



ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ГУБЧАТЫХ АППЛИКАЦИОННЫХ ГЕМОСТАТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

В.А.Липатов, Д.А.Северинов*, М.Д.З.Наимзда, Е.Л.Пучкова

ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 305041, Российская Федерация, г. Курск, ул. Карла Маркса, д.3

Резюме

Цель исследования. Оценить динамику деформации губчатых аппликационных гемостатических материалов в эксперименте *in vitro*.

Материалы и методы. В качестве материалов исследования использовали следующие образцы гемостатических материалов: Tachocomb (№ 1), Gelita-Spon Standard (№ 2), Surgicel Fibrillar (№ 3), образцы кровоостанавливающих губок, разработанные совместно с ООО «Линтекс» (г. Санкт-Петербург, Россия) на основе натрий-карбоксиметиллцеллюлозы (Na-КМЦ): Na-КМЦ+Транексамовая кислота, прессованный (№ 4), Na-КМЦ+Транексамовая кислота, непрессованный (№ 5), Na-КМЦ прессованный (№ 6), Na-КМЦ непрессованный (№ 7). Оценивали остаточную деформацию при сжатии на 50% толщины после 10 секунд нагрузки прессом. Затем измеряли толщину образца после сжатия (сразу после, через 5, 10, 30 минут). Рассчитывали медианы, 25 и 75 перцентилей. Достоверность отличия определяли с помощью критерия Манна-Уитни.

Результаты. Значения остаточной деформации при сжатии на 50% толщины (непосредственно после снятия нагрузки) образцов группы № 1 статистически значимо отличаются от значений групп № 2 и № 3 на 5,92 и 3,51 соответственно. Отличие между группами № 1 и № 4 составляет 5,61. Значения ОДС 50% через 5 минут после снятия нагрузки образцов группы № 1 отличаются от значений групп № 2 и № 3 на 5,93 и 3,85 соответственно. Отличие между группами № 1 и № 4 составляет 6,57. Через 30 минут после сжатия значения остаточной деформации образцов группы № 1 отличаются от значений групп № 2 и № 3 на 6,9 и 4,3 соответственно. Отличие между группами № 1 и № 4 составляет 6,9.

Заключение. Наибольшие значения показателя «остаточная деформация при сжатии на 50% толщины отмечается в группе № 7 (образцы на основе Na-КМЦ непрессованные) — 32,34. Это указывает на лучшие значения оцениваемого показателя данных образцов по сравнению с другими тестируемыми материалами. Губчатые гемостатические импланты, изготовленные из Na-КМЦ, быстрее восстанавливают форму при её изменении, имеют высокие значения показателей манипуляционных свойств (ОДС 50% на разных сроках после сжатия), что делает их более предпочтительными для использования в эндовидеохирургических операциях.

Ключевые слова:

гемостатические импланты, транексамовая кислота, гемостаз, кровоостанавливающие средства, кровотечение, экспериментальная хирургия

Оформление ссылки для цитирования статьи

Липатов В.А., Северинов Д.А., Наимзда М.Д.З., Пучкова Е.Л. Исследование деформации губчатых аппликационных гемостатических материалов. Исследования и практика в медицине. 2020; 7(3): 21–32. <https://doi.org/10.17709/2409-2231-2020-7-3-2>

Для корреспонденции

Северинов Дмитрий Андреевич – ассистент кафедры детской хирургии и педиатрии ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курск, Российская Федерация.

Адрес: 305041, Российская Федерация, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 3

E-mail: dmitriy.severinov.93@mail.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4460-1353>

SPIN: 1966-0239, AuthorID: 914271

ResearcherID: G-4584-2017

Scopus Author ID: 57192996740

Информация о финансировании. Финансирование данной работы не проводилось.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Получено 01.04.2020, Рецензия (1) 22.06.2020, Рецензия (2) 25.06.2020, Принята к печати 14.09.2020

STUDY OF THE DEFORMATION OF SPONGE APPLICATION HEMOSTATIC MATERIALS

V.A.Lipatov, D.A.Severinov*, M.D.Z.Naimzda, E.L.Puchkova

Kursk State Medical University,
3 Karl Marx str., Kursk 305041, Russian Federation

Abstract

Purpose of the study. To evaluate the dynamics of deformation of spongy application hemostatic materials in an in vitro experiment.

Materials 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 (St.Petersburg, Russia) on the basis of sodium-Carboxymethyl Cellulose (No. 3):

Samples were placed on a glass substrate which was mounted on the rising REM cross-arm 0.2–1 to estimate 50% compression residual strain. A glass substrate rigidly attached to the indenter was mounted so that its lower surface would touch the upper surface of the sample. The crossarm was then lifted at 30 mm/min, compressing the sample until the force reached 50 N, after which the sample was allowed to stand under pressure for 10 seconds. After the load was removed, the sample was removed from the substrate and the compression thickness measured (immediately after compression, after 5, 10 and 30 minutes).

Results. The values of the compression residual deformation on the thickness 50% (immediately after the load removal) of the samples of group No. 1 differ statistically significantly from the values of groups No. 2 and No. 3 on 5.92 and 3.51, respectively. The difference between groups No. 1 and No. 4 is 5.61. The ODP values 50% 5 minutes after the load of Group No. 1 samples was removed differ from Groups No. 2 and No. 3 on 5.93 and 3.85, respectively. The difference between groups No. 1 and No. 4 is 6.57. After 30 minutes after compression, the values of the residual deformation of the samples of group No. 1 differ from those of groups No. 2 and No. 3 on 6.9 and 4.3. The difference between groups No. 1 and No. 4 is 6.9. Also, the values of the residual deformation of the samples of group No. 2 exceed the values of the samples of group No. 3 by 1.6 times, and in comparison with group No. 4 is less by 0.03. There are fewer statistical differences with other groups in pilot groups 5–7.

Conclusion. The highest values of the indicator "residual deformation at compression by thickness 50%" are noted in group No. 7 (samples based on Na-CMC unpressurized) — 32.34, which causes high mechanical properties of jaws made from this material.

