

DOI: 10.16931/1995-5464.2015176-83

Морфофункциональные изменения печени крыс в ранние сроки после резекции левой доли с применением холодноплазменного коагулятора (экспериментальное исследование)

Семичев Е.В.², Байков А.Н.¹, Дамбаев Г.Ц.², Бушланов П.С.³

¹ Центральная научно-исследовательская лаборатория, ² Кафедра госпитальной хирургии лечебного факультета, ³ Кафедра хирургических болезней педиатрического факультета Сибирского государственного медицинского университета, Министерства здравоохранения России; 634050, г. Томск, Московский тракт, д. 2, Российская Федерация

Цель: оценить морфофункциональные изменения печени крыс после резекции левой доли с использованием гемостаза холодной (неравновесной) плазмой.

Материал и методы. Эксперимент проводили на 30 лабораторных крысах-самцах, 6 групп исследования: 5 интактных животных, по 5 животных в группах, на 3, 5, 7, 14, 30-е сутки после резекции левой доли печени и коагуляции холодной плазмой. Контролировали биохимические показатели крови, коагулограмму, выполняли гистологическое исследование печени животных.

Результаты. В ранние сроки увеличиваются активность АсАТ, α -амилазы, ЩФ, уровень глюкозы, мочевины, что свидетельствует о повреждении печени. К 30-м суткам активность АсАТ уменьшается – свидетельство восстановления клеток паренхимы печени. Незначительное повышение активности α -амилазы и ЩФ на 30-е сутки связано с сохраняющейся общей реакцией организма на оперативное вмешательство. Удельный объем гепатоцитов с признаками дистрофии, число гепатоцитов с некротическими изменениями в 1 мм², плотность инфильтрата в 1 мм² и удельный объем соединительной ткани увеличиваются, а затем постепенно уменьшаются к 30-м суткам. Это свидетельствует о развитии деструктивного процесса и постепенном его стихании к 30-м суткам. Удельный объем двуядерных гепатоцитов в ранние сроки уменьшается, а к 30-м суткам увеличивается – свидетельство снижения и дальнейшего увеличения к 30-м суткам регенераторного процесса.

Заключение. Холодноплазменная коагуляция при резекции печени приводит к быстрой и эффективной остановке кровотечения. Воздействие холодной плазмы не приводит к каким-либо клинически значимым изменениям в работе органа.

Ключевые слова: печень, резекция, кровотечение, гемостаз, холодная плазма, неравновесная плазма, коагуляция.

Early Morphofunctional Changes in Rats' Liver after Left Lobe Resection using Cold Plasma Coagulator (Experimental Research)

Semichev E.V.², Baykov A.N.¹, Dambayev G.Ts.², Bushlanov P.S.³

¹ Central Scientific Research Laboratory, ² Chair of Hospital Surgery Faculty of Therapeutics, ³ Chair of Surgical Diseases, Faculty of Pediatrics of Siberian State Medical University, Russian Ministry of Health; 2, Moscow path, Tomsk, 634050, Russian Federation

Aim: to assess morphofunctional changes in rats' liver after left lobe resection using cold plasma hemostasis.

Material and Methods. Research was performed on 6 experimental groups with 30 laboratory rats. There were 5 intact animals in control group and 5 animals in each group on the 3rd, 5th, 7th, 14th, 30th day after liver left lobe resection and coagulation with cold plasma coagulator. The biochemical analysis, coagulogram control and morphological study of rats' liver were performed.

Results. Analysis of biochemical markers revealed that activity of AST, α -amylase, alkaline phosphatase and levels of glucose, urea are increased in early period what indicates on liver damage. AST is reduced by the 30th day. It indicates on repair of liver parenchyma. Slight increase of α -amylase and alkaline phosphatase levels by the 30th day is associated with continued overall reaction to surgery. There is increase of specific volume of hepatocytes with signs of degeneration, the number of cells with necrotic changes in 1 mm², infiltrate density in 1 mm² and specific volume of connective tissue in early period followed gradually reduce by the 30th day. These changes point out destructive process in early period and its gradual reduction by the 30th day. Specific volume of binucleated hepatocytes in early period is reduced and increased by the 30th day as a sign of reduction and further stimulation of regenerative process by the 30th day.

Conclusion. Cold plasma coagulation during liver resection provides fast and effective hemostasis. Exposure to cold plasma does not result in any clinically significant changes in the liver.

Key words: liver, resection, hemorrhage, hemostasis, cold plasma, nonequilibrium plasma, coagulation.

