

Стимуляция регенерации печени с использованием имплантата из никелида титана (экспериментальное исследование)

Весир И.Р.¹, Дамбаев Г.Ц.¹, Гюнтер В.Э.², Геренг Е.А.¹, Вусик А.Н.¹, Куртсеитов Н.Э.¹, Соловьев М.М.¹, Фатюшина О.А.¹, Авдошина Е.А.¹, Моминов И.М.¹

¹ ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (634050, г. Томск, ул. Московский тракт, 2, Россия); ² НИИ Медицинских материалов и имплантатов с памятью формы Сибирского физико-технического института при Томском государственном университете (634050, г. Томск, ул. Ленина, 36, Россия)

Автор, ответственный за переписку: Весир Илья Рахимович, e-mail: vesir_ilya@inbox.ru

Резюме

В настоящее время в мире продолжается рост заболеваемости и смертности от хронических диффузных заболеваний печени и цирроза. Трудность стабилизации процесса фармакологическими средствами, множество ограничений для трансплантации печени, паллиативность методов хирургической коррекции осложнений обуславливают актуальность поиска различных способов стимуляции регенерации печени, в том числе и хирургических. Большинство известных методов хирургической стимуляции регенерации являются достаточно травматичными, а их стимулирующий эффект кратковременен. Способы, связанные с клеточными технологиями, в большинстве своём дорогостоящи, малоэффективны, либо малоизучены. В экспериментальном исследовании изучено влияние на паренхиму здоровой и цирротически изменённой печени клипс для пережатия паренхиматозных органов, оказывающих различное удельное давление на ткань. Объектом исследования явились лабораторные крысы со здоровой печенью и животные с моделированным циррозом. Животные были оперированы с наложением на печень клипс из никелида титана. Изменения в печени изучались через 3, 7, 14, 28 дней после операции путём гистологического исследования различных участков печени. Установлено, что клипса с меньшим удельным давлением не вызывала некроза ткани, приводила к атрофии маргинального участка печени, а в основной массе печени отмечалось появление увеличенных гепатоцитов и двуядерных гепатоцитов. В группах с циррозом печени также отмечалось уменьшение доли соединительной ткани. Таким образом, считаем возможным применение клипс с определённым удельным давлением на ткань в качестве способа стимуляции репаративных свойств печени при хронических диффузных заболеваниях и циррозе печени.

Ключевые слова: печень, регенерация, стимуляция регенерации, никелид титана

Для цитирования: Весир И.Р., Дамбаев Г.Ц., Гюнтер В.Э., Геренг Е.А., Вусик А.Н., Куртсеитов Н.Э., Соловьев М.М., Фатюшина О.А., Авдошина Е.А., Моминов И.М. Стимуляция регенерации печени с использованием имплантата из никелида титана (экспериментальное исследование). *Acta biomedica scientifica*. 2020; 5(1): 78-83. doi: 10.29413/ABS.2020-5.1.11

Stimulation of Liver Regeneration Using a Titanium Nickelide Implant (Experimental Study)

Vesir I.R.¹, Dambaev G.Ts.¹, Gunter V.E.², Gereng E.A.¹, Vusik A.N.¹, Kurtseitov N.E.¹, Solovev M.M.¹, Fatushina O.A.¹, Avdoshina E.A.¹, Mominov I.M.¹

¹ Siberian State Medical University (Moskovsky trakt 2, 634050 Tomsk, Russian Federation); ² Research Institute of Medical Materials and Implants with Shape Memory Siberian Institute of Physics and Technology at Tomsk State University (Lenina str. 36, 634050 Tomsk, Russian Federation)