Keywords:

hemostatic implants, tranexamic acid, hemostasis, hemostatic agents, bleeding, experimental surgery

For citation

For citation: Lipatov V.A., Severinov D.A., Naimzda M.D.Z., Puchkova E.L. Study of the deformation of sponge application hemostatic materials. Research and Practical Medicine Journal (Issled. prakt. med.). 2020; 7(3): 21-32. <https://doi.org/10.17709/2409-2231-2020-7-3-2>

For correspondence

Dmitriy A. Severinov— assistant of the department of pediatric surgery and pediatrics Kursk State Medical University, Kursk, Russian Federation.

Address: 3 Karl Marx str., Kursk 305041, Russian Federation

E-mail: dmitriy.severinov.93@mail.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4460-1353>

SPIN: 1966-0239, AuthorID: 914271

ResearcherID: G-4584-2017

Scopus Author ID: 57192996740

Information about funding. No funding of this work has been held.

Conflict of interest. Authors report no conflict of interest.

Received 01.04.2020, Review (1) 22.06.2020, Review (2) 25.06.2020, Accepted 14.09.2020

АКТУАЛЬНОСТЬ

В настоящее время одной из существенных проблем абдоминальной хирургии является поиск надежного и нетравматичного способа остановки кровотечения при операциях на паренхиматозных органах брюшной полости по поводу их травмы [1]. В таком случае от эффективности и безопасности гемостаза во многом зависит жизнь пострадавшего и дальнейшее благоприятное течение послеоперационного периода. Имеющиеся традиционные способы остановки кровотечения (наложение гемостатических швов, электро-/спрейкоагуляция и пр.) можно отнести к инвазивным и оказывающим травматическое действие на ткань органа [2, 3].

В свою очередь, аппликационные гемостатические материалы являются представителями противоположного — бесшовного (неинвазивного) подхода к остановке подобных кровотечений и благодаря своему механизму применения не травмируют поврежденный орган [4, 5]. Это обуславливает важнейшее преимущество применения локальных полимерных гемостатиков — отсутствие травмы органа в процессе остановки кровотечения, снижение количества осложнений в послеоперационном периоде [6, 7].

В сравнении с любыми традиционными способами интраоперационной остановки кровотечения, применение аппликационных гемостатических материалов демонстрирует намного большую эффективность при паренхиматозных кровотечениях, в случае возникновения которых они чаще всего применяются [8, 9, 10]. Помимо этого, такие кровоостанавливающие средства могут быть использованы в качестве матрицы-носителя для противомикробных и гемостатических (потенцирующих и пролонгирующих основной кровоостанавливающий эффект) субстанций [11, 12].

Однако, разработка таких многокомпонентных композиций трудоемкий процесс, требующий всесторонней оценки их свойств, в том числе механических (таких как упругость) [13,14]. Так как последние играют немаловажную роль в формировании манипуляционных свойств тестируемых материалов, а именно — насколько данное средство будет удобно в использовании (упругое или жесткое, может деформироваться окончательно при сжатии или восстановит свою форму после воздействия и пр.).

Особенно важным становится исследование данного свойства (упругости) в виду неуклонно увеличивающегося числа высокотехнологичных оперативных вмешательств, выполняемых с применением миниинвазивных эндовидеохирургических, робот-ассистированных технологий

особенно в онкологических клиниках и детских хирургических стационарах [15]. Указанные способы выполнения операций сопряжены с использованием специального оборудования, благодаря которому хирург выполняет оперативный прием, находясь в некотором отдалении от пациента (в случае с робот-ассистированными операциями и вовсе в другой комнате), используя специальные манипуляторы [16]. Как правило, такие инструменты позволяют хирургу выполнять широкий спектр различных оперативных вмешательств. Однако, в силу своей конструкции (жесткость браншей, потенцирование силы сжатия), они могут значительно повреждать достаточно хрупкие хирургические материалы, такие как губчатые кровоостанавливающие средства. Это значительно снизит эффективность применения последних, так как увеличит время остановки кровотечения, потребует использования новых и/или дополнительных способов гемостаза, более травматичных по отношению к поврежденному органу. Поэтому считаем немаловажным при тестировании локальных гемостатических средств оценивать такое свойство, как остаточная деформация при сжатии (на 100% или 50%), позволяющее оценить упругость/жесткость образца.

Цель исследования: оценить динамику деформации губчатых аппликационных гемостатических материалов в эксперименте *in vitro* для дальнейшего применения наиболее эффективных образцов в клинической практике.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выделяли группы исследования согласно тестируемым образцам (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 материалов (20x20 мм), извлеченных

Таблица 1. Характеристика исследуемых гемостатических материалов
Table 1. Characteristics of tested hemostatic materials

№	Название / Name	Производитель / Manufacturer	Состав / Components
1	Tachocomb	Takeda Austria GmbH, 4020 Linz, Austria	коллаген из сухожилий лошади; рибофлавин; лиофилизированный фибриноген человека; тромбин из крови быка; аprotинин из легких быка / collagen from horse tendons; Riboflavin; lyophilized human fibrinogen; thrombin from bull blood; Aprotinin from bull lungs medical gelatin
2	Gelita-Spon Standard	Gelita Medical, GmbH, Uferstra, Eberbach, Germany	волокна окисленной и восстановленной целлюлозы / oxidized and reduced cellulose fibers
3	Surgicel Fibrillar	Ethicon, Johnson & Johnson, USA	волокна окисленной и восстановленной целлюлозы / oxidized and reduced cellulose fibers
4	Na-КМЦ+ +Транексамовая кислота (прессованный) / Na-СМС+ + Tranexamic acid (pressed)	ООО «Линтекс», г. Санкт-Петербург, Россия / "Lintex" LLC, Saint Petersburg, Russia	4%-ный гель карбоксиметилцеллюлозы, 3% транексамовой кислоты от массы полимера / 4 percent gel of carboxymethylcellulose, 3% tranexamic acid by weight of the polymer
5	Na-КМЦ+ +Транексамовая кислота (непрессованный) / Na-СМС+ + Tranexamic acid (uncompressed)	ООО «Линтекс», г. Санкт-Петербург, Россия / "Lintex" LLC, Saint Petersburg, Russia	4%-ный гель карбоксиметилцеллюлозы, 3% транексамовой кислоты от массы полимера / 4 percent gel of carboxymethylcellulose, 3% tranexamic acid by weight of the polymer
6	Na-КМЦ (прессованный) / Na-СМС (pressed)	ООО «Линтекс», г. Санкт-Петербург, Россия / "Lintex" LLC, Saint Petersburg, Russia	4%-ный гель карбоксиметилцеллюлозы / 4 percent gel of carboxymethyl cellulose
7	Na-КМЦ (непрессованный) / Na-СМС (uncompressed)	ООО «Линтекс», г. Санкт-Петербург, Россия / "Lintex" LLC, Saint Petersburg, Russia	4%-ный гель карбоксиметилцеллюлозы / 4 percent gel of carboxymethyl cellulose

