

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГУБЧАТЫХ АППЛИКАЦИОННЫХ ГЕМОСТАТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ *in vitro* (ОБЗОР)

DOI: 10.17691/stm2020.12.1.16

УДК 616.36–002.16–005.1–089.843:615.273.5–092.9

Поступила 14.10.2018 г.



Д.А. Северинов, ассистент кафедры анатомии человека¹;

С.В. Лазаренко, к.м.н., ассистент кафедры онкологии¹;

К.А. Сотников, рентгенолог отделения компьютерной томографии отдела лучевой диагностики²;

В.В. Похожай, к.м.н., доцент кафедры онкологии³;

П.В. Ансимова, студентка¹;

В.А. Липатов, д.м.н., доцент, профессор кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии¹

¹Курский государственный медицинский университет, ул. К. Маркса, 3, Курск, 305041;

²Городская клиническая больница им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы,

2-й Боткинский проезд, 5, Москва, 125284;

³Гомельский государственный медицинский университет, ул. Ланге, 5, Гомель, Республика Беларусь, 246000

В работу операционных блоков современной клиники активно внедряются материалы для замещения дефекта органа и/или остановки кровотечения из области травмы. Такие средства применимы в разных областях хирургии и широко представлены на зарубежном и отечественном рынках изделий медицинского назначения. Многие имплантаты местного действия обладают разной степенью гемостатической активности, что требует стандартизации алгоритма их выбора и методологии исследования.

Рассмотрены методики изучения эксплуатационных свойств кровоостанавливающих имплантатов *in vitro*. Предложены критерии оценки их физических, химических и органолептических свойств *in vitro*, которые позволят исследователю с большей эффективностью выбирать оптимальные варианты опытных образцов для дальнейшего испытания изделий на биологических моделях, экономить средства, время и уменьшать количество экспериментов *in vivo*.

Ключевые слова: гемостатические имплантаты; кровоостанавливающие средства; паренхиматозное кровотечение; свойства имплантатов; тестирование имплантатов *in vitro*.

Как цитировать: Severinov D.A., Lazarenko S.V., Sotnikov K.A., Pohozhay V.V., Ansimova P.V., Lipatov V.A. *In vitro* evaluation of performance properties of sponge hemostatic dressings (review). *Sovremennye tehnologii v medicine* 2020; 12(1): 139–149, <https://doi.org/10.17691/stm2020.12.1.16>

English

In vitro Evaluation of Performance Properties of Sponge Hemostatic Dressings (Review)

D.A. Severinov, Assistant, Department of Human Anatomy¹;

S.V. Lazarenko, MD, PhD, Assistant, Department of Oncology¹;

K.A. Sotnikov, Radiologist, Computer Tomography Unit, Department of Radiodiagnostics²;

V.V. Pohozhay, MD, PhD, Associate Professor, Department of Oncology³;

P.V. Ansimova, Student¹;

V.A. Lipatov, MD, DSc, Associate Professor, Professor, Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy¹

¹Kursk State Medical University, 3 K. Marx St., Kursk, 305041, Russia;

²S.P. Botkin City Clinical Hospital, Moscow Department of Public Health, 5, 2-y Botkinskiy Proezd, Moscow, 125284, Russia;

³Gomel State Medical University, 5 Lange St., Gomel, 246000, Republic of Belarus

Для контактов: Северинов Дмитрий Андреевич, e-mail: dmitriy.severinov.93@mail.ru

Dressings for restoring organ defects and/or hemostasis in the injury site are being actively applied in operational units. These dressings are used in various surgeries and are widely represented in the foreign and domestic markets of medical products. Many local implants have different levels of hemostatic activity, which requires standardization of the algorithm of choice and the methods of their study.

Here the methods of studying the performance properties of hemostatic implants *in vitro* have been considered and evaluation criteria of their physical, chemical and organoleptic properties *in vitro* have been proposed. This will allow a researcher to choose optimal variants of samples for further experiments on biological models more effectively as well as to save funds, time and reduce the number of experiments *in vivo*.

Key words: hemostatic implants; hemostatic dressings; parenchymal bleeding, properties of implants; implant testing *in vitro*.

Введение

В абдоминальной хирургии отмечается тенденция к выполнению органосохраняющих оперативных вмешательств при травмах parenchymatous органов (почки, печень, селезенка) ввиду их высокой функциональной значимости [1, 2]. Традиционные способы остановки кровотечения — наложение П-образных швов, тампонада сальником и другие — не утрачивают своей актуальности и сегодня, так как обеспечивают компрессию внутриорганных сосудов. Однако в случае, когда имеет место капиллярное, поверхностное кровотечение, целесообразно применение альтернативных щадящих методов, поскольку наложение швов сопряжено с дополнительным повреждением тканей органа. Это обуславливает рациональность использования бесшовных технологий для замещения дефекта органа и/или остановки кровотечения из области травмы [3, 4].

Существует большое количество средств такого действия, поставляемых как зарубежными, так и отечественными производителями. Их эффективность зависит от подхода к изготовлению морфологической основы образцов, которая, как правило, представляет собой губчатую структуру животного (коллаген) или синтетического (соли целлюлозы) происхождения [5]. Губчатая структура обладает адгезивными свойствами, поэтому полотно имплантата фиксируется к поверхности травмированного органа без дополнительного шовного материала и других средств. Высокие показатели адгезии — обязательный критерий выбора имплантата для остановки кровотечения [6–10]. Помимо адгезивных свойств, важны гигроскопичность

и сорбционность, которые обусловлены химическим составом и пространственной организацией структуры (пористости гемостатических губок) [11].

Несмотря на рост количества оперативных вмешательств и увеличение потребности хирургических стационаров в гемостатических имплантатах, применяемых для локальной остановки кровотечения, общепринятый алгоритм оценки эффективности этих материалов так и не сформирован.

Нами предложен [12] алгоритм выбора кровоостанавливающих средств, применяемых при оперативных вмешательствах преимущественно на parenchymatous органах брюшной полости. Согласно алгоритму, I этап — скрининг-исследование физико-механических и гемостатических свойств имплантатов методиками *in vitro*; II этап — метод «острого» опыта *in vivo*, который необходим для определения продолжительности кровотечения и объема кровопотери; III этап — метод «хронического» эксперимента *in vivo* — исследование выраженности реакции тканей животного на средство при подкожной имплантации и при моделированной травме parenchymatous органов и пр. Эти этапы позволяют всесторонне изучить кровоостанавливающую способность губчатых аппликационных гемостатических материалов и исключить возможные негативные последствия их применения.

Большинство современных исследователей сравнивают кровоостанавливающие средства, опираясь на данные, полученные в опытах *in vivo* [13]. Однако в ряде случаев экспериментов на животных можно избежать. В настоящей работе мы рассматриваем эксплуатационные свойства имплантатов, которые можно оценить в исследованиях *in vitro*.

Критерии оценки эксплуатационных свойств губчатых аппликационных гемостатических имплантатов

Физические свойства		Химические свойства		Органолептические свойства
Механические показатели	Сорбционные показатели	Качественные показатели	Количественные показатели	
Полная и остаточная деформации	Линейная и поверхностная плотности тканей	Реакция водной вытяжки	Определение количества заявленных веществ	Цвет
Растяжимость	Степень адгезии	Реакции на определение наличия заявленных веществ	Определение количества балластных веществ	Плотность
Условная прочность при разрыве	Капиллярность	Реакции на определение наличия балластных веществ		Адгезия к перчаткам
Относительное удлинение при разрыве	Сорбционная и поглощательная способности			Моделируемость
Твердость	Водопоглощение			
Пластичность	Влажность			

Под термином «эксплуатационные характеристики медицинских изделий» мы понимаем комплекс показателей, указывающих на возможность применения изделия и эффективность его использования [14]. С целью более полного анализа мы разделили эксплуатационные свойства на группы (согласно методикам определения): химические, физические, органолептические (см. таблицу).

На данный момент лишь часть описанных ниже методик регламентированы соответствующими документами (ГОСТ), представлены в Государственной фармакопее и пр. Эти методики практически не менялись с момента их разработки, однако они не теряют своей актуальности, особенно при использовании в комплексе.

