

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Липатов В.А., Лазаренко С.В., Северинов Д.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГУБЧАТЫХ АППЛИКАЦИОННЫХ ГЕМОСТАТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Курский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, 305041, г. Курск, Россия

Цель исследования – оценить физические (коэффициент полной пористости, сорбционная способность) и химические свойства (кислотность (рН) водной вытяжки) губчатых аппликационных гемостатических материалов.

Материал и методы. В качестве материалов исследования использовали образцы гемостатических материалов: Tachocomb (№1), Gelita-Spon Standard (№2), Surgicel Fibrillar (№3), губки на основе натрий-карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) с различными модификациями: Na-КМЦ+транексамовая кислота, прессованный (№4), Na-КМЦ+транексамовая кислота, непрессованный (№5), Na-КМЦ прессованный (№6), Na-КМЦ непрессованный (№7). Для определения сорбционной способности губок на дно пробирок помещали металлическую проволоку, сверху помещали фильтровальную бумагу. Образцы 1 см³ выдерживали в подогретой воде, затем центрифугировали, после чего снимали с фильтровальной бумаги и измеряли массу. При исследовании коэффициента полной пористости придерживались той же последовательности действий, но погружали губки в ортоксил. Водородный показатель (рН) растворов измеряли с помощью погружного измерителя качества воды.

Результаты. Значения коэффициента полной пористости образцов групп № 1 и № 2 статистически значимо отличаются от значений группы № 3 на 48,28 и 41, а значения образцов группы № 3 превышают значения образцов группы № 4 на 40,57. В свою очередь значения исследуемого свойства группы № 6 на 24,55 меньше, чем в группе № 2, и в 2,4 раза – чем в группе № 3. Значения рН образцов группы № 1 статистически значимо отличаются от значений групп № 2 (на 1,09 меньше) и № 3 (на 1,18 меньше). Значения сорбционной способности единицы объема губки группы № 3 в 6 раз меньше по сравнению с группой №2. Значения сорбционной способности единицы массы губки образцов группы № 1 статистически значимо отличаются от значений групп № 2 (на 101,15 моль/кг меньше) и № 3 (на 63,09 моль/кг больше), группы № 6 (в 12,3 раза больше).

Заключение. Наибольшие значения показателя «полная пористость» отмечается в группе № 3 (Surgicel Fibrillar), что обуславливает высокую адгезивную способность данного материала. Образцы группы №2 (Gelita-Spon Standard) обладают наибольшим значением рН (5,58), которое близко к изначальному рН раствора и говорит о незначительном его влиянии на последнее. При исследовании сорбционной способности единицы объема и массы губки наибольшее значение среди экспериментальных групп отмечается в группе № 2 (медицинский желатин).

Ключевые слова: гемостатические импланты; транексамовая кислота; гемостаз; кровоостанавливающие средства; кровотечение; экспериментальная хирургия.

Для цитирования: Липатов В.А., Лазаренко С.В., Северинов Д.А. Исследование физических и химических свойств губчатых аппликационных гемостатических материалов. *Медицина экстремальных ситуаций.* 2020; 22(2): 214-222.

Для корреспонденции: Липатов Вячеслав Александрович, доктор мед. наук, профессор кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» МЗ РФ, 305041, г. Курск. E-mail: drli@yandex.ru

Lipatov V.A., Lazarenko S.V., Severinov D.A.

STUDY OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SPONGE APPLICATION HEMOSTATIC MATERIALS

Kursk State Medical University, Kursk, 305041, Russian Federation

The aim of the study is to evaluate the physical properties (total porosity, sorption capacity, acidity (pH) of the aqueous extract) of sponge application hemostatic materials.

Material and methods. As materials of the study the following samples of hemostatic materials were used: Tachocomb (No. 1), Gelita-Spon Standard (No. 2), Reggicel Fibrillar (No. 3), samples of hemostatic sponges developed jointly with Lintex LLC (St. Petersburg, Russia) based on sodium-Carboxymethyl Cellulose (No. 3):

To determine the sorption capacity of the sponges, a rigid metal wire (30 mm high) was placed on the bottom of the tubes, and filter paper was placed on top. The 1 cc samples were kept in a preheated incubator for 5 minutes, then placed in prepared tubes and centrifuged. After centrifugation, the sample from the filter paper and its weight were measured. When examining the total porosity of the sponges, the same sequence of actions was followed, but the sponges were immersed in orthoxylol. The hydrogen index (pH) of the solutions was measured according to the modified procedure described in GOST 12523-77 (using a water quality submersible meter).