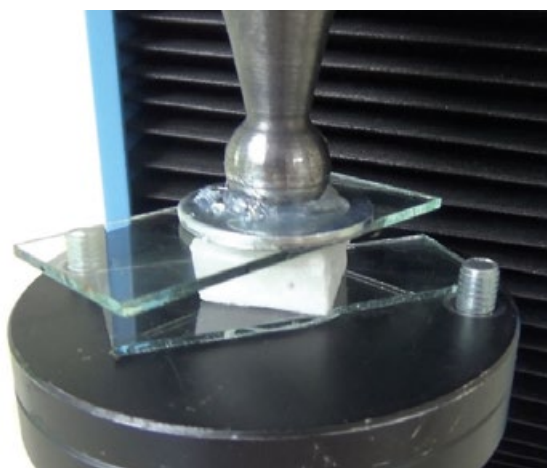


Рис. 1. Образец губки, установленный для испытания

Fig. 1. A sample of the sponge installed for testing

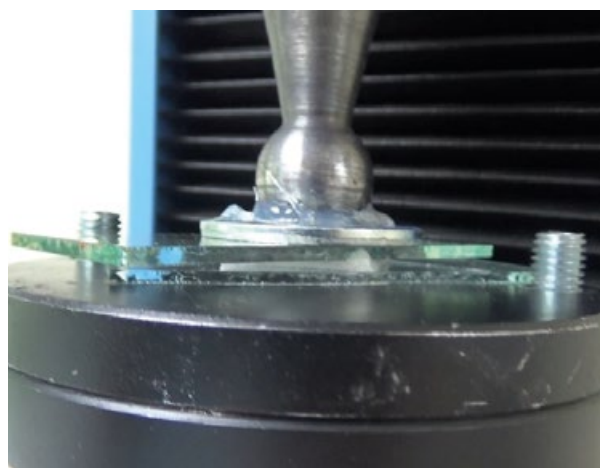


Рис. 2. Экспозиция образца под давлением 50 Н

Fig. 2. Exposure of the sample under pressure of 50 N

из упаковок не ранее чем за сутки до измерения. Использовались материалы с неистекшим 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.

В ходе исследования оценивали остаточную деформацию при сжатии на 50% толщины образца (ОДС 50%), значения данного параметра позволяют судить о степени упругости/жесткости тестируемых средств. Это в свою очередь, может быть использовано хирургом в клинической практике для выбора необходимого кровоостанавливающего материала в зависимости от области манипуляций (например, грудная, брюшная полость), поврежденного органа (печень, селезенка, почки, легкие и пр.), способа выполнения операции (традиционный «открытый», лапароскопический и др.).

Для оценки остаточной деформации при сжатии на 50% толщины в проекции геометрического центра образца с помощью микрометра с малыми губками EZ mic (производитель iGaging LLC, КНР), трижды измеряли его толщину. Среднее трех измерений считали истинной толщиной образца до сжатия (h_1). Затем рассчитывали необходимую дистанцию движения траверсы стенда электромеханического РЭМ 0,2–1 (производитель ООО «Метротест», Россия) для сжатия образца на 50% его толщины. После чего образцы помещали на стеклянную подложку, которую устанавливали на поднимающейся траверсе РЭМ 0,2–1 (рис. 1). Стеклянную подложку жестко закрепленную на инденторе, устанавливали так, чтобы ее нижняя поверхность касалась верхней поверхности образца. Затем траверсу со скоростью 30 мм/мин поднимали, сжимая образец на 50% его толщины, после чего образец оставляли под давлением на 10 секунд (рис. 2). После снятия нагрузки образец снимали с подложки и измеряли толщину после сжатия (непосредственно после сжатия, через 5, 10 и 30 минут) аналогично методике оценки толщины до сжатия. Данные временные промежутки выбраны нами для оценки, опираясь на время использования (манипулирования) образцов оперирующим хирургом: время на вскрытие стерильной упаковки, моделирование по размеру раны, компрессия пальцами и/или инструментом, ожидание эффективного гемостаза.

Остаточную деформацию при сжатии на 50%

определяли по формуле для каждого измерения:

$$\varepsilon_{\text{ост } 50\%} = h_{\text{ост}} - 0,5 / h_0 \times 100\%, \text{ где}$$

$\varepsilon_{\text{ост } 50\%}$ — остаточная деформация сжатия,

h_0 — толщина образца до сжатия,

$h_{\text{ост}}$ — толщина образца после сжатия спустя 30 минут.

Статистическую обработку полученных данных проводили с применением методик описательной и вариационной статистики. Данные представлялись в виде медианы, 25 и 75 перцентилей (Me [25;75]). Достоверность отличия средних величин определяли с помощью критерия Манна-Уитни (U), при допустимом для медико-биологических исследований значении $p\text{-level} < 0,05$. Для статистических расчетов использовали программу Statistica 10.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Было произведено исследование остаточной деформации при сжатии на 50% толщины губчатых гемостатических материалов. Статистически обработанные данные представлены ниже в таблицах 2–8.