● Введение

Ранения печени встречаются достаточно часто как в военное, так и в мирное время. Хрупкая печеночная паренхима легко повреждается как при прямом воздействии ранящими снарядами, так и вследствие гидравлического удара при взрывах и поражении современными видами оружия [1]. По данным большинства авторов, по частоте повреждения печени занимают второе место после повреждений кишечника. При тупой травме живота повреждения печени встречались в 7,2–17,8% наблюдений [2]. При этом послеоперационная летальность при повреждениях печени высока и составляет при колото-резаных ранах 4–10%, при закрытой травме – 30,4–35,2%, при сочетанной травме – до 39,3% [1]. Первостепенной задачей, с которой сталкивается хирург при травмах печени, является как можно более скорая остановка кровотечения. В настоящее время существует множество способов остановки кровотечений из печени, наиболее распространенными являются гемостатические швы, резекция поврежденных участков печени, электрокоагуляция в ране, лазерная коагуляция, аргоновая коагуляция, криокоагуляция, ультразвуковые скальпели, а также использование клеевых композиций (Тиссукол, Берипласт-11, Тахокомб и др.) [1–4]. Для гемостаза печеночных кровотечений предлагаем использовать холодную (неравновесную) плазму. В Томском политехническом университете на кафедре прикладной физики разработан генератор холодной плазмы – аппарат “Плазменный коагулятор”. Прибор генерирует на конце коагулирующего электрода низкотемпературный ($t^{\circ} \leq 45^{\circ}$) плазменный раз-

ряд, содержащий активные частицы (O_3 , NO, NO, H_2O_2 , свободные радикалы и др.) [5–10]. Обработка плазменным пучком поверхности раны печени приводит к гемостазу. В представленной работе изучали морфофункциональные изменения печени, развивающиеся на ранних сроках после резекции печени с использованием гемостаза холодной плазмой.

● Материал и методы

Эксперимент проводили на 30 лабораторных крысах-самцах массой тела 200–220 г, полученных из вивария НИИ фармакологии СО РАМН (г. Томск). Содержание, питание, уход за животными и выведение их из эксперимента осуществляли в соответствии с требованиями Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей (Страсбург, 1986). В 1-ю группу (контрольную) вошли животные без оперативного вмешательства. Во 2-ю группу включили животных на 3-и сутки после оперативного вмешательства, в 3-ю группу – на 5-е сутки после оперативного вмешательства, в 4-ю группу – на 7-е сутки после оперативного вмешательства, в 5-ю группу – на 14-е сутки после оперативного вмешательства, в 6-ю группу – на 30-е сутки после оперативного вмешательства. В группах было по 5 животных. Оперативное вмешательство заключалось в создании раны печени путем резекции левой доли с последующей коагуляцией холодной плазмой. Анестезию осуществляли однократным внутримышечным введением препарата Zoletil-100® (Virbac, Франция) в дозе 0,03 мл с последующим (через 5–10 мин после

Семичев Евгений Васильевич – канд. мед. наук, научный сотрудник Центральной научно-исследовательской лаборатории, докторант кафедры госпитальной хирургии ГБОУ ВПО СибГМУ. **Байков Александр Николаевич** – доктор мед. наук, профессор, заведующий Центральной научно-исследовательской лабораторией ГБОУ ВПО СибГМУ. **Дамбаев Георгий Цыренович** – доктор мед. наук, профессор, член-корр. РАМН, заведующий кафедрой госпитальной хирургии ГБОУ ВПО СибГМУ. **Бушланов Павел Сергеевич** – клинический ординатор кафедры хирургических болезней педиатрического факультета ГБОУ ВПО СибГМУ.

Для корреспонденции: Бушланов Павел Сергеевич – 634029, г. Томск, ул. Белинского, д. 20а, кв. 24. Тел.: 8-923-424-25-94. E-mail: pavel.vivian@gmail.com

Semichev Evgeniy Vasil'evich – Cand. of Med. Sci., Research Officer of Central Scientific Research Laboratory, Doctoral Candidate of the Department of Hospital Surgery of Siberian State Medical University. **Baykov Aleksandr Nikolaevich** – Doct. of Med. Sci., Professor, Head of Central Scientific Research Laboratory of State-Funded Educational Institution of Higher Professional Education Siberian State Medical University. **Dambayev Georgiy Tsyrenovich** – Doct. of Med. Sci., Professor, Corresponding-Member of RAS, Head of the Chair of Hospital Surgery of State-Funded Educational Institution of Higher Professional Education Siberian State Medical University. **Bushlanov Pavel Sergeevich** – Resident of Chair of Surgical Diseases, Faculty of Pediatrics of State-Funded Educational Institution of Higher Professional Education Siberian State Medical University.

For correspondence: Bushlanov Pavel Sergeevich – Apt. 24, 20a, Belinskogo str., Tomsk, 634029, Russian Federation. Phone: 8-923-424-25-94. E-mail: pavel.vivian@gmail.com



Рис. 1. Плазменный разряд при обработке паренхиматозного органа.