Results. The total porosity values of the samples of groups No. 1 and No. 2 differ statistically significantly from those of group No. 3 by 48.28 and 41, respectively. Also, the total porosity values of the samples of the group No. 3 exceed the values of the samples of group No. 4 by 40.57. In turn, the values of the analyzed property of group No. 6 are 24.55 less than in group No. 2 and 2.4 times less than in group No. 3. The pH values of the samples of group No. 1 differ statistically significantly from those of groups No. 2 (1.09 less) and No. 3 (1.18 less). The difference between groups No. 1 and No. 4 is less pronounced (0.5 less). The sorption capacity of the unit volume of the sponge of group No. 3 is 6 times lower than that of the group No. 2. The values of sorption capacity of the unit of mass of the sponge of the samples of group No. 1 are statistically significant (Table 6) differ from the values of groups No. 2 (101.15 less) and No. 3 (63.09 more), group No. 6 (12.3 times more).

Conclusion. The highest values of total porosity are observed in group No. 3 (samples based on oxidized and reduced cellulose fibres) - 112.04, which causes the high adhesive capacity of this material. Group 2 samples (medical gelatin) have the highest pH (5.58), which is close to the original solution pH and shows little effect on the latter. When examining the sorption capacity of a unit of volume and weight of a sponge, the highest value among experimental groups is noted in group No. 2 (medical gelatin).

Key words: hemostatic implants; tranexamic acid; hemostasis; hemostatic agents; bleeding; experimental surgery.

For citation: Lipatov V.A., Lazarenko S.V., Severinov D.A. Study of physical and chemical properties of sponge application hemostatic materials. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy (Medicine of Extreme Situations, Russian journal)* 2020; 22(2): 214-222. (In Russian)

For correspondence: Vyacheslav A. Lipatov, MD, Ph.D., DSci., professor of the Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy of the Kursk State Medical University, Kursk, 305041, Russian Federation. E-mail: drli@yandex.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received 31 October 2019

Accepted June 22, 2020

Введение

В настоящее время значительно увеличилось количество пациентов с закрытым повреждением органов брюшной полости, которые, как правило, сопровождаются развитием паренхиматозного кровотечения из таких органов, как печень, селезенка, а в случае повреждения забрюшинного пространства – почки [1, 2]. Задачей хирурга в случае оказания помощи таким пациентам является выполнение эффективной

остановки кровотечения любыми доступными способами (тампонирование, электрокоагуляция, гемостатический шов и т.д.) [3]. На данный момент все шире в практику хирургических стационаров внедряется органосохраняющий принцип при проведении оперативных вмешательств, благодаря которому снизилось число резекций и эктомических (органуносящих) операций [4, 5]. В связи с этим практикующие хирурги зачастую стали прибегать к интраоперационному использованию аппликационных

Таблица 1

Характеристика исследуемых гемостатических материалов

Название	Производитель		Состав
	фирма	страна	
Tachocomb	Takeda Austria GmbH	Австрия (4020 Linz, Austria)	Коллаген из сухожилий лошади; рибофлавин; лиофилизированный фибриноген человека; тромбин из крови быка; аprotинина из лёгких быка
Gelita-Spon Standard	Gelita Medical, GmbH	Германия (Uferstra, Eberbach, Germany)	Медицинский желатин
Surgicel Fibrillar	Ethicon, Johnson & Johnson	США (USA)	Волокна окисленной и восстановленной целлюлозы
Na-КМЦ+ Транексамовая кислота (прессованный и непрессованный)	ООО «Линтекс»	Россия, г. Санкт-Петербург	4% гель карбоксиметиллцеллюлозы, 3% транексамовой кислоты от массы полимера
Na-КМЦ (прессованный и непрессованный)	ООО «Линтекс»	Россия, г. Санкт-Петербург	4% гель карбоксиметиллцеллюлозы

местных кровоостанавливающих средств, таких как гемостатические губки, гели, порошки и пр. [6]. В современной клинике в работу операционных блоков активно внедряются губчатые аппликационные гемостатические материалы. Такие средства применимы в разных областях хирургии и широко представлены на мировом и отечественном рынке изделий медицинского назначения. В связи с ростом потребностей в данных изделиях возникает необходимость в разработке и экспериментальной апробации средств местного гемостатического действия, что подтверждается неполной удовлетворенностью эффективности уже существующих средств [7, 8].