При сравнении полученных данных обнаружено, что значения толщины до сжатия образцов группы № 1 статистически значимо (табл. 2, 3) отличаются от значений этого параметра групп № 2 (в 2,05 раза меньше), 3 (в 1,03 раза меньше), 4 (в 4,47 раз больше), 5 (в 1,57 раз меньше), 6 (в 3,54 раза больше), 7 (в 1,5 раз меньше). Толщина до сжатия образцов группы № 2 имеет статистически значимые отличия от образцов групп № 3 (в 2 раза больше), 4 (9,18 раз больше), 5 (в 1,3 раза больше), 6 (в 7,26 раз больше), 7 (в 1,36 раз больше). Образцы группы № 3 статистически значимо отличаются по толщине до сжатия от образцов групп № 4 (4,59 раз больше), 5 (в 1,53 раза меньше), 6 (в 3,63 раза больше), 7 (в 1,46 раз меньше). Образцы группы № 4 и групп № 5 (в 7,02 раза ниже), 6 (в 1,26 раз меньше), 7 (в 6,73 раз больше) также имеют статистически значимые отличия. Статистически значимые отличия выявлены при исследовании толщины до сжатия образцов групп № 5 и № 6 (в 5,55 раз больше), 7 (в 1,04 раза меньше), между образцами групп № 6 и 7 (в 5,32 раза меньше). Толщина до сжатия образцов группы № 2 в 9,18 раз меньше, чем этот же показатель у образцов группы № 4. Толщина образцов группы № 1 в 2,05 раза меньше, чем группы № 2 и в 1,03 раз меньше, чем группы № 3. Толщина образцов до сжатия группы № 4 в 7,02 раза ниже, чем группы № 5, а группы № 6 в 5,32 раза ниже, чем группы № 7.

Толщина образцов сразу после сжатия статистически значимо (табл. 4) различается у образцов групп № 1 и № 2 (в 2,33 раза меньше), 3 (в 1,41 раз меньше), 4 (в 3,72 раза больше), 5 (в 2,22 раз меньше).

ше), 6 (в 3,45 раз больше), 7 (в 2,26 раз меньше), у образцов групп № 2 и № 3 (в 1,65 раз больше), 4 (в 8,7 раз больше), 5 (в 1,05 раз больше), 6 (в 8,06 раз больше), 7 (в 1,04 раз больше). Также выявлены статистически значимые отличия толщины сразу после сжатия между образцами групп № 3 и № 4 (в 5,26 раз больше), 5 (в 1,54 раз меньше), 6 (в 4,9 раз больше), 7 (в 1,6 раз меньше). Образцы группы № 4 статистически значимо отличаются по толщине после сжатия от образцов групп № 5 (в 8,25 раз меньше), 6 (в 1,08 раз меньше), 7 (в 8,4 раз меньше), образцы группы № 6 — от образцов групп № 5 (в 7,65 раз меньше), 7 (в 7,79 раз больше). Толщина после сжатия образцов группы № 5 в 7,65 раз больше толщины образцов группы № 6 и в 9,49 раз больше толщины образцов группы № 4. Толщина в группе № 2 в 2,34 раза больше толщины в группе № 1 и в 1,65 раз больше, чем в группе № 3. В группе

№ 7 толщина в 7,79 раза больше, чем в группе № 6.

Статистически значимые отличия выявляются между показателями толщины через 5 минут после сжатия образцов (табл. 5) групп № 1 и № 2 (в 2,29 раз меньше), 3 (в 1,49 раза меньше), 4 (в 3,83 раз больше), 5 (в 2,5 раза меньше), 6 (в 3,37 раза больше), 7 (в 2,42 раза меньше), № 2 и № 3 (в 1,54 раз больше), 4 (в 8,78 раза больше), 5 (в 1,09 раза меньше), 6 (в 7,73 раза больше), 7 (в 1,06 раза меньше), № 3 и № 4 (в 5,69 раза больше), 5 (в 1,68 раза меньше), 6 (в 5,01 раза больше), 7 (в 1,63 раз меньше), № 4 и № 5 (в 9,54 раз меньше), 6 (в 1,36 раза меньше), 7 (в 9,28 раза меньше), № 6 и № 5 (в 8,4 раза меньше), 7 (в 8,17 раза меньше). Толщина через 5 минут после сжатия образцов группы № 5 в 8,4 раза больше, чем образцов группы № 6 и в 9,49 раза больше, чем образцов группы № 4. Толщина в группе № 2 в 2,4 раза больше, чем в группе № 1 и в 1,61 раз больше,

Таблица 2. Динамика изменения толщины и остаточной деформации при сжатии на 50% толщины тестируемых образцов

Table 2. Dynamics of change of thickness and residual deformation at compression by 50% of thickness of tested samples

№	Группы исследования / Research groups	Толщина образца, мм / Sample thickness, mm	50% толщины, мм / 50% thickness, mm	Толщина после сжатия, мм / Thickness after compression, mm				ОДС 50%, % / ODP 50%, %
				0, мин / min	5, мин / min	10, мин / min	30, мин / min	
1	Tachocomb	4,74 [4,73; 4,76]	2,37 [2,36; 2,38]	2,6 [2,59; 2,64]	2,7 [2,64; 2,71]	2,73 [2,71; 2,76]	2,84 [2,81; 2,84]	4,62 [4,07; 5,7]
2	Gelita-Spon Standart	9,73 [9,6; 9,8]	4,8 [4,8; 4,9]	6,08 [6,01; 6,09]	6,19 [6,1; 6,24]	6,47 [6,29; 6,59]	7,08 [6,927; 7,12]	12,59 [12,04; 12,6]
3	Surgicel Fibrillar	4,87 [4,85; 4,91]	2,44 [2,43; 2,46]	3,678 [3,509; 3,807]	4,01 [3,972; 4,419]	4,078 [4,015; 4,29]	4,159 [4,15; 4,512]	26,15 [22,05; 27,38]
4	Na-КМЦ + Транексамовая кислота (прессованная) / Na-СМС + Tranexamic acid (pressed)	1,06 [1,02; 1,09]	0,53 [0,51; 0,55]	0,699 [0,691; 0,71]	0,705 [0,701; 0,744]	0,735 [0,723; 0,759]	0,753 [0,744; 0,801]	15,94 [15,14; 17,75]
5	Na-КМЦ + Транексамовая кислота (непрессованная) / Na-СМС + Tranexamic acid (uncompressed)	7,44 [7,39; 7,46]	3,72 [3,7; 3,73]	5,769 [5,671; 5,785]	6,729 [6,711; 6,825]	6,972 [6,967; 7,176]	7,105 [6,991; 7,109]	27,22 [27,02; 27,76]
6	Na-КМЦ (прессованная) / Na-СМС (pressed)	1,34 [1,3; 1,34]	0,669 [0,665; 0,672]	0,754 [0,753; 0,791]	0,801 [0,79; 0,804]	0,809 [0,802; 0,81]	0,812 [0,803; 0,927]	7,62 [6,19; 8]
7	Na-КМЦ (непрессованная) / Na-СМС (uncompressed)	7,129 [7,079; 7,19]	3,49 [3,45; 3,52]	5,87 [5,846; 5,887]	6,542 [6,459; 6,739]	6,811 [6,798; 6,89]	7,017 [6,98; 7,04]	32,34 [31,78; 32,45]

