

Морфофункциональные изменения селезенки после гемостаза «неравновесной плазмой»

Е.В. СЕМИЧЕВ¹, Н.М. ШЕВЦОВА¹, А.Н. БАЙКОВ¹, П.С. БУШЛАНОВ¹, Е.А. ГЕРЕНГ¹,
А.Н. АЛЕЙНИК²

Сибирский государственный медицинский университет¹, Московский тракт, 2, г. Томск, 634050,
Российской Федерации

Национальный исследовательский Томский политехнический университет², проспект Ленина, дом 30,
г. Томск, 634050, Российской Федерации

Актуальность: при повреждении селезенки развивается обильное кровотечение, приводящее к летальному исходу. В настоящее время разрабатывается метод гемостаза «неравновесной плазмой».

Цель: изучить влияние «неравновесной плазмы» на систему гемостаза и морфофункциональное состояние селезенки.

Материалы и методы: Эксперимент проводили на кроликах-самцах. 1-я группа (контроль; n=5) – интактные животные без оперативного вмешательства; 2-я группа (экспериментальная, n=40) – животные после атипичной резекции селезенки и гемостаза «неравновесной плазмой». В заданные временные промежутки (60 мин, 3-е, 5-е, 7-е, 14-е, 30-е, 90-е, 180-е сут) после оперативного вмешательства оценивались объём кровопотери, ОАК, гистологические данные (удельный объём красной и белой пульпы, сосудов, соединительной ткани, плотность клеточного инфильтрата), проводился анализ спленограмм (микроскопия мазков-отпечатков срезов селезенки).

Результаты и их обсуждение: Объём кровопотери при резекции селезенки с гемостазом «неравновесной плазмой» составил 16,6 [15,98; 17,22] мл. В ОАК на ранних сроках после гемостаза неравновесной плазмой выявляется увеличение нейтрофилов до 38 [24; 39] (группа контроля 17 [13; 18], p=0,009) и моноцитов до 15 [14; 18] (группа контроля 8 [6; 11], p=0,036), которое снижается до нормы к 30 сут. При гистологическом исследовании на ранние сроки выявляется лейкоцитарная инфильтрация, явления отёка, стаз сосудов микроциркуляторного русла, расширение сосудов. На поздние сроки структура органа нормализуется. Анализ спленограмм выявил статистически значимое (p=0,023) снижение лишь относительного количества малых лимфоцитов на 28% у животных после гемостаза неравновесной плазмой по сравнению с контролем (23,3 [17,9; 26,7] против 30,8 [29,25; 34,3] в контрольной группе).

Выводы: эффективный гемостаз селезенки в эксперименте наступает после обработки плазменным потоком кровоточащей поверхности в течение 1,5-2 мин. После гемостаза «неравновесной плазмой» отмечается повреждение паренхимы селезенки, проявляющееся «реакцией активации». В отдалённые сроки паренхима селезенки регенерирует с образованием соединительнотканного рубца, функция органа не страдает.

Ключевые слова: гемостаз селезенки, неравновесная плазма, повреждение селезенки, морфофункциональные изменения.

Morphofunctional Changes of the Spleen after Hemostasis by «Nonequilibrium Plasma»

E.V. SEMICHEV¹, A.N. BAIKOV¹, N.M. SHEVCOVA¹, P.S. BUSHLANOV¹, E.A. GERENG¹,
A. N. ALEYNIK²

Siberian State Medical University¹, Moscow path, 2, 634050, Tomsk

National research Tomsk polytechnical university², Lenin Avenue, 30, 634050, Tomsk

Actuality: Introduction: heavy bleeding is developed in case of spleen injury. It often leads to death. At present method of coagulation by "nonequilibrium plasma" is developed.

Aim: study the effect of "non-equilibrium plasma" on the hemostatic system and morphofunctional state of the spleen.

Materials and Methods: The experiment was carried out on 45 male rabbits weighing 3000 - 3200 g. 1st group (control; n=5) - intact animals without surgery; 2nd group (experimental, n=40) - animals after atypical resection of the spleen and hemostasis by "nonequilibrium plasma". The volume of blood loss, FBC, histological data (specific volume of red and white pulp, vessels, connective tissue, the density of the cellular infiltrate), splenogram analysis (microscopy of spleen impression smears) data were assessed at defined periods (60 min, 3rd, 5th, 7th, 14th, 30th, 90th, 180th days) after surgery. They were compared with data of the control group.

Results and discussions: The volume of blood loss during the resection of the spleen with hemostasis by "nonequilibrium plasma" was 16,6 [15,98; 17,22] ml. Increase of neutrophil to 38 [24; 39] (control group 17 [13, 18], p=0,009), monocytes to 15 [14, 18] (control group 8 [6, 11], p=0,036) is revealed in the FBC in the early period after hemostasis with nonequilibrium plasma. It is reduced to the norm on 30 day. Histological examination revealed leukocyte infiltration, edema, microvascular stasis, dilatation of vessels in the early period. At long-term period structure of the organ is normalized. Splenogram analysis revealed a statistically

© Е.В. Семичев, Н.М. Шевцова, А.Н. Байков, П.С. Бушланов, Е.А. Геренг, А.Н. Алейник. Морфофункциональные изменения селезенки после гемостаза «неравновесной плазмой». Вестник экспериментальной и клинической хирургии 2016, 9: 2: 148-155. DOI: 10.18499/2070-478X-2016-9-2-141-148.

significant ($p = 0,023$) decrease in the relative number of small lymphocytes by 28% in animals after hemostasis with nonequilibrium plasma as compared to control (23.3 [17.9; 26.7] versus 30.8 [29.25; 34.3] in the control group).

