

ISSN 1995-5464 (Print); ISSN 2408-9524 (Online)

<https://doi.org/10.16931/1995-5464.2023-1-48-52>

Антиоксидантное действие отрицательных аэроионов в коррекции печеночной дисфункции при механической желтухе

Беляев А.Н.^{1*}, Бояркин Е.В.¹, Костин С.В.¹, Беспалов Н.Н.¹, Бабась Д.В.², Фролова В.В.¹

¹ ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»; 430005, Саранск, ул. Большевикская, д. 68, Российская Федерация

² ГБУЗ РМ «Мордовская Республиканская центральная клиническая больница»; 430013, Саранск, ул. Победы, д. 14/5, Российская Федерация

Цель. Оценка эффективности отрицательных аэроионов в устранении печеночной дисфункции при механической желтухе.

Материал и методы. Проведены 2 серии экспериментов на 30 крысах. В 1-й (контрольной) серии моделировали механическую желтуху с последующей декомпрессией общего желчного протока и введением 0,9% раствора хлорида натрия в объеме 40 мл/кг. Во 2-й (опытной) серии воздействовали отрицательными аэроионами (3 млн частиц в 1 см³ с экспозицией 60 мин 1 раз в сутки на протяжении 12 дней). Изучали уровень билирубина, малонового диальдегида, активность АлАТ и АсАТ, щелочной фосфатазы, каталазы.

Результаты. Применение отрицательных аэроионов при механической желтухе способствовало более существенной коррекции показателей функциональной активности печени. Концентрация общего и прямого билирубина уменьшалась до $84,4 \pm 7,6$ и $42,1 \pm 5,4$ мкмоль/л, что на 25 и 56% меньше, чем в контрольной серии. Меньше показателей контрольной серии была активность АсАТ и АлАТ, щелочной фосфатазы, концентрация малонового диальдегида (на 17, 22, 18, 47%) и в 3,6 раза больше — активность каталазы.

Заключение. Применение отрицательных аэроионов при механической желтухе стимулирует выработку собственных антиоксидантных ферментов, защищающих гепатоциты от свободнорадикального повреждения.

Ключевые слова: печень, желчные протоки, механическая желтуха, отрицательные аэроионы, свободнорадикальное окисление, антиоксиданты

Ссылка для цитирования: Беляев А.Н., Бояркин Е.В., Костин С.В., Беспалов Н.Н., Бабась Д.В., Фролова В.В. Антиоксидантное действие отрицательных аэроионов в коррекции печеночной дисфункции при механической желтухе. *Анналы хирургической гепатологии*. 2023; 28 (1): 48–52. <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2023-1-48-52>.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Antioxidant effect of negative air ions in correction of hepatic dysfunction in mechanical jaundice

Belyaev A.N.^{1*}, Boyarkin E.V.¹, Kostin S.V.¹, Bespalov N.N.¹, Babas D.V.², Frolova V.V.¹

¹ National Research Mordovia State University; 68, Bolshevistskaya str., Saransk, 430005, Russian Federation

² Mordovian Republican Central Clinical Hospital; 14/5, Pobedy str., Saransk, 430013, Russian Federation

Aim. To evaluate the effectiveness of negative air ions in eliminating hepatic dysfunction in mechanical jaundice.

Materials and methods. Experiments on 30 rats were carried out in two series. In the first experiment series, the mechanical jaundice was simulated with subsequent decompression of common bile duct and injection of 0.9% sodium chloride solution in the volume of 40 ml/kg. In the second experimental series, negative air ions (3 mln particles per 1 cm³) were exposed for 60 min once a day over the course of 12 days. The levels of bilirubin, malondialdehyde, ALT and AST, alkaline phosphatase and catalase were studied.

Results. The use of negative air ions in mechanical jaundice contributed to significant correction of the liver functional activity. Concentration of total and direct bilirubin decreased to 84.4 ± 7.6 and 42.1 ± 5.4 μ mol/l, which is 25% and 56% lower than in the control series. The activity of AST, ALT, and alkaline phosphatase, as well as the concentration of malondialdehyde were reported to be lower in than control series (by 17%, 22%, 18%, 47%, correspondingly), while the catalase activity was 3.6 times higher.

Conclusion. Application of negative air ions in treatment of mechanical jaundice stimulates production of own antioxidative enzymes which protect hepatocytes from free radical damage.