чем в группе № 3. В группе № 7 толщина образцов в 8,14 раз больше, чем в группе № 6.

Статистически значимые отличия значения толщины образцов через 10 минут после сжатия (табл. 6) между группами № 1 и № 2 (в 2,37 раза меньше), 3 (в 1,49 раза меньше), 4 (в 3,71 раза больше), 5 (в 2,55 раза меньше), 6 (в 3,37 раза больше), 7 (в 2,49 раза меньше). Статистически значимо отличаются образцы в группах № 2 и 3 (в 1,59 раза больше), 4 (в 8,8 раза больше), 5 (в 1,08 раза меньше), 6

(в 8 раз больше), а также в группах № 3 и № 4 (в 5,55 раза больше), 5 (в 1,7 раза меньше), 6 (в 5,04 раза больше), 7 (в 1,67 раза меньше). Статистически значимые отклонения обнаружены между образцами в группах № 4 и № 5 (в 9,49 раза меньше), 6 (в 1,1 раза меньше), 7 (в 9,27 раза меньше), № 6 и № 5 (в 8,62 раза меньше), 7 (в 8,42 раза меньше). Значение толщины через 10 минут после сжатия образцов группы № 7 в 8,42 раза выше, чем группы № 6. В группе № 2 толщина выше, чем в группе № 1

Таблица 3. Результаты сравнения достоверности отличия толщины тестируемых образцов, p-level
Table 3. Results of comparison of accuracy of thickness difference of tested samples, p-level

Группа / Group	2	3	4	5	6	7
1	0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*
2		0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*
3			0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*
4				0,0122*	0,0122*	0,0122*
5					0,0122*	0,0122*
6						0,0122*

Примечание: * – статистически значимые значения ($p \leq 0,05$). Note: * – statistically significant values ($p \leq 0,05$)

Таблица 4. Результаты сравнения достоверности отличия толщины тестируемых образцов сразу после сжатия, p-level
Table 4. Results of comparison of accuracy of thickness difference of tested samples right after compression, p-level

Группа / Group	2	3	4	5	6	7
1	0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*
2		0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*
3			0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*
4				0,0122*	0,0122*	0,0122*
5					0,0122*	0,060104
6						0,0122*

Примечание: * – статистически значимые значения ($p \leq 0,05$). Note: * – statistically significant values ($p \leq 0,05$)

Таблица 5. Результаты сравнения достоверности отличия толщины тестируемых образцов через 5 минут после сжатия, p-level
Table 5. Results of comparison of accuracy of thickness difference of tested samples 5 minutes after compression, p-level

Группа / Group	2	3	4	5	6	7
1	0,0117*	0,012*	0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*
2		0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0367*
3			0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*
4				0,0122*	0,0122*	0,0122*
5					0,0122*	0,21
6						0,0122*

Примечание: * – статистически значимые значения ($p \leq 0,05$). Note: * – statistically significant values ($p \leq 0,05$)

в 2,37 раза, а чем в группе № 3 в 1,59 раза. В группе № 5 значение толщины через 10 минут после сжатия выше, чем в группе № 4 в 9,49 раз.

При сравнении данных обнаружены статистически значимые отличия между значением толщины образцов через 30 минут после сжатия (табл. 7) в группах № 1 и № 2 (в 2,49 раза меньше), 3 (в 1,46 раза меньше), 4 (в 3,77 раза больше), 5 (в 2,5 раза меньше), 6 (в 4,17 раза больше), 7 (в 2,47 раза меньше). Между

толщиной образцов в группе № 2 и в группах № 3 (в 1,7 раза больше), 4 (в 9,39 раз больше), 6 (в 10,39 раза больше) были выявлены статистически значимые отличия. Статистически значимые отклонения также обнаружены между образцами в группах № 3 и № 4 (в 5,52 раза больше), 5 (в 1,7 раза меньше), 6 (в 6,1 раза больше), 7 (в 1,69 раза меньше), № 6 и № 5 (в 10,43 раза меньше), 7 (в 10,3 раза меньше). Значение толщины через 30 минут после сжатия образцов

Таблица 6. Результаты сравнения достоверности отличия толщины тестируемых образцов через 10 минут после сжатия, p-level
Table 6. Results of comparison of accuracy of thickness difference of tested samples 10 minutes after compression, p-level

Группа / Group	2	3	4	5	6	7
1	0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*
2		0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0601
3			0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*
4				0,0122*	0,0122*	0,0122*
5					0,0122*	0,0947
6						0,0122*

Примечание: * – статистически значимые значения ($p \leq 0,05$). Note: * – statistically significant values ($p \leq 0,05$)

Таблица 7. Результаты сравнения достоверности отличия толщины тестируемых образцов через 30 минут после сжатия, p-level
Table 7. Results of comparison of accuracy of thickness difference of tested samples 30 minutes after compression, p-level

Группа / Group	2	3	4	5	6	7
1	0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*
2		0,0122*	0,0122*	0,676104	0,0122*	0,8345
3			0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*
4				0,0122*	0,0122*	0,0122*
5					0,0122*	0,5309
6						0,0122*

Примечание: * – статистически значимые значения ($p \leq 0,05$). Note: * – statistically significant values ($p \leq 0,05$)