достижения глубокого наркоза) однократным внутримышечным введением 0,1 мл препарата XylaVET (Pharmamagist Ltd, Венгрия) [11]. Доступ к печени осуществляли верхнесрединной лапаротомией, далее удаляли участок паренхимы левой доли печени размером $1,3 \times 0,7$ см. Гемостаз производили холодной плазмой. Придерживая печень в ране, начинали обработку плазменным коагулятором (рис. 1). Одновременно с началом обработки засекали время воздействия на стандартном секундомере. Для полноценной остановки кровотечения время обработки составило 1 мин. После остановки кровотечения осуществляли контроль гемостаза, погружали печень в брюшную полость, рану послойно зашивали нитью Vicryl 5/0 на атравматичной игле (Ethicon, Шотландия), затем накладывали асептическую повязку (рис. 2).

Определяли объем кровопотери в ходе оперативного вмешательства. Объем кровопотери определялся гравиметрическим методом. На электронных весах определялась масса сухих салфеток до операции и масса тех же салфеток, пропитанных кровью, после оперативного вмешательства. Разница в массе салфеток составляла массу потерянной в ходе операции крови. Объем кровопотери определялся делением массы крови на плотность крови. Плотность крови грызунов составляет 1,051.

Биохимический контроль выполнен путем исследования крови у экспериментальных животных на 3, 5, 7, 14, 30-е сутки (глюкоза, активность АЛТ, АсАТ, α -амилазы, ЩФ, билирубин общий и прямой, общий белок, глюкоза, мочевины, С-реактивный белок, фибриноген, АЧТВ, протромбиновое время).

С целью анализа тканевых и клеточных изменений производили взятие гистологического материала из области, подвергавшейся воздействию плазмы, в группе контроля, на 3, 5, 7, 14, 30-е сутки с фиксацией в 10% растворе нейтрального формалина, с последующей проводкой по спиртам и заливкой в парафин по стандартной мето-



Рис. 2. Макрофото. Рана печени после коагуляции холодной плазмой.

дике. Обзорную микроскопию производили на срезах, окрашенных гематоксилином и эозином, а выраженность фиброза оценивали на препаратах, окрашенных гематоксилином и эозином, а также пикрофуксином по Ван-Гизону.

Статистический анализ выполняли в программах SPSS и Statistica 6.0 с использованием критериев Крускала–Уоллиса и Манна–Уитни при пороговом уровне значимости $p < 0,05$.

● Результаты

После оперативного вмешательства на печени у всех животных выход из наркоза наступал через 2 ч, полное восстановление деятельности наблюдалось через 24 ч. В послеоперационном периоде отмечался незначительный отек в области раны у всех крыс в течение 5 дней. К пятому дню все животные самостоятельно сняли послеоперационные повязки, раны зажили. Летальных исходов в исследованных группах не было. Объем кровопотери в ходе оперативного вмешательства составил 1,15610 [1,10355; 2,15455] мл. Результаты лабораторных исследований представлены в табл. 1.

При анализе независимых данных с использованием критерия Крускала–Уоллиса было выявлено, что такие показатели, как фибриноген, АЧТВ, протромбиновое время, не имеют статистически значимых различий во всех группах. Для остальных показателей требуется провести попарный анализ групп методом Манна–Уитни. Проводится анализ исследуемых групп и группы контроля.

При сравнении группы на 3-и сутки и группы контроля выявлено статистически значимое различие активности АсАТ и α -амилазы, общего белка, глюкозы. Все показатели увеличились относительно группы контроля. При сравнении группы на 5-е сутки и группы контроля выявлено статистически значимое различие по активности α -амилазы и ЩФ, общего белка, глюкозы, мочевины. Показатели глюкозы и ЩФ уменьшились относительно группы контроля, а все остальные

Таблица 1. Биохимические показатели крови и коагулограммы после гемостаза холодной плазмой