Conclusion: treatment of bleeding surface by plasma flow for 1.5-2 min is required order to achieve effective hemostasis during surgery of spleen injuries in the experiment. After hemostasis by "nonequilibrium plasma" there is minimal damage of the spleen parenchyma, which manifests itself as "activation reaction" in the first minutes after exposure. At long-term period parenchyma of the spleen completely regenerates with the formation of cicatrical tissue that does not affect the functioning of organ.

Key words: haemostasis of spleen, nonequilibrium plasma, spleen trauma, morphofunctional changes.

Повреждение селезенки при открытых травмах живота встречаются в 7%, при закрытых травмах живота – в 26% случаев [5]. При повреждении селезенки развивается обильное кровотечение, которое нередко приводит к летальному исходу. Одним из методов спасения жизни пациента является спленэктомия, которая выполняется при открытых травмах живота в 27%, при закрытых травмах живота – в 56,7% случаев [5, 6].

Остановка кровотечений может достигаться за счет швов, специальных клипс, клеевых аппликаций, применения гемостатических препаратов, термической или электрокоагуляции [3-6, 8-10]. В настоящее время в хирургии отдается предпочтение электрокоагуляции [12, 13]. Однако она может привести к термическим ожогам и некрозам, а также к формированию рубца, приводящего к нарушению функции органа.

Одним из современных методов гемостаза является метод, основанный на применении «неравновесной» плазмы, ее температура колеблется от 40 до 70°C. Для остановки паренхиматозных кровотечений нашим коллективом предложен аппарат «ИХП-1», разработанный на кафедре ПФ ФТФ ТПУ (г. Томск), который генерирует «низкотемпературную» плазму ($\leq 45^\circ\text{C}$, амплитуда импульсов – 15 кВ, частота следования – 5 кГц) из атмосферного воздуха под действием барьерного разряда. Было установлено, что плазма, полученная таким способом, содержит большое количество активных составляющих (таких как OH, NO, N₂⁺, атомарный кислород и др.) [2].

Цель исследования: изучить влияние «неравновесной плазмы» на систему гемостаза и морфофункциональное состояние селезенки.

Материалы и методы

Проведение исследования одобрено этическим комитетом СибГМУ (г. Томск) (протокол № 2029 от 20 июня 2011 г.). Эксперимент проводили на 45 кроликах-самцах массой 3000 – 3200 г. Животные разделены на 2 группы исследования. В 1-ю группу (контрольную; $n=5$) вошли интактные животные без оперативного вмешательства; во 2-ю группу (экспериментальную; $n=40$, по 5 животных на каждую контрольную точку) – животные после атипичной резекции селезенки и гемостаза «неравновесной плазмой». Контрольные точки после оперативного вмешательства – 60 мин., 3, 5, 7, 14, 30, 90, 180-е сут.

Анестезию у кроликов осуществляли однократным внутривенным введением раствора Zoletil-100® (производство Virbac, Франция) из расчета 0,05 мл на 1

кг массы тела экспериментального животного в сочетании с препаратом Хулавет (производство Венгрия) из расчета 0,15 мл на 1 кг массы тела экспериментального животного.

Доступ к селезенке осуществляли верхнесрединной лапаротомией с последующим выведением селезенки и поперечным удалением 1/3 селезенки [7]. Гемостаз производили при помощи аппарата «Источник холодной плазмы-1» с определенными параметрами. После остановки кровотечения селезенку погружали в брюшную полость, рану послойно зашивали нитью Vicryl 4/0, затем накладывали повязку. Летальные исходы среди экспериментальных животных отсутствовали.

После выполнения оперативных вмешательств определяли объем кровопотери стандартным гравиметрическим методом. Плотность крови грызунов составляет 1,051.

Выведение животных из эксперимента в определенные контрольные точки при помощи CO₂ – асфиксии в специализированной камере.

В контрольные точки у экспериментальных групп животных забирали венозную кровь для проведения общего анализа крови (ОАК) и кусочки ткани селезенки для осуществления гистологического и цитологического исследований.

Обзорную микроскопию и морфометрию осуществляли на микропрепаратах, окрашенных гематоксилином и эозином. Для оценки выраженности фиброза использовали окраску пикрофуксином по Ван-Гизону. Полученные препараты селезенки изучали с использованием бинокулярного светового микроскопа Carl Zeiss Axioskop 40 FL. При обзорной световой микроскопии оценивали воспалительные, дисрегенераторные (пролиферацию, гиперплазию), а также фиброзные процессы. С помощью цифровой фотокамеры Canon Power Shot A 630 производили съемку гистологических препаратов (7–10 случайных полей зрения для каждого среза). Цифровые фотографии подвергали морфометрическому исследованию с использованием программы ImageJ 1.43 с оценкой удельных объемов (VO) (мм³/мм³) красной и белой пульпы, сосудов и соединительной ткани. При помощи Plugins «Cell» программы ImageJ на 1 мм² подсчитывали плотность клеточного инфильтрата.