Определение физических свойств

Исследование эксплуатационных характеристик гемостатических имплантатов следует начинать с оценки **сорбционных показателей**. Именно они характеризуют свойство, которое лежит в основе кровоостанавливающего действия таких средств, — адгезию [15, 16]. Согласно физическому пониманию, адгезия — это сцепление поверхностных слоев двух разнородных тел (фаз), приведенных в соприкосновение. Для более полного понимания сути данного явления обратимся к законам классической механики, а именно к третьему закону И. Ньютона, который гласит: «Сила действия равна силе противодействия». Иными словами, объем усилий для разобщения поверхностей равен силе их взаимодействия (адгезии): $F_1 = -F_2$. Оценка силы адгезии наиболее важна при разработке технологии для изменения свойств продукта и повышения его эффективности [17].

Изучение адгезии — сложный многосторонний, многоступенчатый процесс, при котором учитываются свойства контактирующих поверхностей (текстура, плотность, эластичность, смачиваемость, вязкость и пр.) и среда их контакта — в частности, влажность [18, 19].

Исследования этих характеристик можно проводить расчетными методами на основе таких базовых параметров, как длина, ширина и масса образцов, что не требует использования дорогостоящего и труднодоступного оборудования.

При анализе определяют линейную и поверхностную плотность [20–22]. Линейную плотность образца M_l (г/см) рассчитывают по формуле

$$M_l = m_l \cdot 10^2 / L,$$

где m_l — масса точечной пробы, г; L — средняя длина точечной пробы, см.

Поверхностную плотность M_s (г/см) вычисляют следующим образом:

$$M_s = \frac{m_l \cdot 10^4}{L \cdot b},$$

где b — средняя ширина точечной пробы, см; m_l —

масса точечной пробы, г; L — средняя длина точечной пробы, см.

Некоторые авторы [23–25] предлагают определять кажущуюся удельную массу имплантата по формуле

$$d_{\text{каж}} = P/V.$$

При этом формула объема V сквозных и тупиковых пор имеет вид

$$V = (m_2 - m_1) / d_{\text{КС}},$$

где m_1 — масса воздушно-сухого образца размером $2 \times 2 \times 1$ см; m_2 — масса образца после намокания в растворителе (например, ксилоле, удельная масса ($d_{\text{КС}}$) которого равна $0,8812$ г/см³) [26].

Общую пористость губки P (%) рассчитывают по формуле

$$P = V_1 / V_2 \cdot 100\%,$$

где V_1 — объем воздушно-сухого образца (4 см³); V_2 — объем после намокания в растворителе.

Важным этапом тестирования является определение способности образцов впитывать влагу [27, 28]. Открытую пористость $P_{\text{откр}}$ (%), т.е. объем пор, контактирующих с внешней средой, рассчитывают следующим образом:

$$P_{\text{откр}} = (m_2 - m_1) / m_1 \cdot 100\%,$$

где m_1 — масса исходного образца размером $2 \times 2 \times 1$ см; m_2 — масса образца после его намокания в воде в течение 4 ч.

Для определения влажности образцов группа отечественных исследователей [29–31] предлагает следующую методику: десять навесок площадью 1×1 см массой по 5 г высушивают при температуре 50 – 250 °С. Через 1 час 30 мин проводят первое взвешивание. Затем образцы охлаждают до 36 °С и снова помещают в сушильный шкаф на 30 мин. После еще раз охлаждают и выполняют контрольное взвешивание. Фактическую влажность W_{ϕ} (%) вычисляют по формуле

$$W_{\phi} = \left(1 - \frac{Z_2}{Z_1}\right) 100\% ,$$

где Z_1 — масса до высушивания; Z_2 — масса после второго высушивания. За результат принимают среднее арифметическое.

Для определения сорбционной и поглотительной способности имплантатов используют следующие методы [32, 33]. Традиционный метод определения сорбционной способности основан на взвешивании перевязочных материалов до и после выдерживания их в жидкости. Однако с его помощью можно получать информацию только о механическом заполнении системы капилляров и пор исследуемого образца.

Есть несколько вариантов проведения данного исследования [34–36]. Например, на дно трех воронок, закрытых снизу пробками, помещают три навески образцов. Воронки полностью заливают водой. Через 10 мин пробки снимают. После того как вода стечет (2–3 мин), образцы переворачивают на другую

сторону на 10 мин, чтобы удалить избыток жидкости. Затем их взвешивают и определяют фактическое количество воды K_{ϕ} , поглощенное каждым образцом:

$$K_{\phi} = n \cdot 100 / m,$$

где n — масса поглощенной образцом воды, г; m — масса образца, г. Среднее арифметическое трех образцов и есть поглощающая способность губки.

Н.В. Alam и соавт. [37] предлагают выдерживать навески испытуемых материалов массой 0,05–0,09 г в цельной крови. Полученный процент привеса считают поглотительной способностью.

В исследовании [38] после выполнения указанных выше стандартных процедур рекомендуется центрифугировать образцы в течение 45 мин при 6000 об./мин, а сорбционную способность определять по разнице массы образцов до сорбции и после центрифугирования.

Поглотительную способность материалов можно исследовать по методике оценки капиллярности — подъему или снижению уровня жидкости в капиллярах (узких трубках, каналах произвольной формы, пористых телах). В процессе исследования измеряют скорость поднятия раствора в стеклянной трубке, плотно набитой определенным образом. Для этого образцы одинаковой массы вытягивают в ленты. Ими плотно набивают стеклянную трубку от нулевого деления. Затем эту трубку помещают в сосуд с окрашенной водой таким образом, чтобы жидкость находилась на уровне обозначенного деления. Высоту поднятия жидкости h измеряют через 10 мин с момента соприкосновения окрашенной жидкости и нулевого деления. За h принимают наивысшую точку контура смачивания материала. Капиллярность K (мм) рассчитывают по формуле $K = h/10$.

Следует отметить высокую погрешность методики ввиду того, что многое определяется исследователем визуально, без использования контрольно-измерительных приборов [39, 40].

О.В. Легонькова и соавт. [29–31] предлагают оценивать эксплуатационные характеристики перевязочных средств по следующим параметрам:

коэффициенту набухания (γ): $Q = (M_g - M_c) / M_c$, где M_g и M_c — массы влажной и сухой проб при 25°C соответственно;

константе скорости набухания (мин^{-1}): $K(t) = \ln Q_m / (Q_m - Q)$, где Q — количество жидкости, поглощенное 1 г вещества за время t ; Q_m — максимальное количество поглощенной жидкости (предельное набухание);

кажущейся плотности для пористых губок (г/см^3): $\rho_{\text{каж}} = m/V$.

Рассматривая аппаратные способы оценки физических параметров, отметим, что авторы [41–44] предлагают исследовать удельную площадь поверхности (в том числе перевязочных материалов) на анализаторе NOVA 2200 (Quantachrome Corp., США), используя в качестве газа-адсорбента азот. Удельную площадь поверхности находят по методу

Брунауэра–Эммета–Теллера, который включает две стадии — определение емкости монослоя по изотерме адсорбции и расчет удельной поверхности с использованием молекулярной площади газа. При этом учитывают следующие допущения: поверхность адсорбента однородна; взаимодействие адсорбент–адсорбат сильнее, чем адсорбат–адсорбат; взаимодействие адсорбированных молекул учитывается только в направлении, перпендикулярном поверхности, и рассматривается как конденсация. Площадь поверхности адсорбента устанавливают по объему газа относительно мономолекулярного слоя и площади поперечного сечения молекулы адсорбированного газа.

Для оценки степени адгезии, характера микрорельефа и электропроводимости образцов можно использовать атомно-силовую спектроскопию, принцип действия которой основан на силовом взаимодействии поверхности мембраны и сканирующего зонда. Силовую адгезию измеряют по площади соприкосновения датчика с поверхностью тестируемого образца в различных точках. В итоге получают график кривых «подвод–отвод» (контакт–прерывание контакта). С помощью токовой спектроскопии получают информацию о степени электропроводимости. Характер рельефа определяют по среднему отклонению поверхности образца от изолинии в 100 произвольно выбранных точках.