Таблица 8. Результаты сравнения достоверности отличия остаточной деформации сжатия на 50% толщины, p-level
Table 8. Results of comparison of reliability of difference of compression residual strain by 50% of thickness, p-level

Группа / Group	2	3	4	5	6	7
1	0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*	0,0122*
2		0,0122*	0,143673	0,0122*	0,0122*	0,0122*
3			0,143673	0,403396	0,0122*	0,094694
4				0,143673	0,0122*	0,143673
5					0,0122*	0,0122*
6						0,0122*

Примечание: * – статистически значимые значения ($p \leq 0,05$). Note: * – statistically significant values ($p \leq 0,05$)

в группе № 5 в 8,75 раза больше, чем в группе № 6 и в 9,44 раза больше, чем в группе № 4. Данный показатель выше в группе № 2, чем в группе № 1 в 2,49 раза, а чем в группе № 3 в 1,7 раза. В группе № 7 толщина выше, чем в группе № 6 в 8,64 раза.

При сравнении данных обнаружено, что статистически значимые отличия (табл. 8) нами обнаружены между показателем ОДС 50% образцов группы № 1 и групп № 2 (в 2,73 раза меньше), 3 (в 5,66 раза меньше), 4 (в 3,45 раза меньше), 5 (в 5,89 раза меньше), 6 (в 1,65 раза меньше), 7 (в 7 раз меньше). Статистически значимые отличия выявляются при сравнении образцов групп № 2 и № 3 (в 2,08 раза меньше), 5 (в 2,16 раза меньше), 6 (в 1,65 раза больше), 7 (в 2,57 раза меньше), группы № 6 и групп № 3 (в 3,43 раза меньше), 4 (в 2,09 раза меньше), а также группы № 7 и групп № 5 (в 1,19 раза больше), 6 (в 4,24 раза больше). ОДС 50% в группе № 3 в 5,66 раза выше, чем в группе № 1 и в 2,08 раза выше, чем в группе № 2, а в группе № 5 в 1,71 раза выше, чем в группе № 4. В группе № 7 показатель ОДС 50% выше, чем в группе № 6 в 4,24 раза.

ОБСУЖДЕНИЕ

Такие изменения показателей толщины аппликационных гемостатических губчатых материалов в зависимости от времени, прошедшего после сжатия на 50% их толщины (рис. 3), могут свидетельствовать о том, что механические свойства губок, в том числе степень их деформации, зависят от их химического состава и структуры (пространственной организации пор, соотношения вещество-поры).

Так, губки на основе солей КМЦ (в том числе с добавлением транексамовой кислоты) характеризуются более высокими значениями остаточной деформации при сжатии на 50%, чем образцы, изготовленные из коллагена (Tachocomb), медицинского

желатина (Gelita-Spon Standart) и окисленной и восстановленной целлюлозы (Surgicel Fibrillar). Механические свойства непрессованных губок значительно отличаются от свойств прессованных образцов. Это выражается в высоких значениях ОДС 50% образцов № 5 и 7 (непрессованные губки на основе Na-КМЦ с добавлением транексамовой кислоты и Na-КМЦ) в сравнении с образцами № 4 и 6 (прессованные губки на основе Na-КМЦ с добавлением транексамовой кислоты и Na-КМЦ) соответственно.

Полученные результаты могут быть использованы в практической деятельности врачей-хирургов. Представленные выше данные позволяют также судить о том, насколько удобным может быть использование таких материалов интраоперационно. Иными словами, благодаря проведенному исследованию, становится понятно, насколько аппликационные гемостатические губчатые материалы могут деформироваться в руках оперирующего хирурга и как «бережно» стоит обращаться с такими образцами после их извлечения из стерильной упаковки. В связи с широким внедрением в хирургическую практику эндовидеохирургических технологий (ЭВХТ) и ростом числа оперативных вмешательств, выполняемых с помощью ЭВХТ актуальной остается возможность «доставки» кровоостанавливающих материалов к области кровотечения без потери целостности и необходимых свойств последними в результате взаимодействия с эндоскопическими инструментами (зажимы и диссекторы), обладающими значительной деформирующей способностью в виду особенностей конструкции. Так как оперирующий хирург не в полной мере ощущает степень нагрузки на рабочие бранши инструмента из-за его значительной длины и значительной разницы в приложении силы (сжатие пальцами хирурга ручек инструмента) от точки работы (сжатие бранш), которая находится на удалении.

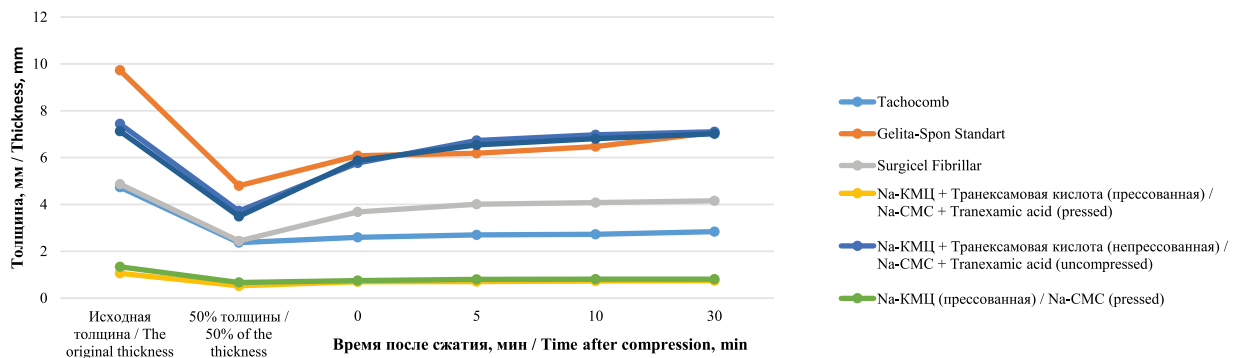


Рис. 3. Динамика изменения остаточной деформации при сжатии на 50 % толщины тестируемых образцов

Fig. 3. Dynamics of residual deformation changes at compression by 50% of thickness of tested samples

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Губчатые гемостатические импланты, изготовленные из Na-КМЦ, быстрее восстанавливают форму при её изменении, имеют более высокие значения показателей манипуляционных свойств (ОДС 50% на разных сроках после сжатия), что делает их более предпочтительными для использования в эндовидеохирургических операциях. Поэтому практическое использование непрессованных губок эффективнее, чем прессованных. Значительной способностью восстанавливать

форму обладают губчатые импланты, изготовленные из Na-КМЦ с добавлением транексамовой кислоты (непрессованные), а также губки из окисленной и восстановленной целлюлозы, что подтверждается динамикой восстановления их толщины к исходным значениям. Образцы, изготовленные из коллагена из сухожилий лошади с добавлением рибофлавина, лиофилизированного фибриногена человека, тромбина из крови быка и апротинина из легких быка характеризуются наименьшими значениями оцениваемых механических свойств.

