования, ультразвукового сканирования, прицеливания, дозированного воздействия ФУВИ. Специальная конструкция ультразвукового блока позволяет осуществлять прицеливание и воздействие одновременно (с помощью одного устройства). Произведена калибровка силового излучателя. В эксперименте на кроликах исследовано влияние ФУВИ на бедренные вены.

При интенсивности ультразвука в фокальном пятне около 8,7 кВт/см<sup>2</sup> во всех слоях стенки вены развиваются структурные изменения; наиболее значимые из них – десквамация эндотелия и дезорганизация коллагена. Эти изменения рассматриваются как основа последующей облитерации.

В настоящее время при лечении варикозного расширения вен нижних конечностей широко применяют малоинвазивные методы: склеротерапию, эндовазальную лазерную облитерацию, радиочастотную абляцию. Принципиально новым подходом к лечению варикозной болезни можно считать использование неинвазивного воздействия на вены фокусированного ультразвука высокой интенсивности (ФУВИ). Однако исследования в этой области немногочисленны, и остаются невыясненными оптимальные режимы воздействия ФУВИ, обеспечивающие облитерацию вен [1]-[3].

Для воздействия на вены ФУВИ нами был использован лабораторный стенд, представляющий собой комплекс устройств, реализующих функции фиксации и позиционирования объекта исследования, ультразвукового сканирования,

прицеливания, дозированного воздействия ФУВИ. Укрупненная структурная схема лабораторного стенда представлена на рис. 1.

Рабочая часть лабораторного стенда – ультразвуковой блок (рис. 2) включает в себя многоплоскостной ультразвуковой датчик и фокусирующий излучатель.

УЗ-датчик представляет собой сборку из трех одномерных массивов элементов, расположенных параллельно друг другу. Это позволяет получить изображение срезов объекта исследования в трех параллельных плоскостях и построить псевдотрехмерную модель, то есть улучшить восприятие объекта исследования оператором по сравнению с классическим вариантом. Расстояние между массивами составляет 6 мм. В каждом массиве имеется 60 пьезоэлементов, расположенных с шагом

0,3 мм. Размер пьезоэлемента в поперечном направлении равен 4 мм.

Фокусирующий силовой излучатель представляет собой пьезопреобразователь в виде сегмента сферы радиусом 70 мм, образованного сечениями с диаметрами 80 и 40 мм, подключенный к выходу высокочастотного генератора, управляемого отдельным программным модулем блока управления. Частота силового излучения равна 1,9 МГц.

Устройство позиционирования, снабженное винтовыми подачами и шкалами, обеспечивает контролируемое механическое перемещение по трем координатам. Акустический контакт между ультразвуковым блоком и объектом исследования обеспечивался за счет слоя эхогеля. Органы управления стэнда позволяют варьировать длительность и интенсивность силового воздействия. Значения интенсивности в фокальном пятне приводятся для случая непоглощающей среды.

Оценка интенсивности ультразвука в фокусе излучателя произведена с помощью гидрофона игольчатого типа, модель «Müller-Platte». При пересчете величины сигнала гидрофона в уровень интенсивности использованы следующие значения и соотношения:

- соотношение между действующим (среднеквадратичным) и амплитудным значениями для синуса: 1:1,414;
- чувствительность гидрофона (паспортное значение): 0,29 пКл/бар;
- соотношение 1 бар = 100 000 Па;
- емкость гидрофона с кабелем (паспортное значение): 237 пФ;
- емкость входа осциллографа: 15 пФ;
- коэффициент пересчета для амплитуды сигнала  $k = 0,615 \text{ Па/мВ}$ ;
- интенсивность (ГОСТ Р МЭК 61157–2008)  $I [\text{Вт/м}^2] = p^2 / \rho c$ ,