В исследовании полимерных пленчатых имплантатов *in vitro* с использованием указанных выше методик установлено [45], что самые высокие показатели силы адгезии характерны для образцов с высокими значениями степени шероховатости поверхности, и напротив — низкие показатели адгезии наблюдаются у образцов с гладкой (более плоской) поверхностью рельефа.

Изучение свойств гемостатических материалов с помощью **механических методов** проводят для того, чтобы охарактеризовать такое свойство, как эластичность [46, 47]. Оно представляет интерес именно с практической точки зрения для хирургов, так как от него зависит удобство применения имплантата интраоперационно и/или в ране. Оценку механических свойств выполняют с помощью такого устройства, как разрывная/сдавливающая/раздавливающая машина (точность прибора должна соответствовать требованиям ГОСТа 28840 [48]). Принцип действия этих машин основан на преобразовании кинетической энергии, вырабатываемой серводвигателем, в усилие нагрузки, прикладываемой к испытуемому образцу [48–50].

Образец для испытания должен быть прямоугольным в поперечном сечении, не иметь поверхностной пленки и видимых дефектов. При помощи маркера с параллельными пластинами на образцы наносят две линии, отмечающие рабочий участок. Внутреннее расстояние между линиями должно быть 25–50 мм с погрешностью $\pm 1\%$ [51, 52].

Кроме того, рекомендуется проводить моделирование образцов штанцевым ножом, который применяется для вырубki деталей и резиновых заготовок.

После подготовки образца согласно нормативным актам и условиям эксперимента его закрепляют в зажимы испытательной машины [53]. Последние затягивают, стараясь обеспечить симметричное положение образца для равномерного распределения возникающего напряжения по площади его поперечного сечения, а также чтобы не происходило скольжения образца при испытании и он не разрушался в месте закрепления. Расстояние между зажимами испытательной машины соответствует минимально допустимой длине медицинских изделий, и это часто обуславливает выбор размера образца для испытаний [54–57]. Нередко экспериментатору приходится модифицировать зажим дополнительными оригинальными конструкциями.

Испытание на предварительное вдавливание проводят следующим образом. Образец размещают на опорной поверхности машины так, чтобы его центр находился под центром индентора. Образцы, имеющие выемки на одной стороне, должны располагаться так, чтобы эта сторона находилась у опорной поверхности [58–60]. К испытуемой поверхности прикладывают нагрузку, и индентор погружают в образец со скоростью 100 ± 20 мм/мин до достижения деформации $70 \pm 2,5\%$ от первоначальной толщины, после чего нагрузку снимают с той же скоростью. В случае определения показателя твердости после снятия нагрузки индентор погружают в образец на $40 \pm 1\%$ от первоначальной высоты материала на 30 с [61].

Остаточную деформацию сжатия определяют отношением разности первоначальной и конечной толщин испытуемого объекта. Конечная толщина — это значение, полученное после сжатия образца в течение заданного времени (72 ч), при определенном температурном режиме ($20 \pm 2^\circ\text{C}$), влажности ($65 \pm 5\%$) и времени восстановления его к первоначальной толщине. После снятия нагрузки определяют изменение толщины образца [62–64].

Перед испытанием на растяжимость на центральную часть образца наносят метки, ограничивающие длину исследуемой поверхности, которая должна быть не менее 50 мм для образцов прямоугольной формы согласно ГОСТ 29104.1-91 [20, 65–67].

Условную прочность и относительное удлинение при разрыве устанавливают методом растяжения с постоянной нагрузкой. Для этого измеряют толщину объекта в пяти равномерно распределенных или в двух произвольных точках участка, из которого предполагают выделять образцы. Толщина исследуемых образцов не должна отличаться более чем на $\pm 2\%$ [68–70].

Далее рассчитывают показатели упругости и пластичности. Модуль упругости (модуль Юнга) характеризует способность материала сопротивляться деформированию [71, 72]. Его определяют по формуле $E = \sigma / \varepsilon$, где σ — напряжение; ε — относительное удлинение.

Под пластичностью понимают способность материала изменять форму и размеры, не разрушаясь под действием внешних сил. В качестве меры пластичности принимают относительное удлинение (укорочение) δ и поперечное сужение (расширение) ψ при статическом испытании на растяжение (сжатие) [73–75]:

$$\delta = (l_k - l_0) / l_0 \cdot 100\%, \\ \psi = (F_k - F_0) / F_0 \cdot 100\%,$$

где l_0 и l_k — длина образца до и после разрыва; F_0 и F_k — площадь поперечного сечения образца до и после разрушения.

Заключение о пластичности материала делают в зависимости от соответствия полученных результатов следующим критериям: пластичные — $\delta > 5\%$, хрупкие — $\delta < 5\%$. Однако в идеале эти критерии в физике и механике материалов применимы только к твердым субстанциям и телам (металлы, древесина и пр.) [76–78].

Определение химических свойств

Химические методы оценки свойств губчатых аппликационных гемостатических имплантатов можно разделить на **качественные** (определение наличия заявленных производителем веществ с указанным уровнем очистки) и **количественные** (их процентное соотношение и пр.). Принципиальным является изучение следов веществ (в том числе их токсически значимого количества), используемых в технологическом процессе, — реагентов, которые не должны присутствовать в конечном продукте. Ненадлежащие условия хранения или качество реагентов могут значительно влиять на конечные свойства имплантатов, а именно на эффективность, потенцировать реакцию тканей макроорганизма и тем самым снижать биологическую инертность материала. Наличие «лишних» («балластных») веществ способно привести к развитию парадоксальных аллергических реакций, в том числе к формированию у гемостатических изделий тератогенных и онкогенных свойств [79, 80].

Одним из наиболее простых, доступных и показательных с практической точки зрения является метод определения реакции водной вытяжки [81–83]. Исследуемый материал кипятят в дистиллированной воде в течение 15 мин и охлаждают. С помощью индикатора изучают реакцию образовавшегося раствора [84, 85]. Данный способ позволяет судить о pH среды самого образца и прогнозировать течение и результат биохимических реакций, возникающих в макроорганизме при введении имплантата.

Определение органолептических свойств

Органолептические методы заслуживают особого внимания. Они являются универсальными и доступными. Физические и химические свойства губчатых аппликационных гемостатических средств определяют

аппаратно или же с помощью расчетных методов, в то время как органолептические (манипуляционные) свойства уместно определять с помощью приглашенных экспертов (экспертный метод) — практикующих хирургов [86–88]. Оценку проводят в конкурентном сравнительном аспекте между экспериментальными группами, присваивая им баллы или ранги. В качестве критериев могут быть использованы субъективные параметры (цвет образца до и после имплантации в рану, плотность, адгезия к перчаткам, моделируемость и пр.). Каждый из указанных критериев имеет важное значение, так как определяет ход оперативного вмешательства, удобство выполнения хирургических манипуляций, а иногда и их продолжительность [89–91]. Органолептические методики исследования имеют интегральный характер и позволяют заменить длительную многофакторную оценку материалов с использованием дорогостоящего оборудования [92–94].

Заключение

Разработка и исследование губчатых аппликационных гемостатических изделий проводятся по ряду направлений. Формируются различные подходы к модификации таких средств, нацеленные на потенцирование эффективности их использования [95–100]. Это в свою очередь требует разработки методов скринингового (массового) изучения эффективности таких материалов, что позволит на ранних этапах провести сравнительный анализ между различными образцами. По нашему мнению, скрининговые тесты могут быть осуществлены методами *in vitro*. Однако такая оценка будет неполной ввиду значительных погрешностей, по сравнению с экспериментами *in vivo*, так как макроорганизм представляет собой сложную открытую систему с множеством переменных, учесть которые на сегодняшний день не под силу даже высокомоощным вычислительным аппаратам.