Keywords: liver, bile ducts, mechanical jaundice, negative air ions, free radical oxidation, antioxidants

For citation: Belyaev A.N., Boyarkin E.V., Kostin S.V., Bespalov N.N., Babas D.V., Frolova V.V. Antioxidant effect of negative air ions in correction of hepatic dysfunction in mechanical jaundice. *Annaly khirurgicheskoy gepatologii = Annals of HPB surgery*. 2023; 28 (1): 48–52. <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2023-1-48-52> (In Russian)

The authors declare no conflict of interest.

● Введение

Успешное лечение при механической желтухе (МЖ) возможно после применения комплекса мероприятий, включающих хирургическое восстановление оттока желчи, профилактику и устранение органных нарушений. Наиболее опасным и частым осложнением обтурационного холестаза является печеночная недостаточность, в генезе которой важная роль принадлежит активации процессов свободнорадикального окисления [1], прогрессирующих до состояния окислительного стресса [2, 3]. Клинические и экспериментальные исследования механизма повреждения печеночной клетки указывают на решающую роль избыточной продукции свободных радикалов кислорода [4]. В остром периоде обструкция желчных протоков характеризуется интенсификацией процессов перекисного окисления липидов, а также заметным уменьшением антиоксидантного потенциала [5]. Процессы перекисного окисления липидов являются важным фактором повреждения печеночных клеток и прогрессирования патологических изменений при обтурационном холестазе [6].

Лечение больных МЖ остается одной из сложных проблем хирургии ввиду большой частоты послеоперационных осложнений и летальности, обусловленных развитием печеночной недостаточности вследствие билиарной гипертензии [7]. Поэтому основным мероприятием, направленным на уменьшение частоты осложнений и летальности при устранении обтурационного холестаза, является предупреждение развития острой печеночной недостаточности применением антиоксидантов в комплексном лечении [3, 8, 9].

В последние годы увеличился интерес к применению не прямых антиоксидантов, стимулирующих выработку собственных антиоксидантных ферментов. К их числу следует отнести отрицательные аэроионы воздуха (ОАИ). Основным механизмом их действия связан с образованием озона и последующей стимуляцией активности супероксиддисмутазы озоном и микромолярными концентрациями перекиси водорода [10]. Существующие исследования касаются в основном лечебной оценки отрицательных аэроионов при заболеваниях органов системы дыхания [11] и связаны с поступлением ОАИ через дыхательные пути. Однако представляет интерес воздействие ОАИ на восстановление функции гепатоцитов, нарушенных вследствие МЖ.

Цель — оценить антиоксидантную эффективность отрицательных аэроионов в лечении печеночной дисфункции при МЖ.

● Материал и методы

Экспериментальные исследования проведены на базе ЦНИЛ Медицинского института ФГБОУ ВО “МГУ им. Н.П. Огарёва”. В эксперименте были использованы лабораторные половозрелые крысы-самцы серии Вистар, масса тела 150–200 г. Все животные выдержаны в недельном карантине, находились на свободном питьевом режиме вивария и регулярном двухразовом питании. Перед началом эксперимента внутримышечно вводили раствора ксила 100 мл в дозировке 0,4 мл на 100 г массы тела однократно. Эксперименты проводили под общим обезболиванием золетиллом 100 мл 0,1 мл на 100 г массы животного. Руководствовались требованиями Хельсинкской декларации о гуманном отношении к животным (2000), “Рекомендациями комитета по этике, проводящего экспертизу биомедицинских исследований” (ВОЗ, 2000), “Правилами проведения научных исследований с использованием экспериментальных животных” (распоряжение Президиума АН СССР от 02.04.1980), положениями соответствующих нормативных документов МЗ РФ, “Положением о локальных этических комитетах” (2001), заключением локального этического комитета Медицинского института № 95 от 16.05.2021.

Эксперименты проведены на 30 крысах, разделенных на 2 группы. В 1-й (контрольной) группе у 15 животных моделировали МЖ с последующей декомпрессией общего желчного протока (ОЖП) на 3-и сутки холестаза и введением 0,9% NaCl 40 мл/кг. Во 2-й группе 15 животных на фоне инфузионной терапии подвергали общему воздействию ОАИ (3 млн частиц в 1 см³ с экспозицией 60 мин 1 раз в сутки) на протяжении 12 дней. Для этого лабораторных животных помещали в специальную клетку с установленным на высоте 20 см в металлической сетке-крышке источником ионизации. Ионизатор излучал определенную концентрацию отрицательно заряженных аэроионов, которые поступали в организм через дыхательные пути.