Кусочки ткани селезенки животных использовали для приготовления мазков-отпечатков с последующей микроскопией. Отпечатки селезенки выполняли

по стандартной методике с окраской азур-II и эозином по Нохту – Максимуму.

Статистический анализ проводили с использованием статистического пакета Statistica 6.0. Применяли критерии Крускала-Уоллиса и Манна-Уитни, для оценки значимости различий при пороговом уровне значимости $p=0,05$.

Результаты и их обсуждение

Достижение гемостаза селезенки при экспериментальном вмешательстве наступало через 1,5-2 мин. после обработки плазменным потоком кровоточащей поверхности. Объем кровопотери в ходе оперативного вмешательства составил 16,6 [15,98;17,22] мл.

Всем животным из экспериментальной группы проводили ОАК до 30-х сут. исследования, так как к 30-м сут. показатели нормализовались. В ходе эксперимента было установлено, что на 3-и сут. исследования отмечалось статистически значимое повышение относительного количества сегментоядерных нейтрофилов до 38 [24; 39] (группа контроля 17 [13;18], $p=0,009$) и моноцитов до 15 [14;18] (группа контроля 8[6;11], $p=0,036$). В остальные сроки достоверных изменений исследованных показателей не выявлено.

В гистологической картине на 3-и сут. отмечают явления отека, разволокнение коллагеновых волокон, очаговый полиморфно-клеточный инфильтрат, а также образование сладж-комплексов и стаза сосудов микроциркуляторного русла (рис. 1).

К 5-м и 7-м сут. отмечается изменение структуры красной и белой пульпы за счет отека. В белой пульпе отечная жидкость вокруг лимфатических фолликулов. В некоторых участках органа выявляется выраженное

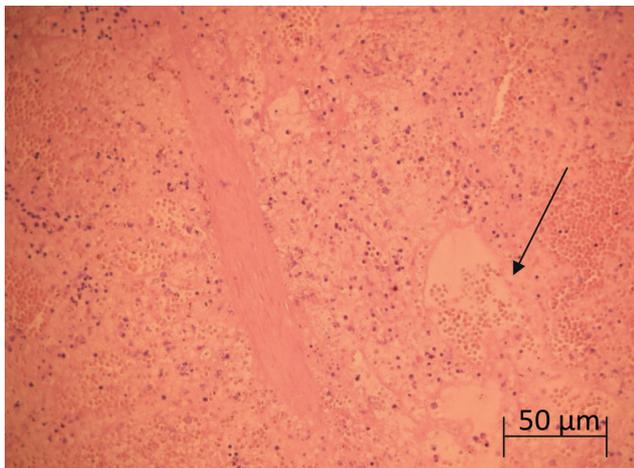


Рис. 1. Селезенка кролика на 3-и сут. после гемостаза «неравновесной плазмой». Нарушение структурной архитектоники паренхимы селезенки. Скопление отечной жидкости в красной пульпе селезенки. Стрелкой указаны расширенные сосуды со сладж-комплексами. Окр. гематоксилином-эозином.

Fig. 1. Spleen of rabbit on 3d day after hemostasis by «nonequilibrium plasma». Defect of structural architectonics of the spleen parenchyma. The accumulation of edema fluid in the red pulp of the spleen. The arrow indicates the expanded vessels with red cell adherence. Hematoxylin-eosin staining.

расширение центральной вены с признаками набухания эндотелиоцитов и гипертрофией гладкомышечных клеток в ней (рис. 2).

На 7-е сутки отчетливо определялось утолщение капсулы селезенки за счет отека и разволокнения коллагеновых волокон. К 14-м и 30-м сут. в белой пульпе между фолликулами определяется небольшое количество отечной жидкости. Вокруг центральной артерии селезенки расположены пучки коллагеновых волокон (рис. 3). В красной пульпе синусоидные капилляры расширены, между ними определяются пучки колла-

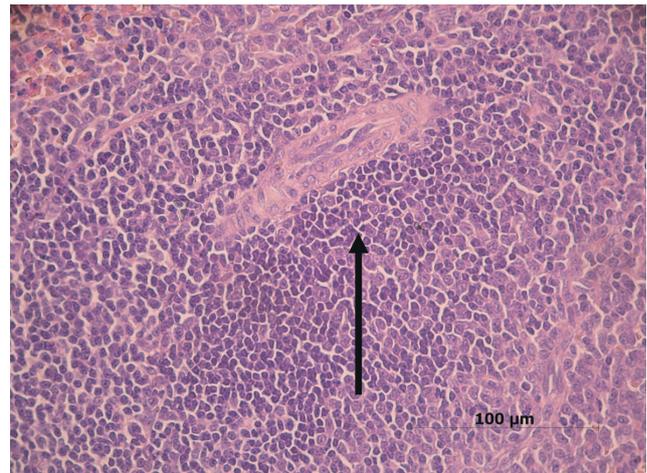


Рис. 2. Селезенка кролика на 5-е сут. после гемостаза «неравновесной плазмой». Расширение просвета, набухание эндотелиальных клеток и укрупнение ядер гладких миоцитов в центральной вене селезенки (указана стрелкой). Окр. гематоксилином-эозином.

Fig. 2. Spleen of rabbit on 5th day after hemostasis by «nonequilibrium plasma». Dilation, swelling of endothelial cells and enlargement of smooth muscle nuclei in a central vein of the spleen (arrow). Hematoxylin-eosin staining.