Предложенный нами алгоритм [12] и приведенные методики оценки эксплуатационных свойств гемостатических средств *in vitro* помогут исследователю сориентироваться относительно выбора образцов на первых этапах работы. Алгоритмизация даст общее понимание механизмов действия кровоостанавливающих средств, что может быть использовано в дальнейшем сравнительном изучении их эффективности и в качестве конечного результата облегчит выбор перспективных тестируемых образцов из общей массы разработанных гемостатических изделий.

Вклад авторов: В.А. Липатов — концепция и дизайн исследования, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи; С.В. Лазаренко — написание текста, редактирование, ответственность за целостность всех частей статьи; К.А. Сотников — сбор и обработка материала, написание текста, редактирование; Д.А. Северинов — сбор и обработка материала, на-

писание текста, редактирование, ответственность за целостность всех частей статьи; В.А. Похожай — написание текста, редактирование, ответственность за целостность всех частей статьи; П.В. Ансимова — сбор и обработка материала, написание текста.

Финансирование исследования. Работа выполнялась в соответствии с планом научных исследований ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России. Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов, фирм-производителей изделий и аппаратов медицинского назначения авторы не получали.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

1. Горский В.А., Зрянин А.М., Агапов М.А. Эффективность использования ТахоКомба в гепатобилиарной хирургии. *Современные технологии в медицине* 2011; 2: 61–68.

Gorsky V.A., Zryanin A.M., Agapov M.A. The effectiveness of tachocomb use in hepatobiliary surgery. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2011; 2: 61–68.

2. Маховский В.В. Состояние проблемы и пути оптимизации органосохраняющей тактики в хирургии селезенки. *Вопросы реконструктивной и пластической хирургии* 2014; 17(3): 42–55.

Makhovsky V.V. State of the problem and ways to optimize organ-preserving surgery tactics in spleen. *Voprosy rekonstruktivnoy i plasticheskoy khirurgii* 2014; 17(3): 42–55.

3. Бледнов А.В. Перспективные направления в разработке новых перевязочных средств. *Новости хирургии* 2006; 14(1): 9–19.

Blednov A.V. Promising areas in the development of new dressings. *Novosti khirurgii* 2006; 14(1): 9–19.

4. Качмазов А.А., Жернов А.А. Методы гемостаза и применение препаратов из окисленной восстановленной целлюлозы при резекции почки. *Экспериментальная и клиническая урология* 2010; 4: 68–71.

Kachmazov A.A., Zhernov A.A. Methods of hemostasis and using of oxidized recovered cellulose agents in partial nephrectomy. *Eksperimental'naya i klinicheskaya urologiya* 2010; 4: 68–71.

5. Федоров П.Г., Аршакян В.А., Гюнтер В.Э., Штофин С.Г., Самарцев В.А. Современные шовные материалы (обзор литературы). *Acta Biomedica Scientifica* 2017; 2(6): 157–162, https://doi.org/10.12737/article_5a0a8e626adf33.46655939.

Fedorov P.G., Arshakyan V.A., Gyunter V.E., Shtofin S.G., Samartsev V.A. Modern sutural materials (review of literature). *Acta Biomedica Scientifica* 2017; 2(6): 157–162, https://doi.org/10.12737/article_5a0a8e626adf33.46655939.

6. Макаренко М.В., Курченко В.П., Усанов С.А. Современные подходы к разработке раневых покрытий. *Труды Белорусского государственного университета* 2016; 11(1): 273–279.

Makarenko M.V., Kurchenko V.P., Usanov S.A. Modern approaches to the development of wound coverings. *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta* 2016; 11(1): 273–279.

7. Briceño J., Naranjo A., Ciria R., Díaz-Nieto R.,

- Sánchez-Hidalgo J.M., Luque A., Rufián S., López-Cillero P. A prospective study of the efficacy of clinical application of a new carrier-bound fibrin sealant after liver resection. *Arch Surg* 2010; 145(5): 482–486, <https://doi.org/10.1001/archsurg.2010.62>.
8. Barker T.H., Fuller G.M., Klinger M.M., Feldman D.S., Hagood J.S. Modification of fibrinogen with poly(ethylene glycol) and its effects on fibrin clot characteristics. *J Biomed Mater Res* 2001; 4: 529–535, [https://doi.org/10.1002/1097-4636\(20010915\)56:4<529::AID-JBM1124>3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/1097-4636(20010915)56:4<529::AID-JBM1124>3.0.CO;2-2).
9. Boateng J.S., Matthews K.H., Stevens H.N., Eccleston G.M. Wound healing dressings and drug delivery systems: a review. *J Pharm Sci* 2008; 97(8): 2892–2923, <https://doi.org/10.1002/jps.21210>.
10. Легонькова О.А., Винокурова Т.И. Хирургические шовные материалы: история и развитие (обзор). *Вестник Росздрава* 2017; 3: 56–62.
- Legonkova O.A., Vinokurova T.I. Surgical suture materials: history and development (review). *Vestnik Roszdravnadzora* 2017; 3: 56–62.
11. Бояринцев В.В., Юдин А.Б., Назаров В.Б., Самойлов А.С., Фрончек Э.В., Коваленко Р.А. Доклиническая оценка эффективности местных гемостатических препаратов (экспериментальное исследование). *Медицина катастроф* 2010; 3: 23–25.
- Boyarinsev V.V., Yudin A.B., Nazarov V.B., Samoylov A.S., Fronchek E.V., Kovalenko R.A. Nonclinical evaluation of efficiency of topical hemostatic agents (experimental research). *Meditsina katastrof* 2010; 3: 23–25.
12. 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; 26(1): 81–95, <https://doi.org/10.18484/2305-0047.2018.1.81>.
- Lipatov V.A., Lazarenko S.V., Sotnikov K.A., Severinov D.A., Ershov M.P. To the issue of methodology of comparative study of the degree of hemostatic activity of topical hemostatic agents. *Novosti khirurgii* 2018; 26(1): 81–95, <https://doi.org/10.18484/2305-0047.2018.1.81>.
13. Белозерская Г.Г., Макаров В.А., Абоянц Р.К., Малыхина Л.С. Аппликационное средство гемостаза при капиллярно-паренхиматозном кровотечении. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова* 2004; 9: 55–59.
- Belozerskaya G.G., Makarov V.A., Aboyants R.K., Malykhina L.S. Applicator means hemostasis in capillary-parenchymal hemorrhage. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova* 2004; 9: 55–59.
14. Легонькова О.А., Белова М.С., Асанова Л.Ю., Алиев А.Д., Чалых А.Е. Полимеры в лечении ран: реалии и горизонты. *Раны и раневые инфекции. Журнал имени проф. Б.М. Костюченка* 2016; 3(1): 12–18, <https://doi.org/10.17650/2408-9613-2016-3-1-12-18>.
- Legon'kova O.A., Belova M.S., Asanova L.Y., Aliev A.D., Chalykh A.E. Polymers in the treatment of wounds: realities and perspectives. *Rany i ranevye infektsii. Zhurnal imeni prof. B.M. Kostyuchenka* 2016; 3(1): 12–18, <https://doi.org/10.17650/2408-9613-2016-3-1-12-18>.
15. Давыденко В.В., Яшин С.М., Нецаев А.Ю., Доморад А.А. Эффективность аппликационного гемостатического средства «Гемофлекс Комбат» для остановки наружного артериовенозного кровотечения. *Военно-медицинский журнал* 2015; 336(1): 55–58.
- Davydenko V.V., Yashin S.M., Nechaev A.Yu., Domorad A.A. The effectiveness of the hemostat applicator “Gemofleks Kombat” at stopping the external arteriovenous bleeding. *Voенno-meditsinskiy zhurnal* 2015; 336(1): 55–58.
16. Давыденко В.В., Власов Т.Д., Доброскок И.Н., Бражникова Е.Н., Забивалова Н.М. Сравнительная эффективность аппликационных гемостатических средств местного действия при остановке экспериментального паренхиматозного и артериального кровотечения. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии* 2015; 8(2): 186–194, <https://doi.org/10.18499/2070-478x-2015-8-2-186-194>.
- Davydenko V.V., Vlasov T.D., Dobroskok I.N., Brazhnikova E.N., Zabivalova N.M. Competitive efficiency of local application hemostatic agents in experimental parenchymatous and arterial bleeding control. *Vestnik eksperimental'noy i klinicheskoy khirurgii* 2015; 8(2): 186–194, <https://doi.org/10.18499/2070-478x-2015-8-2-186-194>.
17. Кадыкова Ю.А. Физико-химические закономерности создания полимерматричных композитов функционального назначения на основе базальтовых дисперсно-волоконистых наполнителей, углеродных и стеклянных волокон. Дис. ... докт. техн. наук. Саратов; 2013.
- Kadykova Yu.A. *Fiziko-khimicheskie zakonornosti sozdaniya polimermatrichnykh kompozitov funktsional'nogo naznacheniya na osnove bazal'tovykh dispersno-voloknistykh napolniteley, uglerodnykh i steklyannykh volokon*. Dis. ... dokt. tekhn. nauk [Physico-chemical laws of creating polymer matrix composites for functional purposes based on basalt dispersed-fiber fillers, carbon and glass fibers. DSc Dissertation] Saratov; 2013.
18. Багмут А.Г., Дроздова А.А. *Основы физики твердого тела*. Харьков: НТУ «ХПИ»; 2018; 100 с.
- Bagmut A.G., Drozdova A.A. *Osnovy fiziki tverdogo tela* [Fundamentals of solid state physics]. Har'kov: NTU “KhPI”; 2018; 100 p.
19. Shtanskii D.V., Kulinich S.A., Levashov E.A., Moore J.J. Structure and physical-mechanical properties of nanostructured thin films. *Physics of the Solid State* 2003; 45(6): 1177–1184, <https://doi.org/10.1134/1.1583811>.
20. ГОСТ 29104.1-91 «Ткани технические. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей». GOST 29104.1-91 “Ткани технические. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей” [GOST 29104.1-91 “Industrial fabrics. Methods for determination of linear dimensions, linear and surface density”].
21. Balasubramanian V., Vele O., Nemerson Y. Local shear conditions and platelet aggregates regulate the incorporation and activity of circulating tissue factor in ex vivo thrombi. *Thromb Haemost* 2002; 5: 822–826, <https://doi.org/10.1055/s-0037-1613309>.
22. Hanna E.M., Martinie J.B., Swan R.Z., Iannitti D.A. Fibrin sealants and topical agents in hepatobiliary and pancreatic surgery: a critical appraisal. *Langenbecks Arch Surg* 2014; 399(7): 825–835, <https://doi.org/10.1007/s00423-014-1215-5>.
23. Seo Y.B., Lee O.J., Sultan M.T., Lee J.M., Park Y.R., Yeon Y.K., Park C.H. In vitro and in vivo evaluation of the duck's feet collagen sponge for hemostatic applications. *J Biomater Appl* 2017; 32(4): 484–491, <https://doi.org/10.1177/0885328217733338>.
24. Jarnagin W.R., Gonenm M., Fong Y., DeMatteo R.P., Ben-Porat L., Little S., Corvera C., Weber S., Blumgart L.H.