Показатель	Время после операции, сутки					
	без операции	3-и	5-е	7-е	14-е	30-е
АлАТ, Ед/л	139 [97; 160]	166 [150; 170]	192 [175; 220]	124 [111; 142]	170 [150; 180]	78 [76; 92]
АсАТ, Ед/л	181 [152; 190]	320 [280; 370]	201 [200; 234]	155 [98; 180]	200 [190; 230]	69 [63; 79]
Билирубин общий, мкмоль/мл	8 [8; 8,3]	8,1 [8; 8,1]	9 [8,5; 9,1]	8,3 [8,3; 8,8]	7,5 [7; 7,5]	8,8 [8,5; 9]
Билирубин прямой, мкмоль/мл	0	0	0	0	0	0
α -амилаза, Ед/л	2645 [2500; 2756]	3337 [3120; 3516]	3428 [3247; 3845]	3791 [3683; 3930]	4111 [3950; 4200]	3724 [3625; 3819]
ЩФ, Ед/л	287 [209; 302]	246 [230; 266]	157 [135; 169]	175 [162; 187]	230 [230; 270]	368 [364; 370]
Общий белок, г/л	52,6 [52; 55]	65 [62,3; 67]	61,8 [60,9; 64,8]	56,2 [54,8; 56,8]	72 [70,5; 73]	59 [55; 60]
Глюкоза, ммоль/л	9,1 [8,7; 9,3]	15,1 [14,9; 15,5]	7,8 [7,8; 8,1]	8 [7,4; 8,5]	12,2 [12,1; 12,8]	10 [9,5; 10,5]
Мочевина, ммоль/л	6,3 [5,8; 7,4]	7,9 [7,4; 8,1]	7,9 [7,7; 8]	9,5 [8,6; 10,4]	8 [7,5; 9,1]	7,9 [6,5; 8]
Фибриноген, г/л	2,45 [2,25; 2,5]	1,75 [1,5; 2]	2 [1,75; 2,1]	1,8 [1,5; 2]	2 [1,75; 2]	2,1 [2; 2,2]
АЧТВ, с	20 [17; 20]	20 [19; 23]	20 [19; 21]	21 [20; 21]	21 [19; 23]	19 [19; 20]
Протромбиновое время, с	10 [10; 10]	10 [9; 10]	10 [9; 11]	9 [9; 9]	10 [10; 10]	11 [10; 11]
СРБ, мг/л	0	0	0	0	0	0

показатели увеличились относительно группы контроля. При сравнении группы на 7-е сутки и группы контроля выявлено статистически значимое различие активности α -амилазы и ЩФ, мочевины. Активность ЩФ уменьшалась относительно группы контроля, а все остальные показатели увеличились относительно группы контроля. При сравнении группы на 14-е сутки и группы контроля выявлено статистически значимое различие активности α -амилазы, общего белка, мочевины. Все показатели увеличились относительно группы контроля. При сравнении группы на 30-е сутки и группы контроля выявлено статистически значимое различие активности АлАТ, АсАТ, α -амилазы, ЩФ. Активность АлАТ и АсАТ уменьшалась относительно группы контроля, а все остальные показатели увеличились относительно группы контроля.

При анализе морфологических маркеров паренхиматозных органов были получены следующие результаты. В препарате печени в группе контроля паренхима железы состоит из печеночных долек, разделенных небольшими прослойками соединительной ткани. Каждая печеночная долька состоит из печеночных пластинок (балок), печеночных триад (междольковая артерия, междольковая вена и желчный проток), синусоидных капилляров и центральной вены. Печеночные пластинки представлены двумя слоями гепатоцитов, между которыми находится желчный капилляр. Сами гепатоциты имеют полигональную

форму с центрально расположенным ядром и неоднородной окраской цитоплазмы (рис. 3).

В препарате печени на 3-и сутки после развития патологического процесса невозможно идентифицировать структурно-функциональную единицу печени – печеночную дольку. В гистологическом препарате можно определить обширный участок некроза, который представлен аморфной ярко оксифильной массой, представленной погибшими гепатоцитами. Некротизированные гепатоциты уменьшены в объеме, цитоплазма неоднородная, глыбчатая, ядро мелкое, компактное, плотное (рис. 4).

В препарате печени на 5-е сутки после развития патологического процесса сохраняются воспалительные и дистрофические изменения паренхимы печени, что затрудняет идентификацию структурно-функциональной единицы печени – печеночной дольки. Гемодинамические нарушения проявляются в выраженном расширении синусоидных капилляров и центральных вен (рис. 5).

В гистологическом препарате на 7-е сутки исследования воспалительные изменения уменьшены, а диффузный полиморфноклеточный инфильтрат сменяется на очаговый периваскулярный круглоклеточный инфильтрат (рис. 6).

В гистологическом препарате печени к 14-м суткам исследования можно идентифицировать небольшие участки грануляционной ткани с большим количеством кровеносных сосудов и моло-

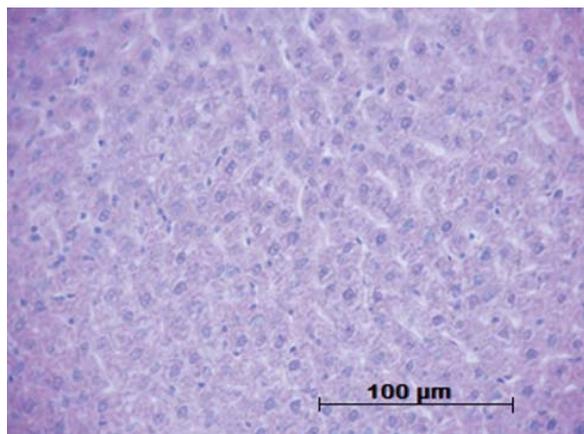


Рис. 3. Микрофото. Печень крысы группы контроля. Окраска гематоксилином и эозином.