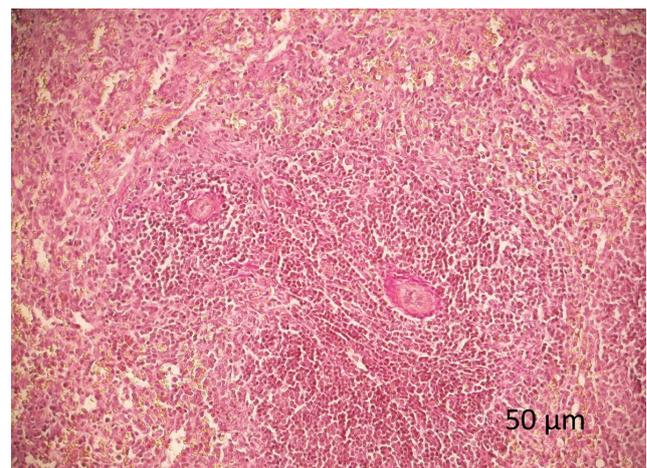


Рис. 3. Селезенка кролика на 14-е сут. после гемостаза «неравновесной плазмой». Разрастание соединительной ткани в белой пульпе селезенки с преимущественной локализацией вокруг центральной вены с полным стенозом ее просвета. Окр. пикрофуксином по Ван-Гизону.

Fig. 3. Spleen of rabbit on 14th day after hemostasis by «nonequilibrium plasma». The growth of connective tissue in the white pulp of the spleen around the central vein. Complete stenosis of its lumen. Picro-fuchsin staining.

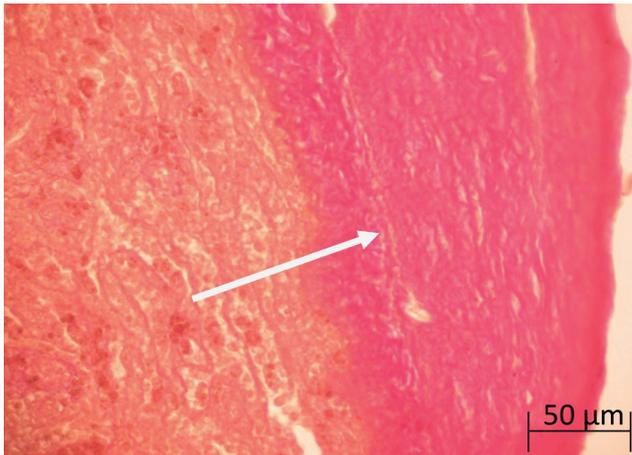


Рис. 4. Селезенка кролика на 90-е сут. после гемостаза «неравновесной плазмой». Утолщение капсулы селезенки за счет выраженного фиброза. Окр. пикрофуксином по Ван-Гизону.

Fig. 4. Spleen of rabbit on 90th day after hemostasis by «nonequilibrium plasma». Thickening of the capsule of the spleen due to fibrosis. Picro-fuchsin staining.

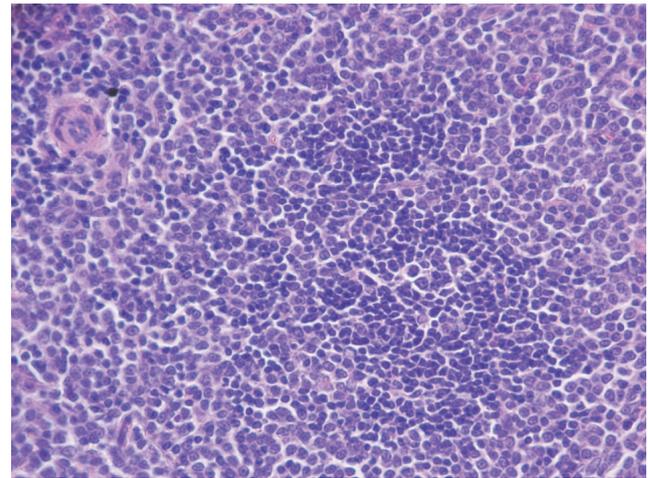


Рис. 5. Селезенка кролика на 180-е сут после гемостаза «неравновесной плазмой». Белая пульпа селезенки типичного строения. Окр. гематоксилином-эозином.

Fig. 5. Spleen of rabbit on 180th day after hemostasis by «nonequilibrium plasma». The white pulp of the spleen of a typical building. Hematoxylin-eosin staining.

геновых волокон, единичные скопления сегментоядерных нейтрофилов.

К 90-м сут. наблюдается полное разрушение красной и белой пульпы, нет границ между этими структурами. В белой пульпе невозможно идентифицировать фолликулы, а лимфоциты и плазматические клетки расположены диффузно. Выраженные признаки фиброза (рис. 4).

На 180-е сут определяется селезенка обычного строения. В ней можно выделить красную и белую пульпу. Соединительнотканная капсула типичного строения (рис. 5).