- Improvement in perioperative outcome after hepatic resection: analysis of 1,803 consecutive cases over the past decade. *Ann Surg* 2002; 236(4): 397–407, <https://doi.org/10.1097/0000658-200210000-00001>.
25. Nair L.S., Laurencin C.T. Biodegradable polymers as biomaterials. *Prog Polym Sci* 2007; 32(8–9): 762–798, <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2007.05.017>.
26. Истранов Л.П., Абоянц Р.К., Белозерская Г.Г., Истранова Е.В., Макаров В.А. Местные гемостатические средства на основе коллагена. *Фармация* 2007; 7: 29–32.
Istranov L.P., Aboyants R.K., Belozerskaya G.G., Istranova Ye.V., Makarov V.A. Collagen-based local hemostatics. *Farmatsiya* 2007; 7: 29–32.
27. Майорова А.В., Сысуйев Б.Б., Ханалиева И.А., Вихрова И.В. Современный ассортимент, свойства и перспективы совершенствования перевязочных средств для лечения ран. *Фармация и фармакология* 2018; 1(6): 4–32, <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2018-6-1-4-32>.
Mayorova A.V., Syisuev B.B., Hanaliev I.A., Vihrova I.V. Modern assortment, properties and perspectives of medical dressings improvement of wound treatment. *Farmatsiya i farmakologiya* 2018; 1(6): 4–32, <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2018-6-1-4-32>.
28. Бояринцев В.В., Самойлов А.С., Юдин А.Б., Коваленко Р.А. Особенности течения раневого процесса при использовании местных гемостатических средств на основе гранулированного цеолита. *Инфекции в хирургии* 2011; 9(2): 43–50.
Boyarintsev V.V., Samoylov A.S., Yudin A.B., Kovalenko R.A. Features of the course of the wound process when using local hemostatic agents based on granular zeolite. *Infektsii v khirurgii* 2011; 9(2): 43–50.
29. Легонькова О.А., Васильев В.Г., Асанова Л.Ю. Исследование эксплуатационных свойств полимерных перевязочных средств. *Раны и раневые инфекции. Журнал им. проф. Б.М. Костюченка* 2015; 2: 32–39, <https://doi.org/10.17650/2408-9613-2015-2-2-32-39>.
Legon'kova O.A., Vasil'ev V.G., Asanova L.Yu. Investigation of polymeric wound dressings' operational properties. *Zhurnal im. prof. B.M. Kostyuchenka* 2015; 2: 32–39, <https://doi.org/10.17650/2408-9613-2015-2-2-32-39>.
30. Легонькова О.А., Васильев В.Г., Асанова Л.Ю. Методы оценки эксплуатационных свойств полимерных перевязочных средств. *Все материалы. Энциклопедический справочник* 2015; 8: 10–14.
Legonkova O.A., Vasil'ev V.G., Asanova L.Yu. Methods for assessing the operational properties of polymer dressings. *Use materialy. Entsiklopedicheskiy spravochnik* 2015; 8: 10–14.
31. 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.
Legonkova O.A., Vasil'ev V.G., Asanova L.Yu. Sorption, physics and mechanical properties of biomaterials used as wound dressing materials. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoj i farmatsevticheskoy khimii* 2015; 10: 7–13.
32. Родзивилова И.С., Артеменко С.Е., Кадыкова Ю.А., Васильева О.Г., Леонтьев А.Н. Влияние сорбционных характеристик неорганических волокон на свойства полимерных композиционных материалов. *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века* 2002; 11: 42–43.
Rodzivilova I.S., Artemenko S.E., Kadykova Yu.A., Vasil'eva O.G., Leont'ev A.N. The effect of sorption characteristics of inorganic fibers on the properties of polymer composite materials. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka* 2002; 11: 42–43.
33. Тимошенкова А.В., Кузьмин М.В., Катанов Е.С. Оценка билиостатических свойств современных топических гемостатических средств, применяемых в хирургии печени. *Пермский медицинский журнал* 2018; 35(1): 102–107, <https://doi.org/10.17816/pmj351102-107>.
Timoshenkova A.V., Kuzmin M.V., Katanov E.S. Assessment of biliostatic properties of modern topic hemostatic means used in hepatic surgery. *Permskiy meditsinskiy zhurnal* 2018; 35(1): 102–107, <https://doi.org/10.17816/pmj351102-107>.
34. ГОСТ 9412-93 «Марля медицинская. Общие технические условия».
GOST 9412-93 «Marlya meditsinskaya. Obshchie tekhnicheskie usloviya» [GOST 9412-93 «Medical gauze. General specifications»].
35. Таркова А.Р., Чернявский А.М., Морозов С.В., Григорьев И.А., Ткачева Н.И., Родионов В.И. Гемостатический материал местного действия на основе окисленной целлюлозы. *Сибирский научный медицинский журнал* 2015; 35(2): 11–15.
Tarkova A.R., Chernyavskiy A.M., Morozov S.V., Grigor'ev I.A., Tkacheva N.I., Rodionov V.I. Local hemostatic agent based on oxidized cellulose. *Sibirskiy nauchnyy meditsinskiy zhurnal* 2015; 35(2): 11–15.
36. Патахов Г.М., Ахмадулинов М.Г. Биоактивные шовные материалы в гепатотрафии. *Фундаментальные исследования* 2011; 7: 124–126.
Patakhov G.M., Akhmadudinov M.G. Bioactive suture materials in hepatraphia. *Fundamental'nye issledovaniya* 2011; 7: 124–126.
37. Alam H.B., Burris D., DaCorta J.A., Rhee P. Hemorrhage control in the battlefield: role of new hemostatic agents. *Mil Med* 2005; 170(1): 63–69, <https://doi.org/10.7205/milmed.170.1.63>.
38. Леонов Д.В., Розов Р.М., Устинова Т.П., Ключев 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.
Leonov D.V., Rozov R.M., Ustinova T.P., Klyuev I.A. Study of the physical and mechanical properties of polyamide-6 modified with oxidized graphite and basalt wool at the stage of its synthesis. *Moloday uchenyy* 2015; 24(1): 38–40.
39. Bartorelli A.L., Sganzerla P., Fabbiochi F., Montorsi P., De Cesare N., Child M., Tavasci E., Passaretti B., Loaldi A. Prompt and safe femoral hemostasis with a collagen device after intracoronary implantation of Palmaz-Schatz stents. *Am Heart J* 1995; 130(1): 26–32, [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(95\)90231-7](https://doi.org/10.1016/0002-8703(95)90231-7).
40. Смолин А.С., Дубовой Е.В., Лоренгель М.А., Щербак Н.В. Исследования влияния композиции бумаги на основе стеклянных волокон для аппаратов охлаждения воздуха испарительного типа на разрывную прочность и капиллярную впитываемость. *Деревообрабатывающая промышленность* 2017; 4: 40–45.
Smolin A.S., Dubovoy E.V., Lorengel' M.A., Shcherbak N.V. Studies of the effect of a glass fiber based paper composition for evaporative-type air cooling apparatus on tensile strength and capillary absorption. *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'* 2017; 4: 40–45.