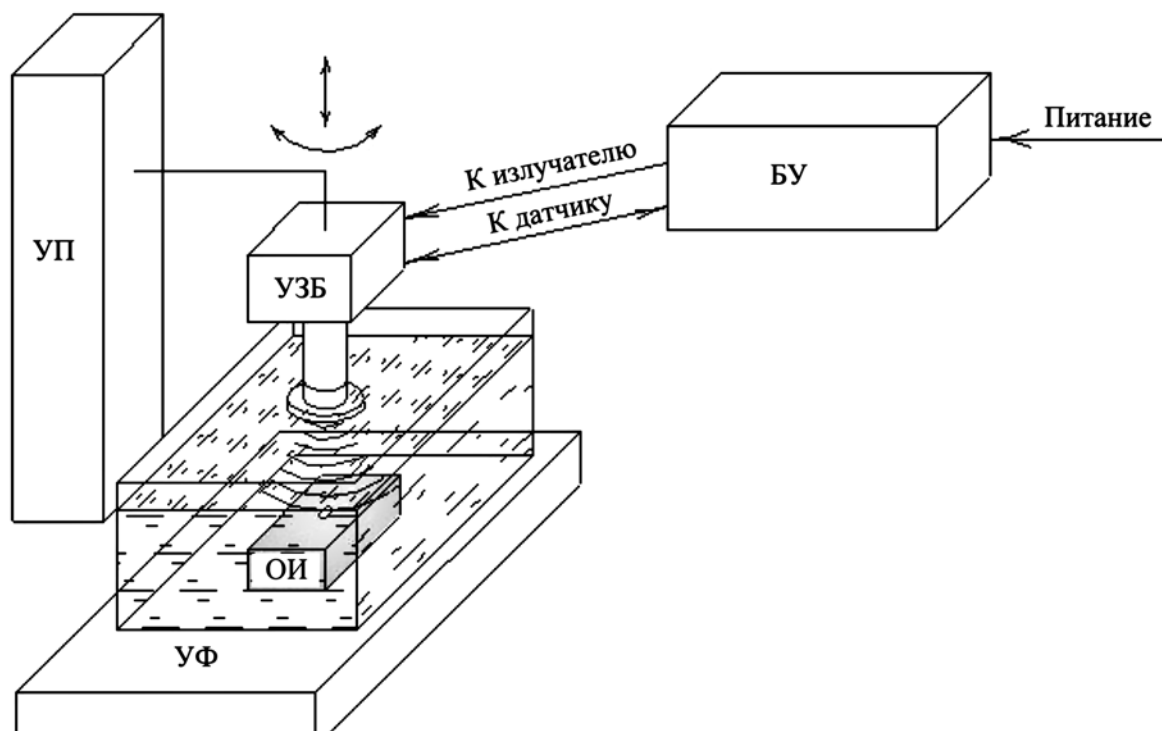


Рис. 1. Структурная схема лабораторного стэнда: БУ – блок управления; УЗБ – ультразвуковой блок; УП – устройство позиционирования; УФ – устройство фиксации объекта исследования; ОИ – объект исследования

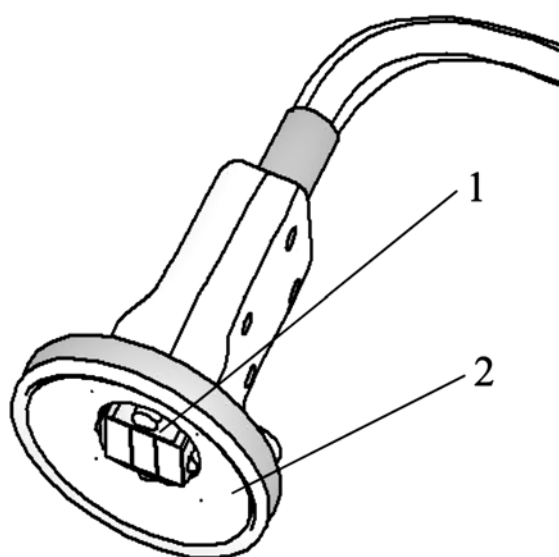


Рис. 2. Ультразвуковой блок: 1 – ультразвуковой многоплоскостной датчик; 2 – фокусирующий излучатель

где  $p$  – звуковое давление, Па;  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$  – плотность среды;  $c = 1490 \text{ м/с}$  – скорость звука в среде;

- соотношение между интенсивностью и амплитудой сигнала:  $I [\text{Вт/см}^2] = 0,254 \cdot (U_{\text{изм}} [\text{мВ}])^2$ .