При анализе независимых данных (больше двух групп исследования) с использованием критерия Крускала-Уолиса было выявлено, что все морфометрические показатели имеют статистически значимые раз-

Таблица 1 / Table 1

Тканевые показатели патологических процессов ткани селезенки после гемостаза неравновесной плазмой
Tissue indicators of pathological processes of spleen tissue after hemostasis by «nonequilibrium plasma»

Показатель (Indicators)	УО белой пульпы (мм ³ /мм ³) (Specific volume of white pulp, mm ³ /mm ³)	УО красной пульпы (мм ³ /мм ³) (Specific volume of red pulp, mm ³ /mm ³)	УО соединительной ткани (мм ³ /мм ³) (the specific volume of the connective tissue, mm ³ /mm ³)	УО сосудов (мм ³ /мм ³) (the specific volume of vessels, mm ³ /mm ³)
Сроки (restriction point)				
Контроль (control)	64,1 [60,7;73,5]	73,35 [68,7;83,3]	0,0* [0,0;0,0]	4,32 [3,28;5,26]
3-и сут (3d day)	34,11 [31,48;41,4]	46,74 [44,14;54,04]	3,27 [2,51;9,34]	12,25 [9,26;14,48]
5-е сут (5th day)	41,095 [38,22;44,34]	34,12 [29,69;44,65]	9,42 [7,79;18,0]	9,81 [8,26;11,58]
7-е сут (7th day)	60,33 [56,75;65,83]	15,88 [12,24;19,14]	16,065 [13,16;18,25]	9,49 [7,13;12,14]
14-е сут (14th day)	43,23 [40,12;46,42]	19,41 [18,22;24,23]	17,39 [11,97;20,95]	18,26 [12,26;20,83]
30-е сут (30th day)	20,94 [15,64;28,32]	16,94 [12,11;21,46]	52,42 [48,44;57,83]	5,16 [3,96;5,95]
90-е сут (90th day)	30,83 [21,35;38,45]	24,45 [23,62;35,12]	36,14 [33,12;43,14]	3,7 [3,12;5,95]
180-е сут (180th day)	50,96 [47,24;56,57]	22,95 [20,5;26,5]	22,9 [19,26;28,1]	4,17 [3,16;5,13]

личия во всех группах ($p < 0,05$). При оценке данных экспериментальной группы и группы контроля на 3-е сут выявлено статистически значимое различие по следующим показателям: УО белой ($p = 0,0001$) и красной пульпы ($p = 0,003$) уменьшились на 46,9% и 12,5%, а УО сосудов, напротив увеличился в 3 раза по сравнению с данными контрольных животных (таб. 1).

К 5-м и 7-м сут. отмечается статистически значимое ($p = 0,0001$) увеличение УО соединительной ткани до 9,42 [7,79;18,0], УО белой пульпы на 5-е сут статистически ниже контроля ($p = 0,0001$), а к 7-м сут восстанавливается до контрольных величин. Показатель УО красной пульпы продолжает снижаться ($p = 0,002$) и составляет 34,12 [29,69; 44,65], а показатель УО сосудов незначительно снижается по сравнению с предыдущим сроком (таб. 1). На 14-е сут и 30 сут показатель УО красной и белой пульпы статистически значимо снижается ($p = 0,0001$) до 19,41 [18,22;24,23] по сравнению с предыдущими сроками и контрольной группой. В то же время на данных сроках показатель УО сосудов и соединительной ткани достоверно ($p = 0,0001$) увеличивается и достигает своего максимального значения 18,26 [12,26; 20,83] и 52,42 [48,44; 57,83], соответственно (таб. 1).

К 90-м сут. среди показателей УО красной и белой пульпы отмечается тенденция к восстановлению ($p = 0,0001$), однако в последний контрольный срок на 180-е сут данные показатели остаются достоверно ($p = 0,0001$) ниже контрольных и составляют 22,95 [20,5; 26,5] и 50,96 [47,24; 56,57], соответственно. Показатель УО соединительной ткани имеет схожую динамику и к 180-м сут ($p < 0,05$) снижается в сравнении с предыдущими сроками, однако остается выше показателей контроля (таб. 1).

Анализ спленограмм (таб. 2, рис. 6) выявил статистически значимое ($p = 0,023$) снижение лишь относительного количества малых лимфоцитов на 28% у животных после гемостаза неравновесной плазмой по сравнению с контрольными кроликами (23,3 [17,9; 26,7] против 30,8 [29,25; 34,3] в контроле).

Ряд исследователей проводили сравнительные экспериментальные работы по оценке повреждающего действия коагуляторов, наиболее современной работой можно считать работу учёных из университета Ганновера Thomas Carus и Klaas Rackebbrandt, связанную с оценкой монополярного, биполярного, «холодно-плазменного» и ультразвукового коагуляторов (Carus T. and Rackebbrandt K., 2011). В своей работе они пришли к выводу, что гемостаз может быть достигнут монополярной, биполярной и «холодно-плазменной» коагуляцией. Биполярный метод является наиболее эффективным с минимальным повреждающим действием [12]. В то же время Fridman G. 2006 и Kalghatgi S. 2007 в своих работах рассматривают «неравновесную плазму» как селективный метод коагуляции с отсутствием ожогов и глубоких повреждений [11, 14-16].