41. Легонькова О.А., Алексеев А.А. Современные раневые покрытия: их свойства и особенности. *Вестник Росздравнадзора* 2015; 6: 66–68.

Legon'kova O.A., Alekseev A.A. Modern wound dressings: properties and features. *Vestnik Roszdravnadzora* 2015; 6: 66–68.

42. Цюрупа Н.Н. *Практикум по коллоидной химии*. М: Высшая школа; 1963.

Tsyurupa N.N. *Praktikum po kolloidnoy khimii* [Colloid chemistry practical work]. Moscow: Vysshaya shkola; 1963.

43. Богатырева Г.П., Маринич М.А., Базалий Г.А., Ильницкая Г.Д., Билоченко В.А., Цыба Н.Н. Исследование влияния химических обработок на физико-химические свойства углеродных нанотрубок. В кн.: *Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент — техника и технология его изготовления и применения*. Киев; 2010; с. 326–331.

Bogatyрева G.P., Marinich M.A., Bazaliy G.A., Il'nitskaya G.D., Bilochenko V.A., Tsyba N.N. Issledovanie vliyaniya khimicheskikh obrabotok na fiziko-khimicheskie svoystva uglerodnykh nanotrubok. V kn.: *Porodorazrushayushchiy i metalloobrabatyvayushchiy instrument — tekhnika i tekhnologiya ego izgotovleniya i primeneniya* [Investigation of the effect of chemical treatments on the physicochemical properties of carbon nanotubes. In: Rock-cutting and metal-working tools — equipment and technology for its manufacture and use]. Kiev; 2010; p. 326–331.

44. Bak J.B., Singh A., Shekarriz B. Use of gelatin matrix thrombin tissue sealant as an effective hemostatic agent during laparoscopic partial nephrectomy. *J Urol* 2004; 171(2): 780–782, <https://doi.org/10.1097/01.ju.0000104800.97009.c6>.

45. Липатов В.А., Инархов М.А., Ярмamedов Д.М., Лысанская К.В. Морфологические и физико-механические свойства полимерных пленчатых имплантатов в опытах in vitro. *Забайкальский медицинский вестник* 2015; 1: 129–133.

Lipatov V.A., Inrow M.A., Yarmamedov D.M., Lisansky K.V. Morphological and physico-mechanical properties polymeric membranous implants in vitro. *Zabaykal'skiy meditsinskiy vestnik* 2015; 1: 129–133.

46. Гольдштейн Р.В., Осипенко Н.М. О разрушении при сжатии. *Физическая мезомеханика* 2018; 21(3): 86–102.

Goldstein R.V., Osipenko N.M. About compression fracture. *Fizicheskaya mezomekhanika* 2018; 21(3): 86–102.

47. Афанасьев М.А., Кисюк В.А., Завгородняя Г.В., Скорых Л.Н., Дмитрик И.И., Бобрышова Г.Т. Влияние озоново-воздушной среды на прочность овечьей шерсти. *Главный зоотехник* 2017; (4): 47–51.

Afanasiev M.A., Kisyuk V.A., Zavgorodnyaya G.V., Skorykh L.N., Dmitrik I.I., Bobryshova G.T. The influence of ozone-air environment on the strength of sheep wool. *Glavnyy zootekhnik* 2017; 4: 47–51.

48. ГОСТ 28840-90 «Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб».

GOST 28840-90 "Mashiny dlya ispytaniya materialov na rastyazhenie, szhatie i izgib" [GOST 28840-90 "Machines for tension, compression and bending testing of materials"].

49. ГОСТ 29088-91 «Материалы полимерные ячеистые эластичные. Определение условной прочности и относительного удлинения при разрыве».

GOST 29088-91 "Materialy polimernye yacheistye elastichnye. Opredelenie uslovnoy prochnosti i otnositel'nogo udlineniya pri razryve" [GOST 29088-91 "Polymeric cellular elastic materials. Determination of conditional strength and elongation at break"].

50. ГОСТ 26605-93 «Полимерные эластичные ячеистые материалы. Определение зависимости напряжения — деформация при сжатии и напряжения сжатия».

GOST 26605-93 "Polimernye elastichnye yacheistye materialy. Opredelenie zavisimosti napryazhenie — deformatsiya pri szhatii i napryazheniya szhatiya" [GOST 26605-93 "Polymer elastic cellular materials. Determination of the relationship stress — strain in compression and compression stress"].

51. ГОСТ 15873-70 «Пластмассы ячеистые эластичные. Метод испытания на растяжение».

GOST 15873-70 "Plastmassy yacheistye elastichnye. Metod ispytaniya na rastyazhenie" [GOST 15873-70 "Cellular elastic plastics. Tensile test method"].

52. ГОСТ 3913-72 «Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении».

GOST 3913-72 "Materialy tekstil'nye. Tkani i shtuchnye izdeliya. Metody opredeleniya razryvnykh kharakteristik pri rastyazhenii" [GOST 3913-72 "Textile materials. Fabrics and piece goods. Methods for determining tensile strengths"].

53. ГОСТ 409-77 «Пластмассы ячеистые и резины губчатые. Метод определения кажущейся плотности».

GOST 409-77 "Plastmassy yacheistye i reziny gubchatye. Metod opredeleniya kazhushcheysya plotnosti" [GOST 409-77 "Cellular plastics and spongy rubber. Apparent density determination method"].

54. Fonouni H., Kashfi A., Majlesara A., Stahlheber O., Konstantinidis L., Gharabaghi N., Oweira H. Hemostatic efficiency of modern topical sealants: comparative evaluation after liver resection and splenic laceration in a swine model. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2018; 106(3): 1307–1316, <https://doi.org/10.1002/jbm.b.33937>.

55. Grochola L.F., Vonlanthen R. Surgical energy devices or devices for hemostasis. In: *Atlas of upper gastrointestinal and hepato-pancreato-biliary surgery*. Springer Berlin Heidelberg; 2016; p. 37–44, https://doi.org/10.1007/978-3-662-46546-2_6.