Однако многие из них обладают различной степенью гемостатической активности, но еще не разработаны общие методики оценки некоторых их физических свойств (поглотительная способность), на которых базируется их механизм действия [9, 10]. Это требует стандартизации алгоритма и методологии исследования эффективности кровоостанавливающих имплантов в опытах *in vitro* [11]. Такие методики и Протоколы их использования позволят исследователю с большей эффективностью выбирать оптимальные варианты опытных образцов для дальнейшего их испытания на животных моделях в случаях разработки совершенно новых образцов, но и экономить время и уменьшить

число подопытных лабораторных животных.

Цель исследования – оценить физические (полная пористость, сорбционная способность) и химические свойства (кислотность (pH) водной вытяжки) губчатых аппликационных гемостатических материалов.

Материал и методы

Выделяли группы исследования согласно тестируемому образцу (табл.1):

- образцы, внедренные в клиническую практику хирургических стационаров: пластина коллагеновая Tachocomb; Gelita-Spon Standard, Surgicel Fibrillar;
- образцы кровоостанавливающих средств, разработанные совместно с ООО «Линтекс» г. Санкт-Петербург, Россия, на основе натрий-карбоксиметиллцеллюлозы (Na-КМЦ) с различными модификациями (добавлением фармацевтической субстанции транексамовой кислоты и дополнительной механической обработкой с помощью промышленного пресса): Na-КМЦ + Транексамовая кислота, прессованный; Na-КМЦ + транексамовая кислота, непрессованный, Na-КМЦ прессованный, Na-КМЦ, непрессованный.

Подготовку образцов для исследования проводили следующим образом: образцы необходимого размера вырезали из центральной части гемостатических губок, извлеченных из упаков-

вок не ранее чем за 1 сут до измерения. Использовались губки с не истекшим сроком годности, принадлежность к той или иной партии не контролировалась.

Исследования проводили на базе лаборатории экспериментальной хирургии и онкологии научно-исследовательского института экспериментальной медицины федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Далее приводим подробное описание методик оценки свойств тестируемых образцов.

Для определения *сорбционной способности губок* специальным образом подготавливали центрифужные пробирки: на дно пробирок помещали жесткую металлическую проволоку так, чтобы высота образующейся подложки составляла не менее 30 мм, сверху помещали вырезанную по сечению пробирки фильтровальную бумагу, закрывали пробирки пробками. Рассчитывали необходимый размер образцов так, чтобы их объем составлял 1 см³, измеряли их массу с помощью аналитических весов AND GH-252 [12, 13].

Образцы выдерживали в подогретой в инкубаторе IGS60 до 37°C дистиллированной воде 5 мин, затем помещали в подготовленные пробирки и центрифугировали (лабораторная центрифуга LMC-3000 с ускорением 1500 g в течение 5 мин. После центрифугирования фильтровальную бумагу и образец извлекали, снимали образец с фильтровальной бумаги и измеряли его массу. Сорбционную способность единицы массы губки определяли по формуле:

$$C_{\text{H}_2\text{O}}^m = \frac{m_{\text{обр.цен.}} - m_0}{M_{\text{H}_2\text{O}}}$$

сорбционную способность объема массы губки (моль/кг) определяли по формуле:

$$C_{\text{H}_2\text{O}}^V = \frac{m_{\text{обр.цен.}} - m_0}{V_0}$$

где $C_{\text{H}_2\text{O}}$ – сорбционная способность объема губки (мл/см³) [$C_{\text{H}_2\text{O}}^m$] = 1 моль/кг, [$C_{\text{H}_2\text{O}}^V$] = 1 мл/см³; $m_{\text{обр.цен.}}$ – масса образца после центрифугирова-

ния; m_0 – масса образца губки; $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ – плотность воды; V_0 – объем образца губки.

При исследовании *полной пористости* губок пробирки подготавливали указанным выше способом [14]. Далее осуществляли ту же последовательность действий, что и при оценке сорбционной способности. Отличие заключается лишь в том, что образцы погружали в орто-ксилол, а не в дистиллированную воду, на 2 мин. Разницу между массой подготовленной пробирки до помещения образца и после центрифугирования считали массой выделившегося из пор орто-ксилола.