Corresponding author: Iliya R. Vesir, e-mail: vesir_ilya@inbox.ru

Abstract

Currently, morbidity and mortality from chronic diffuse diseases of the liver and cirrhosis continue to increase worldwide. The difficulty of stabilizing the process with pharmacological agents, lots of restrictions for liver transplantation, the palliative character of the surgical correction of complications determine the urgency of finding various ways to stimulate liver regeneration, including surgical ones. Most of the known methods of surgical stimulation of regeneration are quite traumatic, and their stimulating effect is short-lived. The methods associated with cellular technologies are mostly expensive, ineffective, or poorly understood. In the experimental study, the effect on the parenchyma of a healthy and cirrhotic liver clips for clamping parenchymal organs exerting different unit pressure on the tissue was studied. The object of the study was laboratory rats with a healthy liver and animals with simulated cirrhosis. The animals were operated on with the imposition of titanium nickelide clips on the liver. Changes in the liver were studied 3, 7, 14, and 28 days after the surgery by histological examination of various parts of the liver. It was established that the clip with a lower specific pressure did not cause tissue necrosis, led to atrophy of the marginal part of the liver, also increased hepatocytes and binuclear hepatocytes were observed in the bulk of the liver. A decrease in the proportion of connective tissue was also observed in groups with liver cirrhosis. Thus, we consider it possible to use clips with a certain specific pressure on the tissue as a method of stimulating the reparative properties of the liver in chronic diffuse diseases and cirrhosis of the liver.

Key words: liver, regeneration, stimulation of regeneration, nickel titanium

For citation: Vesir I.R., Dambaev G.Ts., Gunter V.E., Gereng E.A., Vusik A.N., Kurtseitov N.E., Solovev M.M., Fatushina O.A., Avdoshina E.A., Mominov I.M. Stimulation of Liver Regeneration Using a Titanium Nickelide Implant (Experimental Study). *Acta biomedica scientifica*. 2020; 5(1): 78-83. doi: 10.29413/ABS.2020-5.1.11

ВВЕДЕНИЕ

Согласно определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), цирроз печени (ЦП) – это диффузный процесс, характеризующийся фиброзом и трансформацией нормальной структуры печени с образованием узлов [1]. ЦП является терминальной стадией таких хронических заболеваний как вирусный гепатит В или С, алкогольная болезнь печени, неалкогольная жировая болезнь печени и др. [2]. По данным ВОЗ, в последние два десятилетия в мире наблюдается тенденция к росту числа хронических заболеваний печени различной этиологии, а также увеличение смертности от цирроза печени [3].

Несмотря на широкий спектр фармакологических средств, во многих случаях у пациентов бывает трудно достичь стабилизации процесса. А высокая летальность при циррозах обусловлена развитием осложнений. С целью продления жизни пациентов применяются различные паллиативные хирургические вмешательства. Радикальным же методом лечения является трансплантация печени, которая имеет множество ограничений в виде нехватки доноров, операционного риска, высокой стоимости, иммунного ответа на трансплантат и др. Одновременно с оптимизацией методов хирургической коррекции осложнений цирроза печени продолжается поиск различных современных способов стимуляции регенерации печени [4, 5].

Существуют такие способы хирургической стимуляции регенерации, как лазерная, посегментарная резекция печени, интраоперационная лазерная и электрокоагуляция поверхности печени, криодеструкция печени, а также введение в печень стволовых клеток и различных препаратов [6, 7]. Большинство данных способов являются достаточно травматичными для цирротически изменённой печени, а их стимулирующий эффект кратковременен. Либо они дорогостоящи, но при этом малоэффективны или недостаточно изучены [8]. Поэтому поиск наиболее эффективных и малотравматичных методов стимуляции регенерации печёночной ткани остаётся актуальным [9].

Репаративная регенерация направлена на восстановление стромально-паренхиматозных взаимоотношений за счёт увеличения объёма функционирующей паренхимы и регресса патологического процесса. Стимуляция регенерации может применяться в составе так называемой «Bridge therapy» (переходной терапии), которая позволяет пациентам дожидаться трансплантации печени от момента постановки в лист ожидания трансплантации печени [5]. Оптимальным является применение стимуляции регенерации до формирования декомпенсированного цирроза печени или на стадии хронического гепатита [10].