Участие авторов:

Липатов В.А. – концепция и дизайн исследования, написание текста, научное редактирование.

Северин Д.А. – написание текста, обработка материала, техническое редактирование, оформление библиографии, подготовка иллюстраций, сбор, анализ и интерпретация данных.

Наимзада М.Д.З. – написание текста, обработка материала, техническое редактирование.

Пучкова Е.Л. – написание текста, обработка материала.

Authors contribution:

Lipatov V.A. – research concept and design, scientific editing.

Severinov D.A. – text writing, material processing, technical editing, bibliography, illustrations, collection, analysis and interpretation of data.

Naimzada M.D.Z. – text writing, material processing, technical editing.

Puchkova E.L. – text writing, material processing.

Список литературы

1. Бежин А.И., Солдатова Д.С., Литвиненко И.В., Горпинич А.П. Экспериментальное обоснование кровоостанавливающего эффекта 3% геля карбоксиметилцеллюлозы. Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». 2018;(4):72–79. <https://doi.org/10.21626/vestnik/2018-4/12>
2. Гараев И.Х., Мусин И.Н., Зенитова Л.А. Антисептические перевязочные материалы на основе сфагнума. Бюллетень медицинской науки. 2019;1(13):8–13. [https://doi.org/10.31684/2541-8475.2019.1\(13\).8-13](https://doi.org/10.31684/2541-8475.2019.1(13).8-13)
3. Белозерская Г.Г., Момот А.П., Пыхтеева М.В., Белозеров Д.Е., Бычиков Д.Ю., Неведрова О.Е. и др. Сравнительная оценка гемостатических свойств локальных покрытий на основе каппа-карагинана in vitro. Клиническая физиология кровообращения. 2019;16(2):148–157. <https://doi.org/10.24022/1814-6910-2019-16-1-67-75>
4. Морыганов А.П., Дымникова Н.С. Целлюлозные текстильные материалы для медицины, гигиены, косметологии. Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). 2019;1(1):139–145.
5. Легонькова О.А., Васильев В.Г., Асанова Л.Ю. Исследование эксплуатационных свойств полимерных перевязочных средств. Раны и раневые инфекции. Журнал им. профессора Б.М. Костюченко. 2015;2:32–39. <https://doi.org/10.17650/2408-9613-2015-2-2-32-39>
6. Вагнер В.И., Ананичев Д.А., Егорова М.А., Климова Н.С., Кобякова Ю.В. Применение методов системного анализа и математического моделирования для прогнозирования и оценки деформационных и восстановительных свойств текстильных эластомеров. Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2019;4(46):5–15.
7. 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.
8. Леонов Д.В., Розов Р.В., 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.
9. Липатов В.А., Лазаренко С.В., Сотников К.А., Северин Д.А., Ершов М.П. К вопросу о методологии сравнительного изучения степени гемостатической активности аппликационных кровоостанавливающих средств. Новости хирургии. 2018;1(26):81–94. <https://doi.org/10.18484/2305-0047.2018.1.81>
10. Ославский А.И., Смотрин С.М. Поглотительная и адсорбционная способности углеволокнистых сорбентов к биологическим жидкостям. Журнал ГрГМУ. 2012;3(39):25–28.
11. 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 сорбционного материала, включающего наноструктурный оксидгидроксид алюминия. Сибирский медицинский журнал. 2012;2:127–131.
12. 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.
13. Foruzanmehr MR, Vuillaume PY, Elkoun S, Robert M. Physical and mechanical properties of PLA composites reinforced by TiO₂ grafted flax fibers. Materials & Design. 2016;106:295–304. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2016.05.103>

14. Pourhaghgouy M., Zamanian A. Physical and mechanical properties of the fully interconnected chitosan ice-templated scaffolds. *Journal of Applied Polymer Science*. 2015;132(7):414–476. <https://doi.org/10.1002/app.41476>
15. Королев М.П., Аванесян Р.Г., Лепехин Г.М., Амирханян Т.В. Тактика лечения осложненного течения травматического повреждения печени у детей с применением миниинвазивных технологий. *Детская медицина Северо-Запада*. 2018.1(7):159–160.