Коэффициент полной пористости (КПП) рассчитывали по формуле:

$$K_{\text{п.п.}} = \frac{m_{\text{хыл}}}{\rho_{\text{хыл}} V_{\text{обр}}}$$

где $K_{\text{п.п.}}$ – коэффициент открытой пористости; $m_{\text{хыл}}$ – масса выделившегося из пор орто-ксилола; $\rho_{\text{хыл}}$ – плотность орто-ксилола; $V_{\text{обр}}$ – объем образца.

Водородный показатель (pH) растворов измеряли согласно модифицированной методике, описанной в ГОСТ 12523-77 «Целлюлоза, бумага, картон. Метод определения величины pH водной вытяжки». Для этого мерный стеклянный стакан наполняли 5 мл дистиллированной воды, полученной с помощью Аквадистиллятора АЭ-4 (производитель ООО ПФ «Ливам», Россия), которую доводили до pH 7,0 добавлением щелочи (NaOH гранулированный). После чего в них помещали тестируемые образцы объемом 1 см³ так, чтобы они полностью были погружены в жидкость. После чего стаканы с образцами выдерживали в инкубаторе IGS60 в течение 24 ч при температуре +37 °C. Кислотность получившегося раствора оценивали с помощью лабораторного погружного измерителя качества воды [15].

Статистическую обработку полученных данных проводили с применением методик описательной и вариационной статистики – медианы, 25 и 75 перцентилей (Me [25;75]). В качестве программной среды использовали триал-версию (версия, предусматривающая бесплатное распространение в сети Интернет, а также неполный, ограниченный функционал программы, но достаточный для выполнения указанных

Таблица 2

Значения физических свойств губчатых гемостатических аппликационных материалов в эксперименте *in vitro*, Me [25; 75]

Название	Свойство			
	коэффициент полной пористости	кислотность, рН	сорбционная способность	
			единица массы губки, моль/кг	единица объёма губки, мл/см ³
Tachocomb	63,75 [44,77; 76,36]	4,49 [4,43;4,64]	75,95 [49,72;79,47]	0,05 [0,03;0,05]
Gelita-Spon Standart	71,25 [65,45; 71,49]	5,58 [5,16; 5,6]	177,1 [175,37; 183,76]	0,06 [0,06; 0,06]
Surgicel Fibrillar	112,04 [108,52;113,86]	3,79[3,4; 3,82]	12,86 [12,28;14,24]	0,01 [0,01;0,01]
Na-КМЦ + Транексамовая кислота (непрессованная)	71,47 [64,83;71,87]	4,99 [4,94; 5,02]	0	0
Na-КМЦ + Транексамовая кислота (прессованная)	60,10 [57,96; 68,86]	4,87 [4,74; 4,93]	6,32 [4,28;8,36]	0,02 [0,01;0,03]
Na-КМЦ (прессованная)	46,70 [32,13;47,77]	4,41 [4,38; 4,42]	6,16 [14,57;15,62]	0,02 [0,01;0,05]
Na-КМЦ (непрессованная)	54,69 [51,89; 56,84]	4,57 [4,41; 4,85]	0	0

Примечание. Здесь и в табл. 5, 6: цифрой «0» обозначены значения *p* групп, образцы которых полностью растворились в ходе исследования.

расчетов) программы Statistica 10. Достоверность отличия средних величин определяли с помощью критерия Манна–Уитни (*U*), при допустимом для медико-биологических исследований значении $p \leq 0,05$.

Результаты

При сравнительном анализе данных обнаружено, что значения полной пористости образцов групп № 1 и № 2 статистически значимо (табл. 2, 3) отличаются от значений группы № 3 на 48,28 и 41 соответственно. Также значения полной пористости образцов группы № 3 превышают значения образцов группы № 4 на 40,57.

В экспериментальных группах № 5–7 отмечается меньшее количество статистических значимых отличий с другими группами. Так, значения полной плотности в группе № 5 на 13,4 больше чем в группе № 6, а в группе № 4 на 24,77 больше чем в той же группе. В свою очередь значения исследуемого свойства группы № 6 на 24,55 меньше, чем в группе № 2, и в 2,4 раза – чем в группе № 3.