Благодаря труду российских учёных в области разработки биосовместимых сверхэластичных материалов с памятью формы возникло принципиально новое поколение медицинской техники и технологий. Материалы и имплантаты с памятью формы, созданные на основе никелида титана, способны функционировать в организме длительное время, эластично реагировать на изменение формы тканей органов, не разрушаться после многократного воздействия. Данные материалы и импланты широко применяются в стоматологии, травматологии, хирургии, оторинола-

рингологии, урологии, офтальмологии, онкологии и других областях [11].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить влияние клипсы с термомеханической памятью формы из никелида титана для пережатия паренхиматозных органов на здоровую и цирротически изменённую печень в эксперименте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Мы изучили влияние клипсы для пережатия паренхиматозных органов на паренхиму здоровой и цирротически изменённой печени [12]. Клипса содержит две дугообразные параллельные бранши, которые сомкнуты по всей длине (расстояние между браншами в средней части – 4 мм), соединены по обоим концам и выполнены из сплава на основе никелида титана с эффектами памяти формы и сверхэластичности. Бранши имеют форму идентичных гнутых в виде меандра периодических структур, которые ориентированы плоскостями волн симметрично плоскости дуги клипсы (рис. 1).

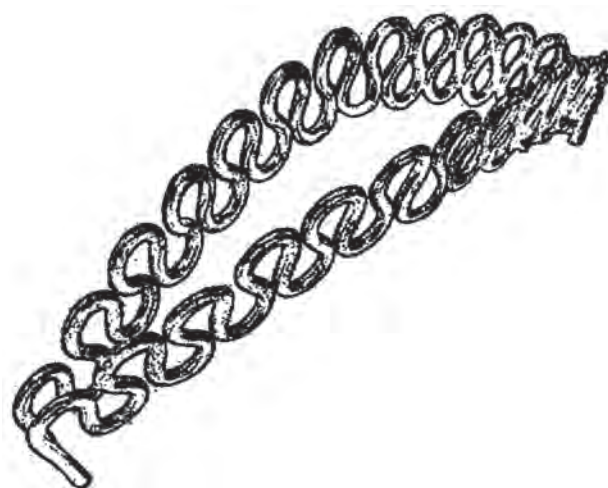


Рис. 1. Клипса для пережатия паренхиматозных органов [12].

Fig. 1. A clip for parenchymal clamping [12].

Особенности строения данного устройства позволяют производить дозированное давление на паренхиму печени во избежание полного пережатия и прорезывания ткани. Максимальное давление (P), измеренное на потенциометре, составило $0,08 \times 10^{-6}$ н/м². Габариты отдельной клипсы: длина – 40 мм, амплитуда волн браншей – 5 мм, количество волн – 14, диаметр никелид-титановой проволоки марки ТН-10 – 0,8 мм. Условное название клипсы – «Зигзаг».

Для сравнения были изготовлены клипса с меньшим количеством периодических структур волнообразной формы (условное название – «Волна») и клипса без периодических структур меньшего размера – длиной 2 см (условное название – «Дуга»). Для всех устройств были измерены и рассчитаны сила, площадь давления бранш, удельное давление. Клипса без меандроподобных структур и клипса с меньшим количеством волн имели меньшую эластичность и соответственно большее удельное давление на бранши. Максимальное давление для этих устройств составило $1,14 \times 10^{-6}$ н/м² и $0,15 \times 10^{-6}$ н/м² соответственно.

Объектом послужили лабораторные животные – 32 крысы, самки линии Вистар, одинакового половозрелого возраста, весом 200–250 г. Эксперименты с участием животных выполнены в соответствии с положениями Федерального Закона «О защите животных от жестокого обращения», введённым в действие 01.01.1997 г. и Европейской Конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в других научных целях (Страсбург, 18 марта 1986 г.).