Обратимую МЖ моделировали перевязкой ОЖП, затем выше и ниже места перевязки в ОЖП вставляли дренажные канюли, которые выводили на кожу и закрывали заглушками. Через 3 сут обтурации ОЖП дренажные канюли соединяли, моделируя декомпрессию ОЖП без повторного оперативного вмешательства. На 3, 7 и 15-е сутки послеоперационного периода оценивали функциональную активность печени пробами венозной крови из хвостовой вены с определением общего и прямого билирубина (ОБ, ПБ), актив-

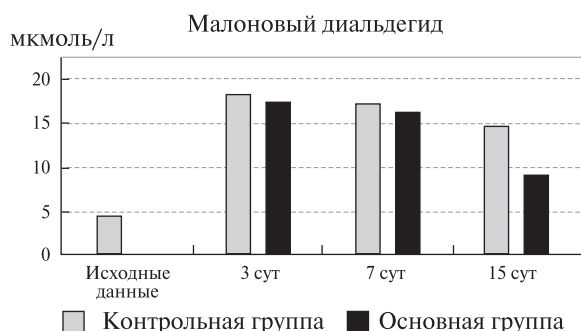


Рис. 1. Диаграмма. Изменение концентрации МДА в результате лечения МЖ.

Fig. 1. Diagram. Changes in malondialdehyde concentration after treatment of mechanical jaundice.

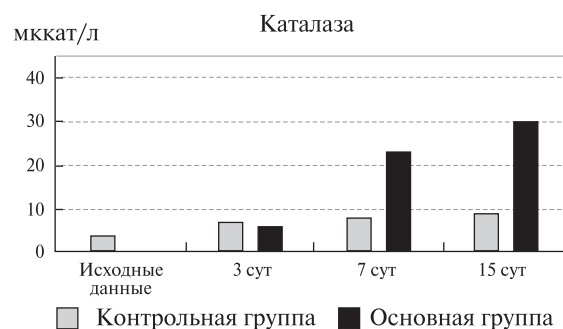


Рис. 2. Диаграмма. Изменение концентрации каталазы в результате лечения МЖ.

Fig. 2. Diagram. Changes in catalase concentration after treatment of mechanical jaundice.

ности аланинаминотрансферазы (АлАТ) и аспаратаминотрансферазы (АсАТ), щелочной фосфатазы (ЩФ), каталазы (КАТ), уровня малонового диальдегида (МДА) с использованием автоматического биохимического анализатора.

Статистический анализ проведен с применением программы Microsoft Excel (2010). Значимость различий уровня биохимических показателей крови на различные сутки эксперимента вычисляли с помощью U-критерия Манна-Уитни. Разницу между величинами считали статистически значимой при $p < 0,05$.

Результаты

Исходные показатели и показатели функциональной активности печени во время лечения представлены в таблице. Декомпрессия ОЖП и последующая инфузионная терапия к 7-м суткам эксперимента способствовали уменьшению ОБ и ПБ с $221,4 \pm 8,6$ и $142,6 \pm 12,4$ до $180,1 \pm 11,2$ и $134,8 \pm 9,6$ мкмоль/л (19 и 6%). К 15-м суткам наблюдения ОБ и ПБ уменьшились до $112,3 \pm 9,6$ и $96 \pm 8,6$ мкмоль/л (50 и 33%). ЩФ к концу инфузионного лечения на 12-е сутки после декомпрессии уменьшилась с $1121,5 \pm 26,8$ до $897 \pm 15,5$ нмоль/с • л (21%). Умеренно уменьшились и величины АсАТ

и АлАТ — на 31 и 11,4%, хотя оставались в 17 и 21 раз больше исходных. На 3-и сутки холестаза в 4 раза увеличилась концентрация МДА (с $4,5 \pm 1$ до $18,1 \pm 1,9$ мкмоль/л). При лечении к 15-м суткам она уменьшилась до $14,7 \pm 2,1$ мкмоль/л (18,8%), превысив в 3,3 раза исходные величины. Уровень КАТ постепенно возрастал, достигая к 15-м суткам $8,2 \pm 1,4$ мкат/л, что было в 2,5 раза больше исходного. Использование на фоне декомпрессии ОЖП и инфузионной терапии МЖ отрицательных аэроионов способствовало более существенной коррекции показателей функциональной активности печени. К 15-м суткам эксперимента уровни ОБ и ПБ уменьшились до $84,4 \pm 7,6$ и $42,1 \pm 5,4$ мкмоль/л, что на 25 и 56% меньше, чем в контрольной группе. Также меньше показателей контрольной группы были величины АсАТ, АлАТ, ЩФ, МДА (на 17, 22, 18, 47%) и в 3,6 раза больше — концентрация каталазы (рис. 1, 2).