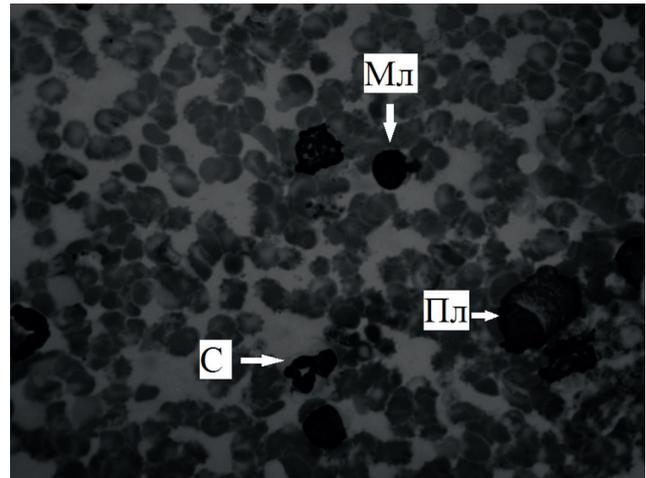


Рис. 6. Отпечаток селезенки кролика на 1-й минуте после гемостаза «неравновесной плазмой». Стрелкой указаны: Пл - плазматическая клетка; С - сегментоядерный нейтрофил; Мл - малый лимфоцит. Ув. 1000. Окр. по Нохту - Максимуму. Fig. 6. Replica of rabbit spleen on 1st min after hemostasis by «nonequilibrium plasma». The arrow indicates: Пл - plasma cell; С - segmented neutrophils; Мл - small lymphocyte. Staining by Nocht - Maximov.

Ряд исследователей проводили сравнительные экспериментальные работы по оценке повреждающего действия коагуляторов, наиболее современной работой можно считать работу учёных из университета Ганновера Thomas Carus и Klaas Rackebbrandt, связанную с оценкой монополярного, биполярного, «холодно-плазменного» и ультразвукового коагуляторов (Carus T. and Rackebbrandt K., 2011). В своей работе они пришли к выводу, что гемостаз может быть достигнут монополярной, биполярной и «холодно-плазменной» коагуляцией. Биполярный метод является наиболее эффективным с минимальным повреждающим действием [12]. В то же время Fridman G. 2006 и Kalghatgi S. 2007 в своих работах рассматривают «неравновесную плазму» как селективный метод коагуляции с отсутствием ожогов и глубоких повреждений [11, 14-16].

Воздействие «неравновесной плазмы» при оперативных вмешательствах на селезенке приводит к эффективной и полной коагуляции за счёт комплексного воздействия на систему гемостаза [15]. При этом непосредственного контакта электрода с обрабатываемой поверхностью не происходит, а также не образуется струя, что нивелирует все отрицательные эффекты, связанные с припайванием тканей к электроду коагулятора с последующим отрывом струпа и рецидивом кровотечения. Таким образом, коагуляция раневой поверхности селезенки плазменным потоком в эксперименте в течение 1,5-2 мин позволяет выполнять органосохраняющие операции с минимальным травматическим эффектом.

На 3-е сут. после воздействия «неравновесной плазмой» на паренхиму селезенки отмечаются выраженные сосудистые изменения с нарушением структуры белой и красной пульпы, которые постепенно

Спленограмма кроликов после гемостаза неравновесной плазмой
Splenogram of rabbits after hemostasis by «nonequilibrium plasma»

Клетки (Cells) Группы (Groups)	Контроль (Control)	Гемостаз неравновесной плазмой («nonequilibrium plasma»)
Незрелые нейтрофилы (primitive neutrophils)	0,4 [0,35; 1]	0,4 [0,3;0,7]
Зрелые нейтрофилы (segmented neutrophils)	9 [7,85; 11,65]	12,8 [10,7; 14,7]
Ретикулярные клетки (reticulum cells)	0,2 [0,1; 0,25]	0,1 [0; 0,2]
Лимфобласты (blast lymphocytes)	8,4 [5,35; 11,5]	11,7 [10,5; 12,4]
Средние лимфоциты (middle lymphocytes)	39,2 [36,65; 44,8]	43,3 [41,5; 45,3]
Малые лимфоциты (small lymphocytes)	30,8 [29,25; 34,3]	23,3 [17,9; 26,7]
Эозинофилы (eosinophil granulocytes)	0,6 [0,4;1,5]	0,2 [0,1; 0,3]
Макрофаги (macrophagocytes)	0,4 [0,35; 0,55]	0,4 [0,2; 0,5]
Моноциты (monocytes)	4,9 [4,8; 5,25]	6,1 [4,9; 7,3]
Эритроидные клетки (erythroid cells)	0,5 [0,4; 0,7]	1,3 [0,6; 2,1]
Плазмоциты (plasmacytes)	1,2 [1,1; 1,7]	1,5 [1,1; 1,8]

Примечание: ^ - $p < 0,05$ – статистически значимые различия между группами
 Note: ^ - $p < 0,05$ – Statistically significant differences between groups.

уменьшались на 7-е сут., что может быть связано с угнетением экссудативной фазы воспаления и восстановлением лимфоидных фолликулов. Однако на 14-е сут. исследования в паренхиме селезенки отмечалось увеличение УО соединительной ткани и сосудов, что вероятно, связано с развитием «молодой соединительной ткани» и большим количеством кровеносных сосудов. Важно отметить, что на 30-е сут. в паренхиме селезенки УО соединительной ткани увеличивался, а сосудов, напротив, уменьшался по сравнению с предыдущими сроками и с контрольными животными, что, возможно, связано с «уплотнением рубца». При исследовании паренхимы селезенки после воздействия «неравновесной плазмой» в отдаленные сроки показатели структурной организации белой и красной пульпы, а также соединительной ткани и сосудов не отличались от 30-х суток исследования.