Крысы были сгруппированы таким образом: 12 здоровых крыс (по 4 крысы на каждую разновидность клипс – всего 3 группы), которым были установлены клипсы; контрольная группа – 4 здоровые ложнооперированные крысы; 12 крыс с моделированным циррозом печени с установлением клипс (3 группы по 4 животных); контрольная группа – 4 ложнооперированные крысы с циррозом.

Моделирование цирроза печени проводили путём интрагастрального введения 40%-ного масляного раствора тетрахлорметана в дозе 0,2 мл на 100 г массы тела, два раза в неделю, в течение 12 недель. Для потенцирования эффекта, во время затравки, вместо питья крысы получали 5%-ный раствор этанола.

Анестезия – общее обезболивание, масочный ингаляционный наркоз препаратом Изофлуран.

При наложении устройств использован термомеханический эффект памяти формы. Для этого при температуре около 0 °С бранши клипсы из сомкнутого состояния раскрывались на угол 30–40° (рис. 2) и удерживались после наложения на краевом участке печени до их возвратной деформации и защемляющей фиксации в течение 1–2 мин (рис. 3).



Рис. 2. Клипса в охлаждённом состоянии с разведёнными браншами.

Fig. 2. A clip in a cooled state with branches brought apart.



Рис. 3. Клипса на печени после формовосстановления при температуре тела животного.

Fig. 3. A clip on a liver after form restoration at animal body temperature.

Через 3, 7, 14, 28 дней после операции крысы выводились из эксперимента с проведением биометрии и забором тканей печени для гистологического исследования. Были взяты ткани с «зажатого» участка, из «незажатого» участка доли печени, подверженной наложению клипсы, и ткань одной из отдалённых долей. У ложнооперированных животных брали один образец ткани. Гистологические препараты окрашивались гематоксилин-эозином и по Ван Гизону.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

При проведении биометрии получены следующие результаты (рис. 4).

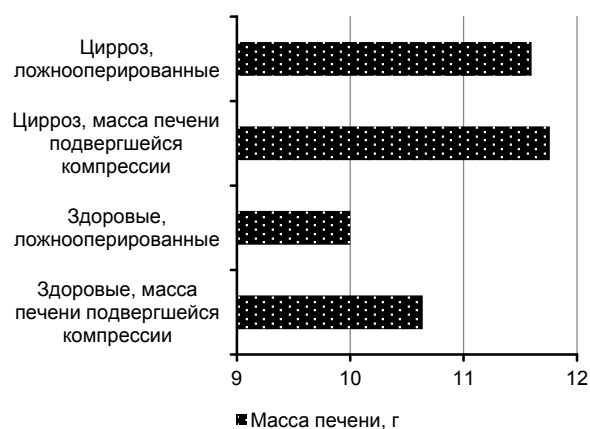


Рис. 4. Данные биометрии.

Fig. 4. Biometric data.

Таблица 1

Результаты гистологического исследования

The results of a histological examination

Table 1

Название импланта	Гистологические изменения	А (интактная доля)		В (компрессируемая доля)		С (участок по линии компрессии)	
		здоровая печень	цирроз	здоровая печень	цирроз	здоровая печень	цирроз
«Дуга»	Прорезывание ткани, секвестры	-	-	-	-	++	+++
	Некроз (гистология)	-	-	-	-	++	++
	Регенерация (гистология)	-	-	-	-	-	-
«Волна»	Прорезывание ткани, секвестры	-	-	-	-	-	+
	Некроз (гистология)	-	-	-	-	+	+
	Регенерация (гистология)	-	-	+	++	+	+
«Зигзаг»	Прорезывание ткани, секвестры	-	-	-	-	-	-
	Некроз (гистология)	-	-	-	-	-	-
	Регенерация (гистология)	+	+	++	+++	++	+
Контроль	Прорезывание ткани, секвестры	-	-	-	-	-	-
	Некроз (гистология)	-	-	-	-	-	-
	Регенерация (гистология)	-	-	-	-	-	-

В группе здоровых крыс масса печени, подвергшаяся компрессии, была в среднем на 0,64 % больше, чем в контрольной группе, включавшей здоровых ложнопериоперированных животных. В группе крыс с циррозом печени масса печени, подвергшейся компрессии, была на 0,16 % больше, чем контрольной группе, включавшей ложнопериоперированных крыс с циррозом.