Значения рН образцов группы № 1 статистически значимо (табл. 4) отличаются от значений групп № 2 (на 1,09 меньше) и № 3 (на 1,18 меньше). Отличие между группами № 1 и № 4 менее выражено (на 0,5 меньше). Также значения образцы рН образцов группы № 2 превышают значения образцов группы № 3 в 1,5 раза,

Таблица 3

Результаты сравнения достоверности отличия показателей полной пористости в исследуемых группах

Группа	Группа					
	2	3	4	5	6	7
1	0,6761	0,0215*	0,6761	1,0	0,21	0,5308
2		0,0215*	1,0	0,21	0,0215*	0,0946
3			0,0121*	0,2962	0,0373*	0,0946
4				0,2962	0,0215*	0,0946
5					0,0215*	0,2100
6						0,0946

Примечание. Здесь и в табл. 4–6: * – статистически значимые значения (при $p \leq 0,05$).

Таблица 4

Результаты сравнения достоверности отличия рН водной вытяжки в исследуемых группах

Группа	Группа					
	2	3	4	5	6	7
1	0,0005*	0,0003*	0,0003*	0,6911	0,6911	0,6911
2		0,0003*	0,0003*	0,3538	0,8253	0,6911
3			0,0243*	0,6911	0,6911	0,6911
4				0,6272	0,6911	0,6911
5					0,0003*	0,0003*
6						0,0003*

Таблица 5

Результаты сравнения достоверности отличия показателей сорбционной способности единицы объема губки в исследуемых группах

Группа	Группа					
	2	3	4	5	6	7
1	0,0758	0,1436	0	0,4385	0,8345	0
2		0,0121*	0	0,0813	0,1745	0
3			0	0,4385	0,1436	0
4				0	0,8464	0
5					0,8464	0
6						0

а в сравнении с группой № 4 – на 0,59. Помимо вышеперечисленных отличий значения группы № 4 на 1,2 больше, чем в группе № 3.

В экспериментальных группах № 5–7 отмечается меньшее количество статистических значимых отличий с другими группами. Так, значения рН в группе № 5 на 0,46 и 0,3 больше чем в группах № 6 и № 7. В свою очередь значения рН группы № 7 на 0,16 больше, чем в группе № 6.

При сравнении значений сорбционной способности единицы объема губки (табл. 5) в экспериментальных группах отмечается малое количество статистических значимых отличий. Так, значения группы № 3 в 6 раз меньше по сравнению с группой № 2.

При сравнении данных обнаружено, что значения сорбционной способности единицы массы губки образцов группы № 1 статистически значимо (табл. 6) отличаются от значений групп № 2 (на 101,15 моль/кг меньше) и № 3 (на 63,09 моль/кг больше), группы № 6 (в 12,3 раза больше).

Также значения сорбционной способности образцов группы № 2 превышают значения образцов группы № 3 в 13,8 раз, а в сравнении с группой № 6 – на 170,78 моль/кг. Помимо вышеперечисленных отличий значения группы № 5 на 6,54 моль/кг меньше чем в группе № 3.

Обсуждение

По увеличению показателя полной пористости экспериментальные группы располагаются в следующем порядке: 6→7→5→1→2→4→3. То есть наибольшие значения среди гемоста-

Таблица 6

Результаты сравнения достоверности отличия показателей сорбционной способности единицы массы губки в исследуемых группах

Группа	Группа					
	2	3	4	5	6	7
1	0,0122	0,0122*	0	0,0814	0,0367*	0
2		0,0122*	0	0,0814	0,0122*	0
3			0	0,0814	0,6761	0
4				0	0	0
5					0,5613	0
6						0

тических материалов обнаружены у образцов на основе медицинского желатина (группа № 2) и натриевой соли карбоскиметилцеллюлозы (группа № 4), окисленной целлюлозы (группа № 2). Образцы экспериментальных групп № 6, 7, 5, 1 обладают меньшей пористостью согласно полученным результатам. Из вышесказанного следует, что тестируемые образцы на основе желатина, производных целлюлозы имеют более пористую структуру. Это может обуславливать их высокую гемостатическую способность и ускорять время остановки кровотечения при использовании данных материалов интраоперационно по поводу оперативных вмешательств на паренхиматозных органах брюшной полости.