Согласно общей неспецифической адаптационной теории, в ответ на действие различных по качеству раздражителей, к которым можно отнести и воздействие «неравновесной плазмы», развивается «реакция активации», характеризующаяся подъемом активности защитных и регуляторных подсистем организма, и

несет основную антистрессовую функцию [1]. Результатом «реакции активации», возможно, и объясняются выявленные нами изменения со стороны малых форм лимфоцитов у экспериментальных животных.

Выводы

1. Для достижения эффективного гемостаза при ранениях и травмах селезенки в эксперименте необходима обработка плазменным потоком кровоточащей поверхности в течение 1,5-2 мин.

2. После гемостаза «неравновесной плазмой» отмечается минимальное повреждение паренхимы селезенки, проявляющееся в первые минуты после воздействия «реакцией активации». В отдаленные сроки паренхима селезенки полностью регенерирует с образованием соединительнотканного рубца, который не нарушает функционирование органа.

Исследование выполнено при финансовой поддержке программы «Приоритет 2012 Фонд содействия Развитию малых форм предприятий в НТС. Проведение НИОКР по государственному контракту № 10848p/19772 от 13.08.2012 г.»

Список литературы

1. Гонохова М.Н., Бойко Т.В., Ельцова А.А. Сравнительная цитоморфологическая характеристика селезенки крыс при воздействии пестицидов. Современные проблемы науки и образования. 2013. 6: 1056.

References

1. Gonohova M.N., Bojko T.V., El'cova A.A. Comparative cytomorphological characteristics of rat spleen under the influence of pesticides. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2013. 6: 1056.

2. Денко О.И., Алейник А.Н., Семичев Е.В. Плазменная медицина. Учебное пособие. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing. 2013. 93 с.
3. Кубачев К.Г., Кукушкин А.В. Диагностика и хирургическая тактика при изолированной и сочетанной травме печени. Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2010. 92 (1): 119-122.
4. Махнев А.В., Стрелин С.А., Шнейдер В.Э., Волкова Ю.Л. Способ остановки кровотечения при травмах печени. Патент на изобретение RU 2421159 22.06.2009
5. Попов В.А. Гемостаз и герметизация швов (операции на внутренних органах). М.: ГЭОТАР-Медиа. 2008. 320 с.
6. Савельев В.С., Кириенко А.И. Клиническая хирургия : национальное руководство : в 3 т. М.: ГЭОТАР-Медиа 2009. II. 401 с.
7. Семичев Е.В., Бородин О.Ю., Бушланов П.С. Экспериментальная хирургия паренхиматозных органов (обзор литературы). Русский медицинский журнал. 2012. 20 (36): 1743-1746.
8. Щеголев А.А., Платонов Д.В., Марущак Е.А. Закрытая абдоминальная травма: тактика хирурга при повреждениях печени и селезенки. Лечебное дело. 2007. 3: 73-78.
9. Ahmed N., Vernick J.J. Management of liver trauma in adults. J Emerg Trauma Shock. 2011. 4 (1): 114-119.
10. Alkozai E.M., Lisman T., Porte R.J. Bleeding in liver surgery: prevention and treatment. Clin Liver Dis. 2009. 13 (1): 145-154.
11. Balasubramanian M., Fridman G., Brooks Ari D., Fridman A., Gutsol A.F., Vasilets V.N., Halim A., Friedman G. Comparison of Direct and Indirect Effects of Non-Thermal Atmospheric-Pressure Plasma on Bacteria, Plasma Processes and Polymers. Plasma Process Polym. 2007. 4: 370-375.
12. Carus T, Rackebrandt K. Collateral tissue damage by several types of coagulation (monopolar, bipolar, cold plasma and ultrasonic) in a minimally invasive, perfused liver model. ISRN Surg. 2011. 2011: 1
13. Choi SH, Lee JM, Lee KH, Kim SH, Lee JY, Han JK, Choi BI. Postbiopsy splenic bleeding in a dog model: comparison of cauterization, embolization, and plugging of the needle tract. AJR Am J Roentgenol. 2005. 185 (4): 878-84.
14. Fridman G., Friedman G., Gutsol A.F., Shekhter A.B., Vasilets V.N., Fridman A. Applied Plasma Medicine. Plasma Process Polym. 2008. 5: 503-533
15. Kalghatgi S.U., Fridman G., Cooper M., Nagaraj G., Peddinghaus M., Balasubramanian M., Vasilets V.N., Gutsol A.F., Fridman A., Friedman G. Mechanism of Blood Coagulation by Non-Thermal Atmospheric Pressure Dielectric Barrier Discharge. Plasma Science. IEEE 34th International Conference. 2007: 674.
16. Moldoveanu C., Geavlete B., Jecu M. Stanescu F., Adou L., Bulai C. Bipolar plasma vaporization versus monopolar TUR and "cold-knife" TUI in secondary bladder neck sclerosis – An evidence based, retrospective critical comparison in a single center clinical setting. J Med Life. 2014. 7(1): 94-99.
2. Deneko O.I., Alejnik A.N., Semichev E.V. Plasma medicine. Textbook. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing. 2013. 93 с. (in Russian)
3. Kubachev K.G., Kukushkin A.V. Diagnosis and surgical tactics in isolated and combined liver injury. Sibirskij medicinskij zhurnal (Irkutsk). 2010. 92 (1): 119-122. (in Russian)
4. Mahnev A.V., Strelin S.A., Shnejder V.Je., Volkova Ju.L. A method of hemostasis during liver injury. Patent RF № 2421159; 2009 (in Russian)
5. Popov V.A. Hemostasis and sealing of sutures (operations on the internal organs). Moscow: GEOTAR-Media, 2008: 320 p. (in Russian)
6. Savel'ev V.S., Kirienko A.I. Clinical Surgery: national guidance: in 3 volumes Moscow: GEOTAR-Media, 2009. II. 401 p. (in Russian)
7. Semichev E.V., Borodin O.Y., Bushlanov P.S. Experimental surgery of parenchymatous organs (literature review). Russkij medicinskij zhurnal. 2012. № 36. P. 1743-1747 (in Russian)
8. Shhegolev A.A., Platonov D.V., Marushhak E.A. Closed abdominal trauma: strategy of the surgeon at damages of liver and spleen. Lechebnoe delo. 2007. 3: 73-78. (in Russian)
9. Ahmed N., Vernick J.J. Management of liver trauma in adults. J Emerg Trauma Shock. 2011. 4 (1): 114-119.
10. Alkozai E.M., Lisman T., Porte R.J. Bleeding in liver surgery: prevention and treatment. Clin Liver Dis. 2009. 13 (1): 145-154.
11. Balasubramanian M., Fridman G., Brooks Ari D., Fridman A., Gutsol A.F., Vasilets V.N., Halim A., Friedman G. Comparison of Direct and Indirect Effects of Non-Thermal Atmospheric-Pressure Plasma on Bacteria, Plasma Processes and Polymers. Plasma Process Polym. 2007. 4: 370-375.
12. Carus T, Rackebrandt K. Collateral tissue damage by several types of coagulation (monopolar, bipolar, cold plasma and ultrasonic) in a minimally invasive, perfused liver model. ISRN Surg. 2011. 2011: 1
13. Choi SH, Lee JM, Lee KH, Kim SH, Lee JY, Han JK, Choi BI. Postbiopsy splenic bleeding in a dog model: comparison of cauterization, embolization, and plugging of the needle tract. AJR Am J Roentgenol. 2005. 185 (4): 878-84.
14. Fridman G., Friedman G., Gutsol A.F., Shekhter A.B., Vasilets V.N., Fridman A. Applied Plasma Medicine. Plasma Process Polym. 2008. 5: 503-533
15. Kalghatgi S.U., Fridman G., Cooper M., Nagaraj G., Peddinghaus M., Balasubramanian M., Vasilets V.N., Gutsol A.F., Fridman A., Friedman G. Mechanism of Blood Coagulation by Non-Thermal Atmospheric Pressure Dielectric Barrier Discharge. Plasma Science. IEEE 34th International Conference. 2007: 674.
16. Moldoveanu C., Geavlete B., Jecu M. Stanescu F., Adou L., Bulai C. Bipolar plasma vaporization versus monopolar TUR and "cold-knife" TUI in secondary bladder neck sclerosis – An evidence based, retrospective critical comparison in a single center clinical setting. J Med Life. 2014. 7(1): 94-99.