Однако у ложнопериоперированной крысы в группе крыс с циррозом масса печени была в среднем на 1,04 % больше, чем у ложнопериоперированной в здоровой группе.

Это объясняется процессами физиологической регенерации печени в ответ на токсическое воздействие тетрахлорметана.

При анализе гистологических препаратов было выявлено, что в группе здоровых крыс при использовании клипс с большим удельным давлением на бранши имелись признаки некроза гепатоцитов в области компрессии, фиброз. Признаков регенерации не наблюдалось. При использовании клипсы с большей эластичностью были обнаружены увеличенные в размерах гепатоциты, гепатоциты с увеличенным ядром, а также двуядерные гепатоциты. Данные клетки локализовались преимущественно в доле печени, подвергшейся компрессии. Очагов некроза не обнаружено.

В группе крыс с циррозом признаки регенерации определяются почти во всех препаратах. Однако более выражены они в долях печени, подвергшихся компрессионному воздействию клипсами с меандроподобными структурами. При этом при использовании клипсы с меньшим количеством волн имеются очаги некроза по линии компрессии, что является следствием большего удельного давления на ткань (табл. 1).

В процессе эксперимента установлено биоинертное состояние имплантатов из никелида титана и предполагаемое деформационное срабатывание. Благодаря сверхэластичному свойству деформации никелида титана, а также особенностям конструкции клипсы для пережатия

паренхиматозных органов [12] (с условным названием «Зигзаг»), компрессия при защемлении маргинального участка органа осуществляется мягко, без ранения и приводит к плавному снижению трофики и атрофии ткани этого участка (рис. 5).

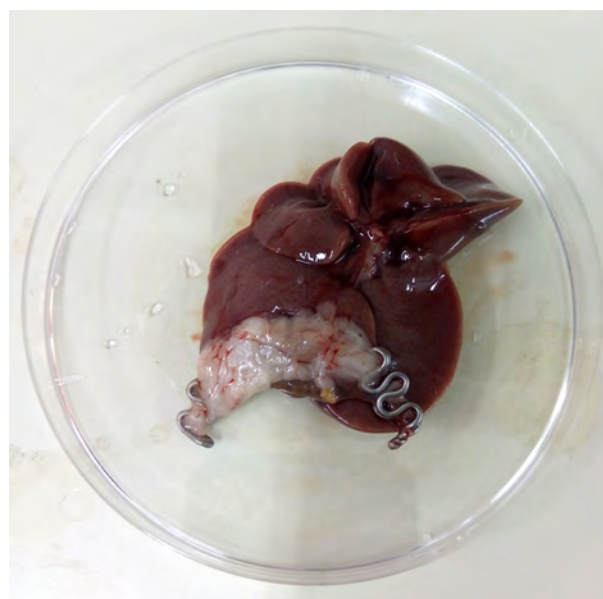


Рис. 5. Печень при выводе животного из эксперимента на 28-й день после операции. Зажатая клипсой часть печени атрофирована.

Fig. 5. Rat liver after withdrawal from the experiment on the 28th day after the operation. The part of the liver clamped by the clip is atrophied.

Волнообразно развитая структура браншей клипсы обеспечивает пониженное удельное давление на защемляемую ткань и, тем самым, её травмобезопасность. Чем больше участок, подвергшийся атрофии, тем более выражена регенерация в оставшемся объёме.