В табл. 1 приведены результаты измерений для питающих напряжений от 1 до 6 В и линейной экстраполяции этой зависимости в область более высоких питающих напряжений, а также пересчет сигнала гидрофона в интенсивность.

Таблица 1

Калибровка силового излучателя

Питание, В	Сигнал $U_{\text{изм}}$ , мВ	Интенсивность $I$ , Вт/см <sup>2</sup>
1	16,6	17
2	31,4	63
4	61,0	236
6	90,6	521
10	149,8	1423
15	223,8	3177
20	297,8	5626
25	371,8	8769

Во всех экспериментах, описанных ниже, использовалось напряжение питания генератора силового излучателя 25 В, что обеспечивало интенсивность ультразвука в фокальном пятне около  $8,7 \text{ кВт/см}^2$ .

При выполнении экспериментальных исследований руководствовались требованиями приказов № 1179 МЗ СССР от 10.10.1983 г., № 267 МЗ РФ от 19.06.2003 г., «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных», принципами Европейской конвенции (г. Страсбург, 1986 г.), Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации о гуманном обращении с животными (1996 г.) и рекомендациями Этического комитета ГБОУ ВПО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова. У кроликов весом 3...3,5 кг под внутривенным наркозом доступом на бедре выделяли бедренную вену (диаметр вены 1,0...1,5 мм).

Визуализация кровотока в бедренных венах осуществлялась с помощью диагностического аппарата ЭТКС-ДМ-04 «Ультраскан», входящего в блок управления лабораторного стенда. Воздействие ФУВИ производилось однократно в течение 15 с. После этого бедренные сосуды выделялись, производили их осмотр и забор материала для гистологического исследования.

В результате отмечено следующее.

Макроскопически облученные участки сосуда побелели, видимых поверхностных дефектов, перфораций и кровотечений не наблюдается. При гистологическом исследовании установлены структурные изменения во всех слоях стенки вены (рис. 3).

В интима наблюдаются как участки десквамации эндотелия, так и участки с сохраненным эндотелием. Можно полагать, что в зоне воздействия ФУВИ имела место дисфункция эндотелия, одним из проявлений которой может быть нарушение эндотелийзависимой вазодилатации. Субэндотелий отечен, отмечаются гомогенизация и уплотнение коллагена, местами его коагуляция, интима инфильтрирована лейкоцитами.

В средней оболочке гладкие миоциты набухшие, наблюдаются вакуолизация их цитоплазмы, а также гомогенизация и коагуляция коллагена; в некоторых препаратах имеются диапедезные кровоизлияния. В адвентиции определяются отечность, разволокнение коллагена, диапедезные кровоизлияния.

В просвете вен, подвергшихся воздействию ФУВИ, видны эритроциты, десквамированный эндотелий, в отдельных случаях нити фибрина. Прокладимость вен сохранена, окклюзий не наблюдается.

Таким образом, в наших экспериментах воздействие ФУВИ на вены приводило к десквамации эндотелия и деструктуризации коллагена.

Коллаген, как известно, является важнейшим компонентом стенок вен, особенно средней оболочки и адвентиции. Структурные изменения коллагена возникают при нагревании его до  $54 \text{ }^\circ\text{C}$ . Нагрев коллагена до  $62...69 \text{ }^\circ\text{C}$  приводит к денатурации и деструктуризации (разволокненность, разрывы волокон, «спайка» волокон и т. д.). При нагреве выше  $69 \text{ }^\circ\text{C}$  коллаген подвергается сжатию вплоть до 60 % от первоначальной длины [4]. Полученные нами данные указывают на то, что приме-