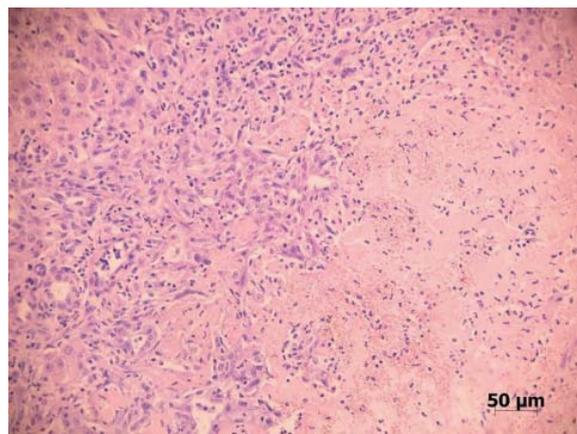


Рис. 4. Микрофото. Печень крысы на 3-и сутки эксперимента. Окраска гематоксилином и эозином.

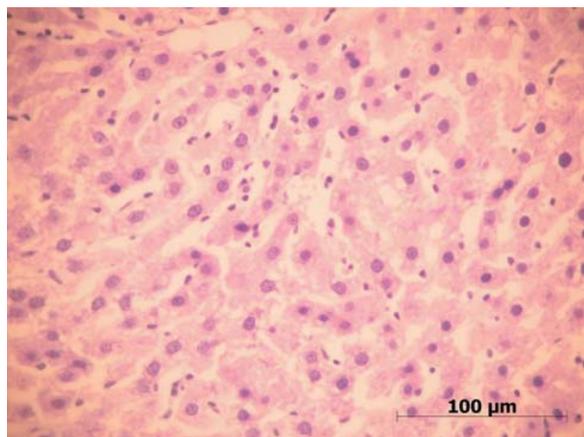


Рис. 5. Микрофото. Печень крысы на 5-е сутки эксперимента. Окраска гематоксилином и эозином.

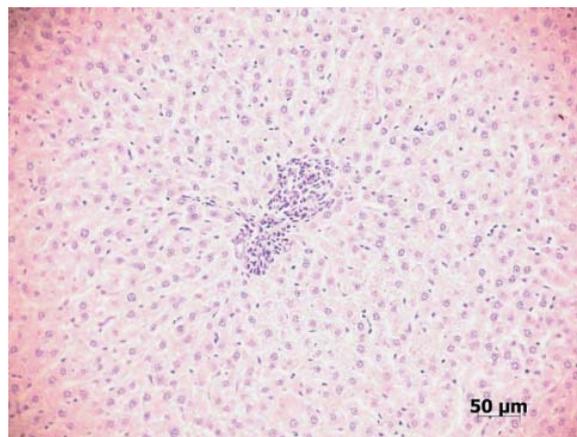


Рис. 6. Микрофото. Печень крысы на 7-е сутки эксперимента. Окраска гематоксилином и эозином.

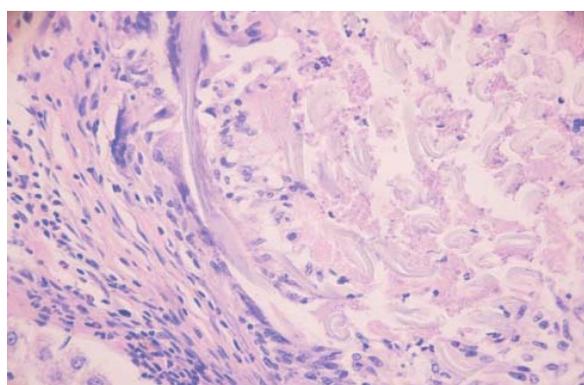


Рис. 7. Микрофото. Печень крысы на 14-е сутки эксперимента. Окраска гематоксилином и эозином.

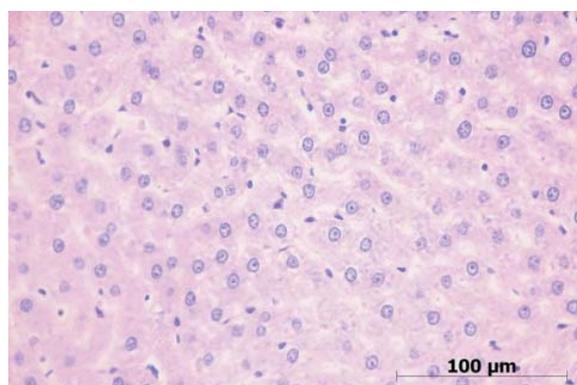


Рис. 8. Микрофото. Печень крысы на 30-е сутки эксперимента. Окраска гематоксилином и эозином.