Критериями регенерации явились такие признаки, как гипертрофия гепатоцитов, полиплоидизация гепатоцитов, удвоение и увеличение ядер гепатоцитов, уменьшение доли соединительной ткани в срезах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, считаем возможным применение компрессирующих устройств из никелида титана с целью стимуляции репаративной регенерации печени при хронических диффузных заболеваниях печени и циррозе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Потешкина Н.Г., Аджигайтанова С.К. *Современные принципы диагностики и лечения осложненной цирроза печени*. М.: ГБОУ ВПО РНИМУ им. Н.И. Пирогова; 2013.
2. Александров В.Н., Камилова Т.А., Калюжная Л.И., Кривенцов А.В., Фирсанов Д.В., Чирский В.С. и др. Клеточная терапия цирроза печени. *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2014; 1(45): 197-202.
3. Бакулин И.Г., Сандлер Ю.Г. Цирроз печени: что нового в лечении. *Гастроэнтерология*. 2014; (43): 42-50.
4. Бурганова Г.Р., Абдулхаков С.Р., Гумерова А.А., Газизов И.М., Йылмаз Т.С., Титова М.А., и др. CD34, альфа-SMA и BCL-2 как маркеры эффективности трансплантации аутологичных гемопоэтических стволовых клеток больным алкогольным циррозом печени. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2012; (9): 16-22.
5. Пикиреня И.И., Земляник А.Н., Хомченко В.В. Возможность регенерации печени у экспериментальных животных с индуцированным циррозом при воздействии пространственно модулированного излучения эрбиевого лазера. *Новости хирургии*. 2015; 23(2): 131-137. doi: 10.18484/2305-0047.2015.2.131
6. Fujii H, Hirose T, Oe S, Yasuchika K, Azuma H, Fujikawa T, et al. Contribution of bone marrow cells to liver regeneration after partial hepatectomy in mice. *J Hepatol*. 2002; 36(5): 653-659. doi: 10.1016/s0168-8278(02)00043-0
7. Guettier C. Which stem cells for adult liver? *Ann Pathol*. 2005; 25(1): 33-44. doi: 10.1016/s0242-6498(05)80097-5
8. Карпова Р.В., Черноусов А.Ф., Хоробрых Т.В., Яковенко А.В. Действие криопресипитата на функцию печеночных клеток и признаки портальной гипертензии у больных циррозом печени. *Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова*. 2012; 7(4): 75-79.
9. Черноусов А.Ф., Хоробрых Т.В., Карпова Р.В. Регенерация печёночной ткани под воздействием криопресипитата и аллоплантата. *Хирургия*. 2015; 7: 27-33. doi: 10.17116/hirurgia2015727-33
10. Tang XP, Yang X, Tan H, Ding YL, Zhang M, Wang WL. Clinical and experimental study on therapeutic effect of umbilical cord blood transplantation on severe viral hepatitis. *World J Gastroenterol*. 2003; 9(9): 1999-2003. doi: 10.3748/wjg.v9.i9.1999
11. Гюнтер В.Э. Направления создания уникальных технологий в медицине на основе нового поколения биосовместимых материалов и имплантатов с памятью формы. *Имплантаты с памятью формы*. 2017; (1-2): 5-10.

12. Дамбаев Г.Ц., Гюнтер В.Э., Соловьев М.М., Проскурин А.В., Ханхараев Н.Х., Алтухов В.Г., Хитрихеев В.Е., Перинов А.П. Клипса для пережатия паренхиматозных органов: Пат. № 2286103 Рос. Федерация; МПК А61В 17/122 (2006.01); заявители и патентообладатели: Дамбаев Г.Ц., Гюнтер В.Э., Соловьев М.М., Проскурин А.В., Ханхараев Н.Х., Алтухов В.Г., Хитрихеев В.Е., Перинов А.П. № 2005115657/14; заявл. 23.05.2005; опубл. 27.10.2006. – Бюл. № 30.