Поступила 07.09.2015

Received 07.09.2015

Информация об авторах

1. Семичев Евгений Васильевич – к.м.н., научный сотрудник Центральной научно-исследовательской лаборатории, докторант кафедры госпитальной хирургии Сибирского государственного медицинского университета; e-mail: EVSemichev@yandex.ru
2. Шевцова Наталья Михайловна – д.м.н., проф., Старший научный сотрудник Центральной научно-исследовательской лаборатории Сибирского государственного медицинского университета
3. Байков Александр Николаевич – д.м.н., проф., зав. Центральной научно-исследовательской лаборатории Сибирского государственного медицинского университета
4. Бушланов Павел Сергеевич – клинический ординатор кафедры хирургических болезней педиатрического факультета Сибирского государственного медицинского университета
5. Геренг Елена Андреевна – д.м.н., старший научный сотрудник ЦНИЛ, доцент кафедры морфологии и общей патологии Сибирского государственного медицинского университета
6. Алейник Александр Никонорович - к. ф.-м. н., старший научный сотрудник кафедры прикладной физики Национального исследовательского Томского политехнического университета

Information about the authors

1. Semichev Evgenij Vasil'evich – PhD., Staff of Central Scientific Research Laboratory of State Budget Educational Institution Higher Vocational Education Siberian State Medical University, Doctoral Candidate of Chair of Hospital Surgery of the same University; e-mail: EVSemichev@yandex.ru
2. Shevcova Natalya Mihaylovna – MD, Professor, senior researcher of Central Scientific Research Laboratory of State Budget Educational Institution Higher Vocational Education Siberian State Medical University
3. Baikov Aleksandr Nikolaevich – MD, Professor, Head of Central Scientific Research Laboratory of State Budget Educational Institution Higher Vocational Education Siberian State Medical University
4. Bushlanov Pavel Sergeevich – Clinical Ordinator of Chair of Surgical Diseases, Faculty of Pediatrics of State Budget Educational Institution Higher Vocational Education Siberian State Medical University
5. Gereng Elena Andreevna – senior research assistant, Cand. of Med. Sci., Asssistant Professor of Chair of the morphology and general pathology of State Budget Educational Institution Higher Vocational Education Siberian State Medical University
6. Aleynik A.N. - candidate of Physical and Mathematical Sciences, senior researcher of chair of applied physics of National Research Tomsk Polytechnic University