56. Buchta C., Hedrich H.C., Macher M., Hocker P., Redl H. Biochemical characterization of autologous fibrin sealants produced by CryoSeal and Vivostat in comparison to the homologous fibrin sealant product Tissucol/Tisseel. *Biomaterials* 2005; 26(31): 6233–6241, <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2005.04.014>.

57. Brustia R., Granger B., Scatton O. An update on topical haemostatic agents in liver surgery: systematic review and metaanalysis. *J Hepatobiliary Pancreat Sci* 2016; 23(10): 609–621, <https://doi.org/10.1002/jhbp.389>.

58. ГОСТ 2439-93 «Материалы полимерные ячеистые эластичные. Определение твердости при вдавливании».

GOST 2439-93 "Materialy polimernye yacheistye elastichnye. Opredelenie tverdosti pri vdavlivanii" [GOST 2439-93 "Elastic polymeric cellular materials. Indentation hardness test"].

59. ГОСТ 24616-81 «Пластмассы ячеистые эластичные и пенорезины. Метод определения твердости».

GOST 24616-81 "Plastmassy yacheistye elastichnye i penoreziny. Metod opredeleniya tverdosti" [GOST 24616-81 "Elastic cellular plastics and foam rubber. Hardness test method"].

60. ГОСТ 29089-91 «Материалы полимерные ячеистые эластичные. Определение остаточной деформации сжатия».

GOST 29089-91 "Materialy polimernye yacheistye

elastichnye. Opredelenie ostatochnoy deformatsii szhatiya [GOST 29089-91 "Elastic polymeric cellular materials. Determination of residual compressive strain"].

61. Шинкин В.Н. Прочность стальных труб при внутреннем давлении. *Научные труды SWorld* 2015; 5(4): 50–58.

Shinkin V.N. The strength of steel pipes under internal pressure. *Nauchnye trudy SWorld* 2015; 5(4): 50–58.

62. O'Connor A.R., Coakley F.V., Meng M.V., Eberhardt S. Imaging of retained surgical sponges in the abdomen and pelvis. *AJR Am J Roentgenol* 2003; 180(2): 481–489, <https://doi.org/10.2214/ajr.180.2.1800481>.

63. Petersen J.K., Krogsgaard J., Nielsen K.M., Nørgaard E.B. A comparison between 2 absorbable hemostatic agents: gelatin sponge (Spongostan) and oxidized regenerated cellulose (Surgicel). *Int J Oral Surg* 1984; 13(5): 406–410, [https://doi.org/10.1016/s0300-9785\(84\)80066-6](https://doi.org/10.1016/s0300-9785(84)80066-6).

64. Huang X., Sun Y., Nie J., Lu W., Yang L., Zhang Z., Hu Q. Using absorbable chitosan hemostatic sponges as a promising surgical dressing. *Int J Biol Macromol* 2015; 75: 322–329, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.01.049>.

65. Абоянц Р.К., Истранов Л.П., Истранова Е.В., Руденко Т.Г. Пластические материалы направленного действия на основе природного биополимера коллагена. *Электронный сборник научных трудов «Здоровье и образование в XXI веке»* 2011; 13(4): 184–185.

Aboyants R.K., Istranov L.P., Istranova E.V., Rudenko T.G. Directed plastic materials based on natural collagen biopolymer. *Elektronnyy sbornik nauchnykh trudov "Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke"* 2011; 13(4): 184–185.

66. Истранова Е.В., Абоянц Р.К., Истранов Л.П. Антимикробная активность коллагеновых губок. *Фармация* 2011; 1: 34–37.

Istranova E.V., Aboyants R.K., Istranov L.P. Antimicrobial activity of collagen sponges. *Farmatsiya* 2011; 1: 34–37.

67. Заривчачкий М.Ф., Мугатаров И.Н., Каменских Е.Д., Гаврилов О.В., Мальгинов К.Е., Колеватов А.П., Панков К.И. Профилактика и компенсация кровопотери в резекционной хирургии печени. *Пермский медицинский журнал* 2013; 30(5): 6–12.

Zarivchatsky M.F., Mugatarov I.N., Kamenskikh E.D., Gavrilov O.V., Malginov K.E., Kolevatov A.P., Pankov K.I. Hemorrhage prevention and compensation in hepatic resection surgery. *Permskiy meditsinskiy zhurnal* 2013; 30(5): 6–12.

68. Прокопчук Н.Р., Меламед В.Д., Прищепенко Д.В. Инновационные раневые покрытия с нановолокнами хитозана. *Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология* 2017; 1(193): 15–22.

Prokorchuk N.R., Melamed V.D., Prishchепенко D.V. Innovative wound dressing with chitosan nanofibers. *Trudy BGTU. Seriya 2: Khimicheskie tekhnologii, biotekhnologiya, geoeкологиya* 2017; 1(193): 15–22.

69. Соколова Т.Б., Гусельников М.Л., Легонькова О.А., Винокурова Т.И. Производство хирургических шовных материалов в России: состояние, проблемы, перспективы развития отрасли и необходимость разработки новых нормативных документов. *Все материалы. Энциклопедический справочник* 2017; 7: 64–71.

Sokolova T.B., Gusel'nikov M.L., Legon'kova O.A., Vinokurova T.I. Production of surgical suture materials in Russia: state, problems, prospects for the development of the industry and the need to develop new regulatory documents. *Vse materialy. Entsiklopedicheskiy spravochnik* 2017; 7: 64–71.

70. Canonico S. The use of human fibrin glue in the surgical operations. *Acta Biomed* 2003; 74(Suppl 2): 21–25.

71. Vecchio R., Catalano R., Basile F., Spataro C., Caputo M., Intagliata E. Topical hemostasis in laparoscopic surgery. *G Chir* 2016; 37(6): 266–270, <https://doi.org/10.11138/gchir/2016.37.6.266>.

72. van der Vurst T.J., Bodegom M.E., Rakic S. Tamponade of presacral hemorrhage with hemostatic sponges fixed to the sacrum with endoscopic helical tackers: report of two cases. *Dis Colon Rectum* 2004; 47(9): 1550–1553, <https://doi.org/10.1007/s10350-004-0614-2>.

73. Albala D.M. Fibrin sealants in clinical practice. *Cardiovasc Surg* 2003; 11: 5–11, [https://doi.org/10.1016/S0967-2109\(03\)00065-6](https://doi.org/10.1016/S0967-2109(03)00065-6).

74. Baar S., Schorner C., Rollinghoff M., Radespiel-Tröger M., Hümmer H.P., Carbon R.T. Collagen patches impregnated with antimicrobial agents have high local antimicrobial efficacy and achieve effective tissue gluing. *Infection* 2001; 29(1): 27–31, <https://doi.org/10.1007/s15010-001-0073-6>.

75. Albeniz Arbizu E., Lopez San Roman A., Garcia Gonzalez M., Foruny Olcina J.R., Garcia-Hoz Rosales F., Bárcena Marugán R., Plaza Palacios G., Gil Grande L.A. Fibrin glue sealed liver biopsy in patients with a liver transplantation or in liver transplantation waiting list: preliminary results. *Transplant Proc* 2003; 35(5): 1911–1912, [https://doi.org/10.1016/s0041-1345\(03\)00588-8](https://doi.org/10.1016/s0041-1345(03)00588-8).

76. Baumann A., Caversaccio M. Hemostasis in endoscopic sinus surgery using a specific gelatin thrombin based agent (FloSeal). *Rhinology* 2003; 41(4): 244–249.

77. Al-Belasy F.A., Amer M.Z. Hemostatic effect of n-butyl-2-cyanoacrylate (histoacryl) glue in warfarin-treated patients undergoing oral surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2003; 61(12): 1405–1409, <https://doi.org/10.1016/j.joms.2002.12.001>.

78. Alkan A., Metin M., Arici S., Sener I. A prospective randomised cross-over study of the effect of local haemostasis after third molar surgery on facial swelling: an exploratory trial. *Br Dent J* 2004; 197(1): 42–44, <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4811421>.

79. Kim Y.W., Kang M.J., Lee H.J., Woo C.K., Mun M.J., Cho K.S. The efficacy of TachoComb on reducing postoperative complications after tonsillectomy in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2015; 79(8): 1337–1340, <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2015.06.006>.