REFERENCES

1. Poteshkina NG, Adzhigaytkanova SK. *Modern principles of diagnosis and treatment of complications of liver cirrhosis*. Moscow: GBOU VPO RNIMU im. N.I. Pirogova; 2013. (in Russ.)
2. Alexandrov VN, Kamilova TA, Kalyuzhnaya LI, Kriventsov AV, Firsanov DV, Chirsky VS, et al. Cell therapy in liver cirrhosis. *Vestnik Rossiyskoy voyenno-meditsinskoy akademii*. 2014; 1(45): 197-202. (In Russ.)
3. Bakulin IG, Sandler YuG. Liver cirrhosis: what's new in treatment. *Gastroenterologiya*. 2014; 43: 42-50. (In Russ.)
4. Burganova GR, Abdulkhakov SR, Gumerova AA, Gazizov IM, Yilmaz TS, Titova MA, et al. CD34, alpha-SMA and BCL-2 as markers of the effectiveness of autologous hematopoietic stem cell transplantation in patients with alcoholic cirrhosis of the liver. *Eksperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya*. 2012; (9): 16-22. (In Russ.)
5. Pikirenya II, Zemlyanik AN, Khomchenko VV. The possibility of liver regeneration in experimental animals with induced cirrhosis when exposed to spatially modulated radiation from an erbium laser. *Novosti khirurgii*. 2015; 23(2): 131-137. doi: 10.18484/2305-0047.2015.2.131 (In Russ.)
6. Fujii H, Hirose T, Oe S, Yasuchika K, Azuma H, Fujikawa T, et al. Contribution of bone marrow cells to liver regeneration after partial hepatectomy in mice. *J Hepatol*. 2002; 36(5): 653-659. doi: 10.1016/s0168-8278(02)00043-0
7. Guettier C. Which stem cells for adult liver? *Ann Pathol*. 2005; 25(1): 33-44. doi: 10.1016/s0242-6498(05)80097-5
8. Karpova RV, Chernousov AF, Khorobrykh TV, Yakovenko AV. The effect of cryoprecipitate on the function of liver cells and signs of portal hypertension in patients with cirrhosis. *Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo Tsentra im. N.I. Pirogova*. 2012; 7(4): 75-79. (In Russ.)
9. Chernousov AF, Khorobrykh TV, Karpova RV. Regeneration of the liver tissue under the influence of cryoprecipitate and alloplant. *Khirurgiya*. 2015; 7: 27-33. doi: 10.17116/hirurgia2015727-33 (In Russ.)
10. Tang XP, Yang X, Tan H, Ding YL, Zhang M, Wang WL. Clinical and experimental study on therapeutic effect of umbilical cord blood transplantation on severe viral hepatitis. *World J Gastroenterol*. 2003; 9(9): 1999-2003. doi: 10.3748/wjg.v9.i9.1999
11. Gunther VE. Tendencies in creating unique technologies in medicine based on a new generation of biocompatible materials and shape memory implants. *Implantaty s pamyatyu formy*. 2017; (1-2): 5-10. (In Russ.)
12. Dambaev GTs, Gyunter VE, Solov'ev MM, Proskurin AV, Khankharaev NKH, Altukhov VG, Khitrikheev VE, Perinov AP. A clip for parenchymal clamping: Patent N 2286103 of the Russian Federation; 2006. (In Russ.)

Сведения об авторах

Весир Илья Рахимович – аспирант, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, e-mail: vesir_ilya@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9747-6675>

Дамбаев Георгий Цыренович – доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, e-mail: kaf.gosp.hirurg@ssmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7741-4987>

Гюнтер Виктор Эдуардович – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, директор, НИИ Медицинских материалов и имплантатов с памятью формы Сибирского физико-технического института при Томском государственном университете, e-mail: 89138641814@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6803-5934>

Геренг Елена Андреевна – доктор медицинских наук, профессор кафедры морфологии и общей патологии, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, e-mail: e-gereng@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7226-0328>

Вусик Александр Николаевич – доктор медицинских наук, профессор кафедры госпитальной хирургии с курсом сердечно-сосудистой хирургии, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, e-mail: vusikan@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6573-4940>