дых клеток фибробластического ряда (рис. 7). Эти морфологические признаки достаточно хорошо идентифицируются при окраске по Ван-Гизону.

В гистологических препаратах на 30-е сутки эксперимента печеночная долька восстанавливает нормальное строение и состоит из печеночных пластинок (балок), печеночных триад (междольковая артерия, междольковая вена и желчный

проток), синусоидных капилляров и центральной вены. Некоторые синусоидные капилляры незначительно расширены (рис. 8).

При анализе независимых данных (больше двух групп исследования) с использованием критерия Крускала–Уоллиса было выявлено, что все морфометрические показатели имеют статистически значимые различия во всех группах (табл. 2).

Таблица 2. Морфологические показатели изменения печеночной ткани после воздействия холодной плазмой

Показатель	Время после операции, сутки					
	без операции	3-и	5-е	7-е	14-е	30-е
Удельный объем гепатоцитов с признаками дистрофии, мм ³ /мм ³	1,145 [0,28; 1,24]	15,775 [9,22; 19,22]	15,215 [8,88; 20,82]	13,915 [8,24; 18,46]	8,6 [6,35; 9,38]	4,16 [3,28; 4,66]
Удельный объем двуядерных гепатоцитов, мм ³ /мм ³	8,3 [7,33; 12,55]	3,245 [2,28; 4,25]	5,2 [4,12; 6,16]	8,39 [7,02; 9,44]	13,58 [11,68; 17,82]	23,995 [18,84; 28,25]
Число гепатоцитов с некротическими изменениями в 1 мм ²	1,75 [1,25; 2,28]	22,53 [12,44; 34,22]	19,17 [12,28; 24,12]	10,91 [6,24; 14,31]	5,485 [3,22; 8,24]	3,235 [1,46; 6,22]
Плотность инфильтрата в 1 мм ²	13,395 [12,5; 23,7]	508,485 [433,380; 754,330]	523,305 [402,45; 625,210]	415,175 [325,120; 531,250]	219,895 [149,870; 362,520]	88,040 [28,480; 123,700]
Удельный объем соединительной ткани, мм ³ /мм ³	0 [0; 0]	9,44 [5,43; 10,44]	7,93 [5,33; 10,22]	16,19 [13,99; 18,24]	35,93 [24,46; 44,39]	25,99 [22,32; 41,26]

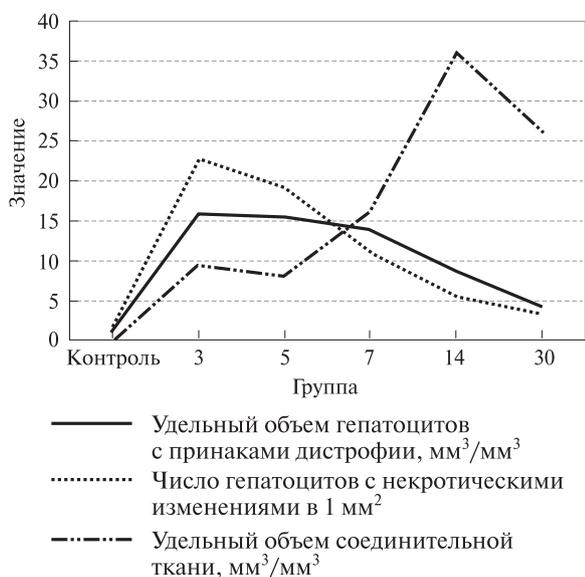


Рис. 9. Диаграмма. Изменение удельного объема гепатоцитов с признаками дистрофии, числа гепатоцитов с некротическими изменениями в 1 мм², удельного объема соединительной ткани.



Рис. 10. Диаграмма. Изменение плотности инфильтрата в 1 мм².

Требуется провести попарный анализ групп методом Манна–Уитни. Проводится анализ исследуемых групп и группы контроля. При сравнении группы на 3-и сутки, 5-е сутки и группы контроля выявлено статистически значимое различие по всем морфометрическим показателям. Такой показатель как удельный объем двуядерных гепатоцитов уменьшился по сравнению с группой контроля, а остальные показатели увеличились (рис. 9). При сравнении группы на 7-е сутки и группы контроля выявлено статистически значимое различие по всем показателям, кроме удельного объема двуядерных гепатоцитов. Все показатели увеличились в сравнении с группой контроля (рис. 10). При сравнении группы на 14-е сутки, 30-е сутки и группы контроля выявлено статистически значимое различие по всем морфометрическим показателям. Все показатели увеличились в сравнении с группой контроля (рис. 11).