По увеличению степени изменения уровня рН водной вытяжки образцы экспериментальных групп располагаются в следующем порядке: 2→4→5→7→6→1→3. Данный показатель позволяет опосредованно судить о рН тестируемого образца и о том, как он будет влиять на течение процессов остановки кровотечения. Нами обнаружено, что наименьшее влияние со стороны гемостатических материалов на рН оказывают образцы на основе медицинского желатина и натриевой соли карбоскиметилцеллюлозы с добавлением транексамовой кислоты. И наоборот, кровоостанавливающие средства на основе коллагена, волокон окисленной и восстановленной целлюлозы значительно влияют на рН раствора, в который они были погружены, рН коллагеновых губок, а также губок на основе волокон окисленной и восстановленной

Таблица 7

Число баллов по итогам оценки физических свойств губчатых гемостатических аппликационных материалов

Название	Свойство				Сумма баллов
	Коэффициент полной пористости	рН	Сорбционная способность		
			единица массы губки	единица объема губки	
Tachocomb	63,75	4,49	75,95	0,05	144,24
Gelita-Spon Standart	71,25	5,58	177,1	0,06	253,99
Surgicel Fibrillar	112,04	3,79	12,86	0,01	128,7
Na-КМЦ + транексамовая кислота (непрессованная)	71,47	4,99	0	0	76,46
Na-КМЦ + транексамовая кислота (прессованная)	60,10	4,87	6,32	0,02	71,31
Na-КМЦ (прессованная)	46,70	4,41	6,16	0,02	57,29
Na-КМЦ (непрессованная)	54,69	4,57	0	0	59,26

целлюлозы несколько смещено в «кислую» сторону более, чем в других образцах. Этим может объясняться их высокая кровоостанавливающая активность, описанная авторами при использовании указанных средств в качестве локальных гемостатиков при операциях на паренхиматозных органах живота [10, 11].

По увеличению изменения значений такого показателя, как сорбционная способность, экспериментальные группы располагаются в следующем порядке: 4,7→6→5→3→1→2. Из этого следует, что наименьшее изменение гемостатических материалов наблюдается у образцов на основе медицинского желатина и натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы. И наоборот, кровоостанавливающие средства на основе медицинского желатина значительно подверглись изменениям. Это связано со структурой самих образцов: гемостатические материалы на основе Na-КМЦ обладают высокой степенью вододержания, способностью изменять реологические свойства, повышать стабильность дисперсионных растворов и вязкость.

Для наглядного отображения полученных результатов мы перевели данные в балы (согласно их медианному значению) (табл. 7), так как в каждом случае оценки того или иного параметра отмечается прямая зависимость между значением и его интерпретацией, т.е. чем значение показателя выше, тем выше в рейтинге

тестируемых образцов будет находиться его обладатель.

В порядке возрастания количества баллов группы расположены следующим образом: 6→7→5→4→3→1→2.

Заключение

Наибольшие значения показателя полная пористость отмечается в группе № 3 (образцы на основе волокон окисленной и восстановленной целлюлозы) – 112,04, что обуславливает высокую адгезивную способность данного материала и является важным преимуществом по сравнению с другими тестируемыми нами образцами. Наименьшие значения (46,7) нами получены при исследовании данного показателя у образцов на основе натрий-карбоксиметилцеллюлозы с добавлением транексамовой кислоты, модифицированные механической обработкой с помощью промышленного прессы (группа № 6), что подчеркивает малое количество пор в структуре образца и преобладание его «паренхимы» над порой составляющей.

Образцы группы № 2 (медицинский желатин) обладают наибольшим значением рН (5,58), которое близко к изначальному рН раствора и говорит о незначительном его влиянии на последнее. Меньшее значение рН отмечается в группе № 3 (волокна окисленной целлюлозы) – 3,79. Это указывает на высокую кис-

лотность самого образца, и его значительное влияние на pH раствора, и, как следствие, pH среды или раневой поверхности. Значения pH водной вытяжки образцов, разработанных авторами (группы № 4–7) находятся в диапазоне от 4,41 до 4,99, что указывает на менее выраженное воздействие на pH раствора и в последующем на поверхность контакта с травмированным органом.

При исследовании сорбционной способности единицы объема губки наибольшее значение среди экспериментальных групп отмечается в группе № 2 (медицинский желатин) – 0,06, а наименьшее значение в группе № 3 – 0,01. В случае с оценкой значения сорбционной способности единицы массы губки наибольшее значение также принадлежит образцам группы № 2 (177,1), а наименьшее – группе № 6 (6,16). Отметим, что в группах № 4 и 7 данный показатель равен 0 (при исследовании сорбционной способности единицы массы и объема губки), что обусловлено полным растворением образцов в ходе исследования. Это опосредованно указывает на их значительную впитывающую способность, а также способность к биodeградации, что бесспорно является преимуществом данных образцов по сравнению с другими группами исследования. Так, значения группы № 3 в 6 раз меньше по сравнению с группой № 2.