Куртсеитов Нариман Энверович – доктор медицинских наук, профессор кафедры госпитальной хирургии с курсом сердечно-сосудистой хирургии, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, e-mail: nariman.tomsk@gmail.com

Соловьев Михаил Михайлович – доктор медицинских наук, профессор кафедры госпитальной хирургии с курсом сердечно-сосудистой хирургии, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, e-mail: sol.tomsk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2177-0541>

Фатюшина Осана Александровна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры госпитальной хирургии с курсом сердечно-сосудистой хирургии, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, e-mail: oksanafat.tomsk@gmail.com

Авдошина Елена Александровна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры госпитальной хирургии с курсом сердечно-сосудистой хирургии, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, e-mail: mythelen0@gmail.com

Моминов Исламжон Махаммадмарипович – аспирант, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, e-mail: islam_osh@mail.ru

Information about the authors

Ilya R. Vesir – Postgraduate, Siberian State Medical University, e-mail: vesir_ilya@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9747-6675>

Georgiy Ts. Dambaev – Dr. Sc. (Med.), Professor, Corresponding member of the RAS, Siberian State Medical University, e-mail: kaf.gosp.hirurg@ssmu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7741-4987>

Viktor E. Gunter – Dr. Sc. (Tech.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Director of the Research Institute of Medical Materials and Implants with Shape Memory Siberian Institute of Physics and Technology at Tomsk State University, e-mail: 89138641814@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6803-5934>

Elena A. Gereng – Dr. Sc. (Med.), Professor at the Department of Morphology and General Pathology, Siberian State Medical University, e-mail: e-gereng@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7226-0328>

Aleksandr N. Vusik – Dr. Sc. (Med.), Professor at the Department of Clinical Surgery with the Course of Cardiovascular Surgery, Siberian State Medical University, e-mail: vusikan@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6573-4940>

Nariman E. Kurtseitov – Dr. Sc. (Med.), Professor at the Department of Clinical Surgery with the Course of Cardiovascular Surgery, Siberian State Medical University, e-mail: nariman.tomsk@gmail.com

Mikhail M. Soloviev – Dr. Sc. (Med.), Professor at the Department of Clinical Surgery with the Course of Cardiovascular Surgery, Siberian State Medical University, e-mail: sol.tomsk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2177-0541>

Oksana A. Fatyushina – Cand. Sc. (Med.), Associate Professor at the Department of Clinical Surgery with the Course of Cardiovascular Surgery, Siberian State Medical University, e-mail: oksanafat.tomsk@gmail.com

Elena A. Avdoshina – Cand. Sc. (Med.), Associate Professor at the Department of Clinical Surgery with the Course of Cardiovascular Surgery, Siberian State Medical University, e-mail: mythelen0@gmail.com

Islomzhon M. Mominov – Postgraduate, Siberian State Medical University, e-mail: islam_osh@mail.ru

Вклад авторов

Весир Илья Рахимович – исполнитель научной работы.

Дамбаев Георгий Цыренович – руководитель научной работы.

Гюнтер Виктор Эдуардович – научный консультант, руководитель производства имплантов из никелида титана.

Геренг Елена Андреевна – помощь в проведении морфологических исследований.

Вусик Александр Николаевич – помощь в разработке дизайна исследования и эксперимента на печени.

Куртсеитов Нариман Энверович – помощь в написании и оформлении статьи.

Соловьев Михаил Михайлович – помощь в работе с научной литературой.

Фатюшина Осана Александровна – помощь в проведении эксперимента.

Авдошина Елена Александровна – помощь в проведении эксперимента.

Моминов Исламжон Махаммадмарипович – помощь в проведении эксперимента.

Статья получена: 30.04.2019. Статья принята: 16.01.2020. Статья опубликована: 26.02.2020.

Received: 30.04.2019. Accepted: 16.01.2020. Published: 26.02.2020.