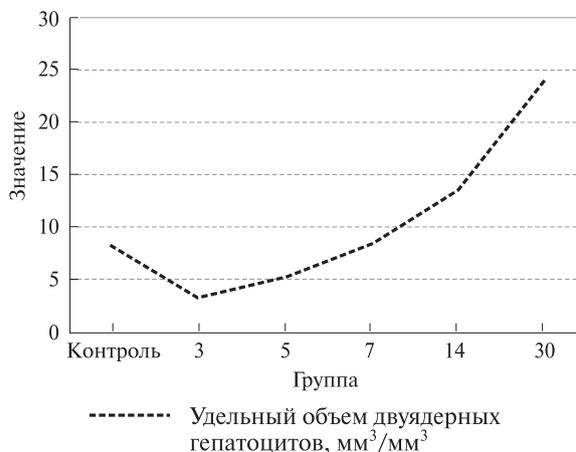


Рис. 11. Диаграмма. Изменение удельного объема двуядерных гепатоцитов.

● Обсуждение

При исследовании влияния низкотемпературной плазмы на биохимические маркеры крови выявлено, что оперативное вмешательство на печени приводит к увеличению в ранние сроки таких показателей как активность АсАТ, α -амилазы, ЩФ, глюкозы, мочевины, что позволяет утверждать о повреждении паренхиматозного органа, вызванном удалением части левой доли печени. К 30-м суткам основной маркер повреждения печени АсАТ снижается, что говорит о восстановлении клеток паренхимы печени. Однако незначительное повышение активности α -амилазы связано с сохраняющейся общей повышенной реакцией организма на реактивное состояние, вызванное оперативным вмешательством, а повышение активности ЩФ — с сохраняющимся незначительным повреждением клеток внутрипеченочных желчных протоков.

Анализ гемостатических показателей крови показал отсутствие отклонений от нормы, тем самым доказано, что неравновесная плазма вызывает только местную коагуляцию крови и не приводит к последующему развитию патологии системы гемостаза, обусловленной нарушением работы печени.

Данные анализа морфометрических маркеров печени соответствуют биохимическим показателям. В частности выявлено, что такие показатели как удельный объем гепатоцитов с признаками дистрофии, число гепатоцитов с некротическими изменениями в 1 мм², плотность инфильтрата в 1 мм² и удельный объем соединительной ткани увеличиваются после оперативного вмешательства, а затем постепенно достоверно снижаются к 30-м суткам. Это говорит о развитии воспалительного и деструктивного процесса в ранние сроки после оперативного вмешательства и постепенном снижении его активности к 30-м суткам. Такой показатель как удельный объем двуядерных гепатоцитов в ранние сроки снижается, достигая минимума к 3-м суткам, а в последующие сроки имеет тенденцию к увеличению, достигая максимума к 30-м суткам, что свидетельствует о снижении регенераторного процесса в ранние сроки после оперативного вмешательства и его повышенной активности на 30-е сутки.

● Заключение

Холодноплазменная коагуляция при резекциях печени приводит к быстрой и эффективной остановке кровотечения. За время выполнения коагуляции, приводящей к окончательному гемостазу, теряется незначительное количество крови, не вызывающее изменений витальных показателей у крыс. Воздействие холодной плазмы ограничивается поверхностными слоями обрабатываемой области, где вызывает незначи-

тельные патологические изменения, нивелирующиеся в своем большинстве к 30-м суткам, не повреждает глубжележащую ткань печени, а также не приводит к каким-либо клинически значимым изменениям в работе органа.

● Список литературы / References

1. Альперович Б.И. Хирургия печени. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 352 с.
2. Альперович Б.И., Соловьев М.М. Неотложная хирургия живота. Томск: Издательский дом "Курсив", 2002. 222 с.
3. Попов В.А. Гемостаз и герметизация швов (операции на внутренних органах). М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 320 с.
4. Савельев В.С., Кириенко А.И. Клиническая хирургия: национальное руководство: в 3 т. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. Т. II; 401 с.
5. Алейник А.Н., Денек О.И. Плазменная медицина: Учебное пособие. Томск: ТПУ, 2011. 17 с.
6. Бородин О.Ю., Семичев Е.В. Морфофункциональная характеристика печени после гемостаза неравновесной плазмой на отдаленные сроки в условиях эксперимента. Бюллетень сибирской медицины. 2012; 6: 21–31.
7. Fridman G., Peddinghaus M., Ayan H., Fridman A., Balasubramanian M., Gutsol A., Brooks A., Friedman G. Blood coagulation and living tissue sterilization by floating-electrode dielectric barrier discharge in air. Plasma Chem. Plasma Process. 2006; 26: 425–442.
8. 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 on-thermal atmospheric pressure dielectric barrier discharge. Plasma Science. 2007. ICOPS 2007. IEEE 34th International Conference. 2007, 674 p.
9. Kalghatgi S., Kelly C.M., Cerchar E., Torabi B., Alekseev O., Fridman A., Friedman G., Azizkhan-Clifford J. Effects of non-thermal plasma on mammalian cells. PLoS ONE. 2011; 6 (1): e16217. DOI: 10.1371/journal.pone.0016270. PMID: 21283714
10. Fridman G., Peddinghaus M., Fridman A., Balasubramanian M., Gutsol A., Friedman G. Use of non-thermal atmospheric pressure plasma discharge for coagulation and sterilization of surface wounds. 17th International Symposium on plasma chemistry. Toronto. 2005. P. 1–2.
11. Бородин О.Ю., Семичев Е.В., Бушланов П.С. Экспериментальная хирургия паренхиматозных органов (обзор литературы). Русский медицинский журнал (РМЖ). Хирургия. Урология. 2012; 36: 1743.
12. Бородин О.Ю., Семичев Е.В. Анализ контрастирующего эффекта при динамической магнитно-резонансной томографии с Примовистом у крыс, оперированных на печени с применением классического шва. Медицинская визуализация. 2012; 4: 118–125.
13. Асоян Г.А., Белоусов О.С. Местный гемостаз в хирургической практике. Вестник хирургии им. И.И. Грекова. 1984; 132 (4): 14–19.
14. Литвин А.А. Местный гемостаз в хирургии повреждений печени и селезенки. Хирургия. 2000; 4: 74–76.