Опираясь на представленные выше результаты, делаем вывод, что большим количеством позитивных свойств обладают такие образцы, как Tachocomb и Gelita-Spon Standart, разработанные авторами образцы занимают среднее положение, а по некоторым параметрам и более высокое. Это подчеркивает необходимость дальнейшего исследования и усовершенствования локальных гемостатических средств на основе такого перспективного материала как натрий-карбоксиметиллцеллюлоза, который может выступать в качестве матрицы-носителя для лекарственных средств, обладающих различными позитивными свойствами (антибактериальной, кровоостанавливающей активностью).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА

(пп. 10, 11 см. в REFERENCES)

1. Липатов В.А., Лазаренко С.В., Сотников К.А., Северинов Д.А., Ершов М.П. К вопросу о методологии сравнительного изучения степени гемостатической активности аппликационных кровоостанавливающих средств. *Новости хирургии*. 2018; 1(26): 81-94. DOI: 10.18484/2305-0047.2018.1.81
2. Гараев И.Х., Мусин И.Н., Зенитова Л.А. Антисептические перевязочные материалы на основе сфагнума. *Бюллетень медицинской науки*. 2019; 1(13): 7-12. DOI: 10.31684/2541-8475.2019.1(13).7-12
3. Бежин А.И., Солдатова Д.С., Литвиненко И.В., Горпинич А.Б. Экспериментальное обоснование кровоостанавливающего эффекта 3% геля карбоксиметиллцеллюлозы. *Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье»*. 2018; (4): 72-9. DOI: 10.21626/vestnik/2018-4/12
4. Ославский А.И., Смотрин С.М. Поглотительная и адсорбционная способности углеволокнистых сорбентов к биологическим жидкостям. *Журнал ГрГМУ*. 2012; 3(39): 25-8.
5. Серова А.Н., Пехенько В.Г., Тихонова И.Н., Глазкова Е.А., Бакина О.В., Лернер М.И., Псахье С.Г. Адсорбционная и поглотительная способность сорбционно-поглотительного материала, включающего наноструктурный оксид гидроксид алюминия. *СМЖ*. 2012; 2: 127-31.
6. Штейнле А.В. Поглотительная и абсорбционная способности раневой повязки на основе наноструктурированного графита по сравнению с современными высокоэффективными перевязочными средствами. *Приволжский научный вестник*. 2012; 4(8): 77-83.
7. Постников П.С., Кутонова К. В., Мазин В.И., Штейнле А.В. Сорбционные свойства раневой повязки на основе наноструктурированного графита. *Acta Biomedica Scientifica*. 2010; 5: 189-91.
8. Легонькова О.А., Алексеев А.А. Современные раневые покрытия: их свойства и особенности. *Вестник Росздравнадзора*. 2015; 6: 66-8.
9. Леонов Д.В., Розов Р.М., Устинова Т.П., Клюев И.А. Исследование физико-механических свойств полиамида-6, модифицированного окисленным графитом и базальтовой ватой на стадии его синтеза. *Молодой ученый*. 2015; 24(1): 38-40.
10. Легонькова О.А., Васильев В.Г., Асанова Л.Ю. Сорбционные и физико-механические свойства биоматериалов, используемых в качестве перевязочных средств. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2015; 10: 7-13.
11. Легонькова О.А., Васильев В.Г., Асанова Л.Ю. Методы оценки эксплуатационных свойств полимерных перевязочных средств. *Все материалы. Энциклопедический справочник*. 2015; 8: 10-4.
12. Легонькова О.А., Васильев В.Г., Асанова Л.Ю. Исследование эксплуатационных свойств полимерных перевязочных средств. *Раны и раневые инфекции*.