80. Hu Y., Yamashita K., Tabayashi N., Abe T., Hayata Y., Hirose T., Taniguchi S. Gelatin sealing sheet for arterial hemostasis and anti-adhesion in vascular surgery: a dog model study. *Biomed Mater Eng* 2015; 25(2): 157–168, <https://doi.org/10.3233/bme-151534>.

81. Brown J.A., Hubosky S.G., Gomella L.G., Strup S.E. Hand assisted laparoscopic partial nephrectomy for peripheral and central lesions: a review of 30 consecutive cases. *J Urol* 2004; 171(4): 1443–1446, <https://doi.org/10.1097/01.ju.0000117962.54732.3e>.

82. Carter G., Goss A.N., Lloyd J., Tocchetti R. Local haemostasis with autologous fibrin glue following surgical enucleation of a large cystic lesion in a therapeutically anticoagulated patient. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2003; 41(4): 275–276, [https://doi.org/10.1016/s0266-4356\(03\)00120-7](https://doi.org/10.1016/s0266-4356(03)00120-7).

83. Biçer M., Bayram A.S., Gürbüz O., Senkaya I., Yerci O., Tok M., Anđ E., Moğol E.B., Saba D. Assessment of the efficacy of bio-absorbable oxidized regenerated cellulose for prevention of post-operative pericardial adhesion in the rabbit

model. *J Int Med Res* 2008; 36(6): 1311–1318, <https://doi.org/10.1177/147323000803600619>.

84. Sampanis D., Siori M. Surgical use of fibrin glue-coated collagen patch for non-hemostatic indications. *European Surgery* 2016; 48(5): 262–268, <https://doi.org/10.1007/s10353-016-0436-y>.

85. Sims K., Montgomery H.R., Dituro P., Kheirabadi B.S., Butler F.K. Management of external hemorrhage in tactical combat casualty care: the adjunctive use of XStat™ compressed hemostatic sponges: TCCC guidelines change 15-03. *J Spec Oper Med* 2016; 16(1): 19–28.

86. Bulajic P., Savic N., Djordjevic Z., Kecmanovic D., Bulajic M., Milicevic M., Knezevic S., Calija B. Role of autologous fibrin tissue adhesive in abdominal surgery. *Acta Chir Iugosl* 1999; 46(1–2): 43–45.

87. Nagano Y., Togo S., Tanaka K., Masui H., Endo I., Sekido H., Nagahori K., Shimada H. Risk factors and management of bile leakage after hepatic resection. *World J Surg* 2003; 27(6): 695–698, <https://doi.org/10.1007/s00268-003-6907-x>.

88. Yan T., Cheng F., Wei X., Huang Y., He J. Biodegradable collagen sponge reinforced with chitosan/calcium pyrophosphate nanoflowers for rapid hemostasis. *Carbohydr Polym* 2017; 170: 271–280, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.04.080>.

89. Степанов Ю.А., Каркищенко Н.Н., Черкасов М.Ф., Каркищенко В.Н., Капанадзе Г.Д., Бояринцев В.В., Назаров В.Б. Изучение эффективности препарата «Гемостоп» в эксперименте на животных. *Биомедицина* 2010; 5: 50–57.

Stepanov Yu.A., Karkishchenko N.N., Cherkasov M.F., Karkishchenko V.N., Kapanadze G.D., Boyarintsev V.V., Nazarov V.B. The study of the effectiveness of the drug “Hemostop” in an experiment on animals. *Biomeditsina* 2010; 5: 50–57.

90. Чернявский А.М., Григорьев И.А., Морозов С.В., Таркова А.Р., Ткачева Н.И. Контроль локального гемостаза с помощью препаратов окисленной целлюлозы. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова* 2014; 8: 71–75.

Cherniavskii A.M., Grigor'ev I.A., Morozov S.V., Tarkova A.R., Tkacheva N.I. Local hemostasis control by using of oxidized cellulose drugs. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova* 2014; 8: 71–75.

91. Barbolt T.A., Odin M., Léger M., Kangas L. Pre-clinical subdural tissue reaction and absorption study of absorbable hemostatic devices. *Neurol Res* 2001; 23(5): 537–542, <https://doi.org/10.1179/016164101101198794>.

92. Gazeri R., Galarza M., Fiore C., Callovini G., Alfieri A. Use of tissue-glue-coated collagen sponge (TachoSil) to repair minor cerebral dural venous sinus lacerations: technical note. *Neurosurgery* 2015; 11(1): 32–36, <https://doi.org/10.1227/neu.0000000000000614>.

93. Camenzind E., Grossholz M., Urban P., Dorsaz P.A., Didier D., Meier B. Collagen application versus manual compression: a prospective randomized trial for arterial puncture site closure after coronary angioplasty. *J Am Coll*

Cardiol 1994; 24(3): 655–662, [https://doi.org/10.1016/0735-1097\(94\)90011-6](https://doi.org/10.1016/0735-1097(94)90011-6).

94. Huntington J.T., Royall N.A., Schmidt C.R. Minimizing blood loss during hepatectomy: a literature review. *J Surg Oncol* 2014; 109(2): 81–88, <https://doi.org/10.1002/jso.23455>.

95. Киреев А.Н., Белозерская Г.Г. Фармакологическая активность местных гемостатических средств в эксперименте и у пациентов с наружными посттравматическими кровотечениями на догоспитальном этапе (обзор литературы). *Врач скорой помощи* 2010; 6: 46–64.

Kireev A.N., Belozerskaya G.G. Pharmacological activity of local hemostatic agents in the experiment and in patients with external post-traumatic bleeding at the prehospital stage (literature review). *Vrach skoroy pomoshchi* 2010; 6: 46–64.

96. Левчик Е.Ю., Абоянц Р.К., Истранов Л.П. Морфологические основы применения коллагеновых эксплантатов в хирургии органов брюшной полости. *Морфология* 2002; 121(2–3): 91.

Levchik E.Yu., Aboyants R.K., Istranov L.P. Morphological basis for the use of collagen explants in abdominal surgery. *Morfologiya* 2002; 121(2–3): 91.

97. Государственная фармакопея РФ. Том II. М: Медицина; 2015; 1004 с.

Gosudarstvennaya farmakopeya RF. Tom II [State pharmacopoeia of the Russian Federation. Vol. II]. Moscow: Meditsina; 2015; 1004 p.

98. Дыгов Э.А., Дегтярь Э.А., Арутюнов А.В., Демурова М.К. Клиническая апробация различных антибактериальных и гемостатических средств для остановки кровотечения и профилактики воспаления после удаления зуба. *Кубанский научный медицинский вестник* 2015; 1: 66–69.

Digov E.A., Degtyar E.A., Arutyunov A.V., Demurova M.K. Clinical testing of various hemostatic and antibacterial agents to stop bleeding and prevent inflammation after tooth extraction. *Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik* 2015; 1: 66–69.

99. Кечеруков А.И., Барадудин А.А., Молокова О.А., Алиев Ф.Ш., Чернов И.А., Далгатов М.А. Гемостаз при «Острых язвенных кровотечениях» желудка и 12-перстной кишки в эксперименте. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология* 2009; 1: 40–44.

Kecherukov A.I., Baradudin A.A., Molokova O.A., Aliev F.Sh., Chernov I.A., Dalgatov M.A. Hemostasis in “Acute ulcerative bleeding” of the stomach and duodenum in the experiment. *Ekspierimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya* 2009; 1: 40–44.

100. Алексеев Д.Е., Свистов Д.В., Мацко Д.Е., Алексеев Е.Д. Пластика дефектов твердой мозговой оболочки коллагеновыми имплантатами с использованием бесшовного аппликационного бесклевого метода. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова* 2017; 176(2): 70–76.

Alekseev D.E., Svistov D.V., Matsko D.E., Alekseev E.D. Plasty of dura mater defects by collagen implants using non-suture contact direct bonding method. *Vestnik khirurgii im. I.I. Grekova* 2017; 176(2): 70–76.