● References

1. Al'perovich B.I. *Khirurgiya pecheni* [Liver surgery]. Moscow: GEOTAR-Media, 2010. 352 p. (In Russian)

2. Al'perovich B.I., Solov'ev M.M. *Neotlozhnaja hirurgija zhivota* [Emergency abdominal surgery]. Tomsk: Publishing house "Kursiv", 2002. 222 p. (In Russian)
3. Popov V.A. *Gemostaz i germetizacija shvov* [Hemostasis and sutures sealing (operations on the internal organs)]. Moscow: GEOTAR-Media, 2008. 320 p. (In Russian)
4. Savel'ev V.S., Kirienko A.I. *Klinicheskaja hirurgija: nacional'noe rukovodstvo: v 3 t.* [Clinical Surgery: National guideline: 3 v.] Moscow: GEOTAR-Media, 2009. V. II; 401 p. (In Russian)
5. Aleynik A.N., Deneko O.I. *Plazmennaja medicina: Uchebnoe posobie* [Plasma medicine: Textbook]. Tomsk: TPU, 2011. 17 p. (In Russian)
6. Borodin O.Yu., Semichev E.V. Morphofunctional property of liver in remote period after cold plasma hemostasis in experimental conditions. *Bulleten' sibirskoj mediciny.* 2012; 6: 21–31. (In Russian)
7. Fridman G., Peddinghaus M., Ayan H., Fridman A., Balasubramanian M., Gutsol A., Brooks A., Friedman G. Blood coagulation and living tissue sterilization by floating-electrode dielectric barrier discharge in air. *Plasma Chem. Plasma Process.* 2006; 26: 425–442.
8. 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 on-thermal atmospheric pressure dielectric barrier discharge. *Plasma Science.* 2007. ICOPS 2007. IEEE 34th International Conference. 2007, 674 p.
9. Kalghatgi S., Kelly C.M., Cerchar E., Torabi B., Alekseev O., Fridman A., Friedman G., Azizkhan-Clifford J. Effects of non-thermal plasma on mammalian cells. *PLoS ONE.* 2011; 6 (1): e16217. DOI: 10.1371/journal.pone.0016270. PMID: 21283714
10. Fridman G., Peddinghaus M., Fridman A., Balasubramanian M., Gutsol A., Friedman G. Use of non-thermal atmospheric pressure plasma discharge for coagulation and sterilization of surface wounds. 17th International Symposium on plasma chemistry. Toronto, 2005. P. 1–2.
11. Borodin O.Yu., Semichev E.V., Bushlanov P.S. Experimental surgery of parenchymatous organs (literature review). *Russkij medicinskij zhurnal (RMZh). Khirurgija. Urologija.* 2012; 36: 1743. (In Russian)
12. Borodin O.Yu., Semichev E.V. Evaluation of contrast enhanced 4d MRI with Gd-EOB-DTPA in rats after liver surgery using classic hepatic hemostasis by Opiel's suture. *Medicinskaja vizualizacija.* 2012; 4: 118–125. (In Russian)
13. Asoyan G.A., Belousov O.S. Local hemostasis in surgical practice. *Vestnik khirurgii im. I.I. Grekova.* 1984; 132 (4): 14–19. (In Russian)
14. Litvin A.A. Local hemostasis in surgery of liver and spleen injuries. *Khirurgija.* 2000; 4: 74–76. (In Russian) PMID: 10800321

Статья поступила в редакцию журнала 01.09.2014.
Received 1 September 2014.