References

1. Bezhin AI, Soldatova DS, Litvinenko IV, Gorpnich AP. Experimental substantiation of the hemostatic effect of 3% carboxymethylcellulose gel. *Kursk scientific and practical Bulletin "Man and his health"*. 2018;4:72–79. (In Russian). <https://doi.org/10.21626/vestnik/2018-4/12>
- Garayev IH, Musin IN, Zenitova LA. Antiseptic dressing materials based on sphagnum. *Bulletin of medical science*. 2019;1(13):8–13. (In Russian). [https://doi.org/10.31684/2541-8475.2019.1\(13\).8-13](https://doi.org/10.31684/2541-8475.2019.1(13).8-13)
3. Belozerskaya GG, Momot AP, Pykhteeva MV, Belozero DE, Bychikov DY, Nevedrova OE, et al. Comparative evaluation of the hemostatic properties of local coatings based on Kappa-carrageenan in vitro. *Clinical physiology of blood circulation*. 2019;16(2):148–157. (In Russian). <https://doi.org/10.24022/1814-6910-2019-16-1-67-75>
4. Moryganov AP, Dymnikova N.S. Cellulose textile materials for medicine, hygiene, cosmetology. *Physics of fibrous materials: structure, properties, knowledge-intensive technologies and materials (SMARTEX)*. 2019;1(1):139–145. (In Russian).
5. Legonkova OA, Vasiliev VG, Asanov LY. Investigation of performance properties of the polymer means of dressing. *Wounds and wound infections. Journal named after Professor B.M.Kostyuchenko*. 2015;2:32–39. (In Russian). <https://doi.org/10.17650/2408-9613-2015-2-2-32-39>
6. Wagner VI, Ananichev DA, Egorova MA, Klimova NS, Kobaykova YuV. Application of systems analysis and mathematical modeling methods to predict and evaluate the deformation and restorative properties of textile elastomers. *News of higher educational institutions. Light industry technology*. 2019;4(46):5–15. (In Russian).
7. Legonkova OA, Vasiliev VG, Asanova LY. Sorption and physical and mechanical properties of biomaterials used as dressings. *Questions of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. 2015;10:7–13. (In Russian).
8. Leonov DV, Rozov RV, Ustinova TP, Klyuev IA. Investigation of physical and mechanical properties of polyamide-6 modified

16. Аблицов А. Ю., Аблицов Ю.А., Василяшко В.И., Орлов С.С., Насонов С.Н. Миниинвазивная хирургия легких. От видеоторакоскопии к робот-ассистированным операциям. *Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И.Пирогова*. 2018;4(13):123–131. <https://doi.org/10.25881/BPNMSC.2018.57.76.025>
- with oxidized graphite and basalt wool at the stage of its synthesis. *Young scientist*. 2015;24(1):38–40. (In Russian).
9. Lipatov VA, Lazarenko SV, Sotnikov KA, Severinov DA, Yershov MP. On the methodology of comparative study of the degree of hemostatic activity of applicative hemostatic agents. *Surgery news*. 2018;1(26):81–94. (In Russian). <https://doi.org/10.18484/2305-0047.2018.1.81>
10. Oslavskiy AI, Smotrin SM. Absorption and adsorption capacity of carbon-fiber sorbents to biological fluids. *Journal of the GMU*. 2012;3(39):25–28. (In Russian).
11. Serova AN, Pehenko VG, Tikhonova IN, Glazkova EA, Bakina OV, Lerner MI, Ppsakhye SG. Adsorption and absorption capacity of a sorption material including nanostructured aluminum oxide. *Siberian medical journal*. 2012;2:127–131. (In Russian).
12. Steinle AV. Absorption and absorption capacity of the wound dressings based on nano-structured graphite in comparison with modern high-performance dressings. *Privolzhsky scientific Bulletin*. 2012;4(8):77–83. (In Russian).
13. Foruzanmehr MR, Vuillaume PY, Elkoun S, Robert M. Physical and mechanical properties of PLA composites reinforced with grafted TiO₂ flax fibers. *Materials and Design*. 2016;106:295–304. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2016.05.103>
14. Paraggua M, Zamanian A. physico-mechanical properties of a fully interconnected chitosan icy skeletons. *Journal of applied polymer science*. 2015;132(7):414–476. <https://doi.org/10.1002/app.41476>
15. Korolev MP, Avanesyan RG, Lepekhn GM, Amirkhanyan TV. Tactics of treating the complicated course of traumatic liver injury in children using miniinvasive technologies. *Children's medicine of the Northwest*. 2018;1(7):159–160. (In Russian).
16. Ablitsov AYU, Ablitsov YUA, Vasilashko VI, Orlov SS, Nasonov SN. Miniinvasive lung surgery. From video to robot assisted operations. *Bulletin of the National Medical and Surgical Center named after N.I.Pirogov*. 2018;4(13):123–131. (In Russian). <https://doi.org/10.25881/BPNMSC2018.57.76.025>

Информация об авторах:

Липатов Вячеслав Александрович – д.м.н., профессор кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии им. профессора А.Д.Мясникова, заведующий лабораторией экспериментальной хирургии и онкологии ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курск, Российская Федерация. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6121-7412>, SPIN: 1170-1189, AuthorID: 197586, ResearcherID: D-8788-2013, Scopus Author ID: 6603948707

Северинов Дмитрий Андреевич* – ассистент кафедры детской хирургии и педиатрии ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курск, Российская Федерация. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4460-1353>, SPIN: 1966-0239, AuthorID: 914271, ResearcherID: G-4584-2017, Scopus Author ID: 57192996740

Наимзада Мухаммад Давид Зияутдин – младший научный сотрудник лаборатории экспериментальной хирургии и онкологии ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курск, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7894-6029>, SPIN: 2781-6031, AuthorID: 939778, ResearcherID: A-1521-2016, Scopus Author ID: 57209744761

Пучкова Елена Леонидовна – студентка лечебного факультета ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курск, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3194-615X>, SPIN: 8235-9400, AuthorID: 1065101, ResearcherID: A-3517-2020

Information about authors:

Viacheslav A. Lipatov – Dr. Sci. (Med.), professor of the department of operative surgery and topographic anatomy named after professor A.D. Myasnikov, head of the laboratory of experimental surgery and oncology Kursk State Medical University, Kursk, Russian Federation. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6121-7412>, SPIN: 1170-1189, AuthorID: 197586, ResearcherID: D-8788-2013, Scopus Author ID: 6603948707

Dmitriy A. Severinov* – assistant of the department of pediatric surgery and pediatrics Kursk State Medical University, Kursk, Russian Federation. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4460-1353>, SPIN: 1966-0239, AuthorID: 914271, ResearcherID: G-4584-2017, Scopus Author ID: 57192996740

Mukhammad David Z. Naimzada – junior researcher at the laboratory of experimental surgery and oncology Kursk State Medical University, Kursk, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7894-6029>, SPIN: 2781-6031, AuthorID: 939778, ResearcherID: A-1521-2016, Scopus Author ID: 57209744761

Elena L. Puchkova – student of the medical faculty Kursk State Medical University, Kursk, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3194-615X>, SPIN: 8235-9400, AuthorID: 1065101, ResearcherID: A-3517-2020