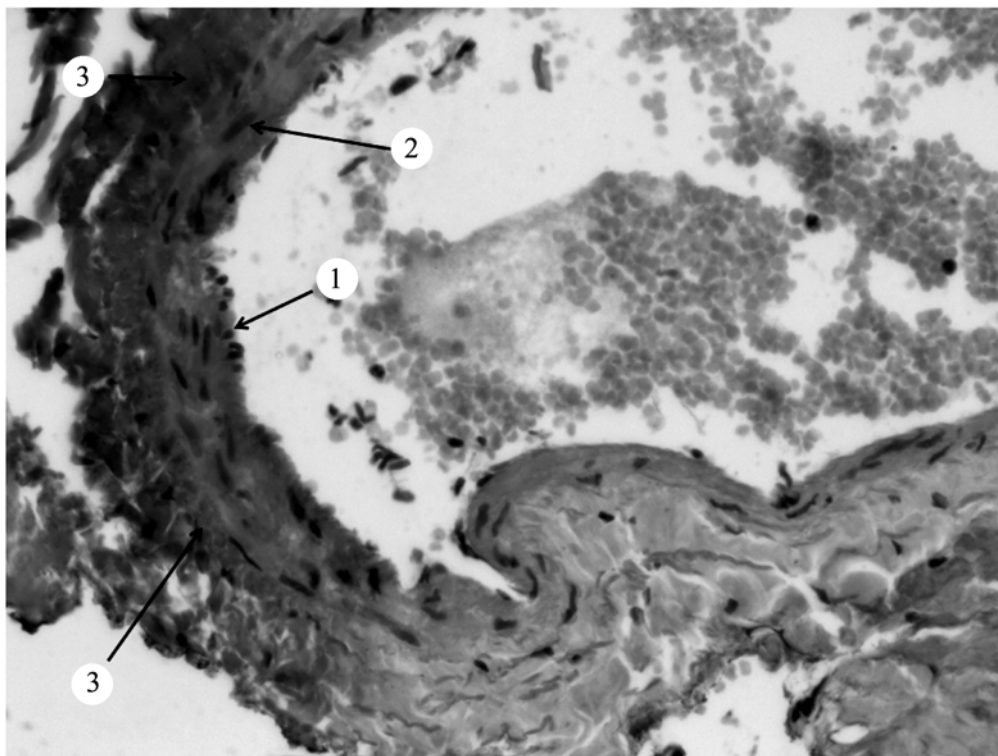


Рис. 3. Участок вены. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение  $\times 400$ : 1 – эндотелий, частичная десквамация; 2 – гладкие миоциты, набухшие, отечные, с вакуолизацией цитоплазмы; 3 – коллагеновые волокна коагулированы, с выраженной дезорганизацией

енная технология воздействия ФУВИ обеспечивает повышение температуры в зоне облучения свыше 62 °С, что достаточно для денатурации коллагена.

В механизме окклюзии и облитерации вен большое значение имеет активация системы гемостаза в ответ на повреждение эндотелия. Во всех экспериментах после воздействия ФУВИ мы наблюдали те или иные изменения эндотелиоцитов: вакуолизацию цитоплазмы, набухание, десквамацию. В некоторых случаях структурные изменения были столь значительны, что средняя оболочка вен контактировала непосредственно с кровью. Вместе с тем случаев пристеночного или обтурирующего тромбоза вен мы не выявили. Возможно, это объясняется тем, что исследование вен производилось в ближайшее время после воздействия ФУВИ (тромбы могли образоваться позже), а также тем, что тепловое воздействие снижает агрегационную и адгезивную активность тромбоцитов [5]. Можно предположить, что повреждение эндотелия под воздействием ФУВИ приведет к более быстрой инициации тромбоза вен в том случае, когда денатурация коллагена и жесткость сосудистой стенки будут менее выражены и, следовательно, менее ограничены возможности вазоспазма, способствующего тромбозу.

Таким образом, высокоинтенсивное фокусированное ультразвуковое воздействие на вены вызывает структурные изменения в стенке сосуда, которые можно рассматривать как основу последующей облитерации. Использование ФУВИ-технологии при венозной недостаточности нижних конечностей человека особенно актуально при несостоятельности коммуникантных вен (горизонтальный рефлюкс). Метод «подкупает» своей точностью и минимальным повреждением тканей, окружающих сосуда. Сочетание УЗ-диагностики и ФУВИ-технологии в режиме on-line можно рассматривать как один из вариантов тераностики – ультразвуковую тераностику.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (соглашение о предоставлении субсидии № 14.578.21.0081 от 28.11.2014 г.).*

*Список литературы:*

1. Delon-Martin C., Vogt C., Chignier E., Guers C., Chapelon J.Y., Cathignol D. Venous thrombosis generation by means of high-intensity focused ultrasound // *Ultrasound Med. Biol.* 1995. Vol. 21. PP. 113-119.