- Журнал имени профессора Б.М. Костюченко*. 2015; 2: 32-9. DOI: <https://doi.org/10.17650/2408-9613-2015-2-2-32-39>.
15. Целлюлоза, бумага, картон. Метод определения величины рН водной вытяжки: ГОСТ 12523-77. [Введ. 1978–01–01]. М.: Изд.-во стандартов, 1978. IV, 6 с.: ил.; 29 см.
- REFERENCES**
1. Lipatov V.A., Lazarenko S.V., Sotnikov K.A., Severinov D.A., Ershov M.P. To the question of the methodology of comparative study of the degree of hemostatic activity of application hemostatic agents. *Novosti khirurgii*. 2018;1(26):81-94. DOI: 10.18484/2305-0047.2018.1.81. (in Russian)
 2. Garayev I.H., Musin I.N., Anti-aircraft L.A. Antiseptic dressings based on sphagnum. *Byulleten meditsinskoy nauki*. 2019; 1(13): 7-12. DOI: [https://doi.org/10.31684/2541-8475.2019.1\(13\).7-12](https://doi.org/10.31684/2541-8475.2019.1(13).7-12). (in Russian)
 3. Bezhin A.I., Soldatova D.S., Lytvynenko I.V., Gorpnich A.B. Experimental justification of the hemostatic effect of carboxymethylcellulose 3% gel. *Kurskiy nauchno-prakticheskiy vestnik "Chelovek i zdorov'e"*. 2018; (4): 72-9. DOI: 10.21626/vestnik/2018-4/12. (in Russian)
 4. Oslavsky A.I., Smotrin S.M. Absorption and Adsorption Abilities of Carbon Fiber Sorbents to Biological Fluids. *Zhurnal GrHMU*. 2012; 3(39): 25-8. (in Russian)
 5. Serova A.N., Pekhenko V.G., Tikhonov I.N., Glazkova E.A., Bakina O.V., Lerner M.I., Psakhye S.G. Adsorption and absorption capacity of sorption material including nanostructured aluminium oxyhydroxide. *SMZH*. 2012; 2: 127-31. (in Russian)
 6. Steinle A.V. Absorption and adsorption abilities of wound bandage based on nanostructured graphite compared to modern highly effective dressings. *Privolzhskiy nauchny vestnik*. 2012; 4(8): 77-83. (in Russian)
 7. Postnikov P.S., Kutonov K.V., Mazin V.I., Steinle A.V. Sorption properties of wound bandage based on nanostructured graphite. *Acta Biomedica Scientifica*. 2010; 5: 189-91. (in Russian)
 8. Legonkova O.A., Alexey A.A. Modern wound coatings: their properties and peculiarities. *Vestnik Roszdravnadzora*. 2015; 6: 66-8. (in Russian)
 9. Leonov D.V., Rosov R.M., Ustinov T.P., Kluev I.A. Study of physical and mechanical properties of polyamide-6 modified with oxidized graphite and basalt vata at the stage of its synthesis. *Molodoy ucheny*. 2015; 24(1): 38-40. (in Russian)
 10. Pourhaghgouy M., Zamanian A. Physical and mechanical properties of the fully interconnected chitosan ice templated scaffolds. *Journal of Applied Polymer Science*. 2015; 132(7): 414-76. DOI: <https://doi.org/10.1002/app.41476>
 11. Foruzanmehr M., Vuillaume P.Y., Elkoun S., Robert M. Physical and mechanical properties of PLA composites reinforced by TiO2 grafted flax fibers. *Materials & Design*. 2016; 106(15): 295-304. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2016.05.103>
 12. Legonkova O.A., Vasilyev V.G., Asanova L.Y. Sorption and physical and mechanical properties of biomaterials used as dressing agents. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii*. 2015; 10: 7-13. (in Russian)
 13. Legonkova O.A., Vasilyev V.G., Asanova L.Y. Methods of evaluation of operational properties of polymer dressings. *Vse materialy. Farmatsevticheskiy spravochnik*. 2015; 8: 10-4. (in Russian)
 14. Legonkova O.A., Vasilyev V.G., Asanova L. Yu. Study of operational properties of polymer dressings. *Rany i ranevye infektsii. Zhurnal umeni professor B.M.Kostyuchchenko*. 2015; 2: 32-9. DOI: <https://doi.org/10.17650/2408-9613-2015-2-2-32-39>. (in Russian)
 15. *Pulp, paper, cardboard. Method of determining pH value of water extract: GOST 12523-77*. [Introduced. 1978–01–01]. Moscow: Published by the Standards, 1978. IV, 6 p.: il.; 29 cm. (in Russian)

Поступила 23 ноября 2019
Принята в печать 22 июня 2020