2. Hwang J.H., Zhou Y., Warren C., Brayman A.A., Crum L.A. Targeted venous occlusion using pulsed high-intensity focused ultrasound // *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 2010. Vol. 57. PP. 37-40.
3. Henderson P.W., Lewis G.K., Shaikh N., Sohn A. Portable high-intensity focused ultrasound device for noninvasive venous ablation // *Journal of Vascular Surgery.* 2010. Vol. 51. № 3. PP. 707-711.
4. Shaw C.J., ter Haar G.R., Rivens I.H., Giussani D.A., Lees C.C. Pathophysiological mechanisms of high-intensity focused ultrasound-mediated vascular occlusion and relevance to non-invasive fetal surgery // *Journal of the Royal Society Interface.* 2014. Vol. 26. № 11 (95). P. 20140029.
5. Rao G.H., Smith 2nd C.M., Escobar G., White J.G. Influence of heat on platelet biochemistry, structure, and function // *J. Lab. Clin. Med.* 1993. Vol. 122. PP. 455-464.

*Александр Ефимович Беркович,*  
*зав. лабораторией,*

*Андрей Арнольдович Бурсуан,*  
*гл. конструктор,*

*Константин Юрьевич Сенчик,*  
*д-р мед. наук, профессор, консультант,*  
*лаборатория «Медицинская*  
*ультразвуковая аппаратура»,*  
*ФГАОУ ВО СПбПУ,*

*Николай Николаевич Петрищев,*  
*д-р мед. наук, профессор, руководитель,*  
*Центр лазерной медицины,*

*Андрей Юрьевич Цибин,*  
*канд. мед. наук, доцент,*

*кафедра общей хирургии,*  
*Галина Юрьевна Юкина,*

*канд. мед. наук, зав. лабораторией патоморфологии,*  
*ГБОУ ВПО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова,*

*г. С.-Петербург,*

*e-mail: aeberkovich@yandex.ru*

*Д.М. Батухтин, Е.А. Романычева, В.В. Севастьянов, К.О. Иванов, Я.А. Фурман*

## **Комбинированная методика классификации объектов на маммографических изображениях**

### **Аннотация**

Предложены алгоритмы диагностики доброкачественных и злокачественных образований на рентгеновских изображениях молочных желез. Алгоритмы основаны на оценке степени прямолинейности контура новообразования и сравнении изображений обеих молочных желез пациентки путем сопоставления вида аналогичных участков органа на маммограммах. Проведен анализ работы предложенных алгоритмов на реальной выборке маммографий группы пациенток.

### **Введение**

Актуальность проблемы диагностики новообразований молочной железы на ранних этапах в первую очередь связана с достаточно большим количеством регистрируемых случаев рака молочной железы. Кроме того, тенденции снижения среднего возраста заболеваемости и высокая смертность при раке молочной железы также свидетельствуют о важности более раннего выявления данной патологии при проведении скрининговых и диагностических исследований [1]-[3]. В настоящее время общепринятым методом выявления наличия новообразований в молочной железе является рентгеновская мам-

мография. Эффективность метода была доказана в ряде рандомизированных контролируемых исследований [4], [5].

Недостатками рентгеновской маммографии являются: субъективность оценки рентгеновских маммограмм, зависимость от качества рентгеновской пленки и метода обработки рентгенограмм. По современным представлениям достаточно профессиональным в области маммографии считается рентгенолог, проанализировавший не менее 10 000 маммограмм [6], что соответствует общему стажу работы около 5 лет.

В данной статье аналитически обоснованы методы выявления «подозрительных» новообразований в маммографических изображениях. В качестве информативных признаков пред-