Обсуждение

Известно, что при МЖ происходит повреждение печеночных клеток вследствие избыточной стимуляции процессов свободнорадикального окисления и развития окислительного стресса [12], который может реализоваться в результате

Таблица. Изменение функционального состояния печени и процессов свободнорадикального окисления

Table. Changes in indicators of liver functional state and free radical oxidation processes

Параметр	Исходное значение	1-я группа			2-я группа		
		3-и сутки	7-е сутки	15-е сутки	3-и сутки	7-е сутки	15-е сутки
Число животных, абс.	10	5	5	5	5	5	5
ОБ, мкмоль/л	$5,8 \pm 0,9$	$221,4 \pm 8,6^*$	$180,1 \pm 11,2^*$	$112,3 \pm 9,6^*$	$212,8 \pm 10,3^*$	$168,2 \pm 10,7^{**}$	$84,4 \pm 7,6^{**}$
ПБ, мкмоль/л	$4,3 \pm 0,8$	$142,6 \pm 12,4^*$	$134,8 \pm 9,6^*$	$96 \pm 8,6^*$	$146,87 \pm 11,8^*$	$143,4 \pm 6,1^*$	$42,08 \pm 5,4^{**}$
ЩФ, нмоль/с • л	$216,2 \pm 9,7$	$1121,5 \pm 26,8^*$	$956,9 \pm 16,2^*$	$897 \pm 15,5^*$	$1105,3 \pm 21,4^*$	$823,5 \pm 12,7^{**}$	$736,8 \pm 13,5^{**}$
АсАТ, ммоль • ч/л	$0,24 \pm 0,4$	$5,9 \pm 0,9^*$	$4,8 \pm 0,9^*$	$4,1 \pm 0,9^*$	$5,1 \pm 1,3^*$	$4,1 \pm 1,1^*$	$3,4 \pm 0,97^*$
АлАТ, ммоль • ч/л	$0,18 \pm 0,7$	$4,6 \pm 0,6^*$	$4,1 \pm 0,7^*$	$3,8 \pm 0,6^*$	$4,5 \pm 1,1^*$	$3,96 \pm 0,9^*$	$2,96 \pm 0,8^*$
МДА, мкмоль/л	$4,5 \pm 1,0$	$18,1 \pm 1,9^*$	$17,2 \pm 2,1^*$	$14,7 \pm 2,1^*$	$17,4 \pm 2,6^*$	$16,1 \pm 2,1^*$	$9,19 \pm 2,3^{**}$
КАТ, мкат/л	$3,2 \pm 0,7$	$6,1 \pm 0,9^*$	$7,4 \pm 1,3^*$	$8,2 \pm 1,4^*$	$5,3 \pm 1,6^*$	$22,8 \pm 3,9^{**}$	$29,8 \pm 4,8^{**}$

Примечание: * — достоверность отличий относительно исходных величин; ** — достоверность отличий между группами.

дисбаланса между интенсивностью реакций образования и устранения свободных радикалов. Одной из ключевых защитных систем организма является антиоксидантная система, обеспечивающая защиту организма от неконтролируемого воздействия активных форм кислорода. Уровень собственных антиоксидантных ферментов при прогрессировании МЖ существенно уменьшается, свидетельствуя о недостаточной защите печеночных клеток от повреждающего действия свободных радикалов. Одним из способов ингибирующего воздействия на процессы свободнорадикального окисления является применение отрицательных аэроионов, оказывающих многофакторное действие на биологические процессы организма [13, 14]. Имеются публикации о положительном влиянии отрицательных аэроионов при коагуляционных нарушениях. Однако большинство исследований потенциальных биологических реакций на аэроионы сосредоточено на дыхательной системе и психоэмоциональной сфере [15].

Согласно полученным результатам, установлено, что лечебное воздействие отрицательных аэроионов на функциональную активность печени реализуется через активацию выработки эндогенных антиоксидантных ферментов. Индикатором этого является значительное повышение выработки КАТ с последующим ингибированием системы свободнорадикального окисления. На это указывает двукратное уменьшение к 15-м суткам наблюдения концентрации МДА — индикатора деградации полиненасыщенных жиров мембран клеток активными формами кислорода и являющегося клинико-лабораторным маркером оксидативного стресса. Возможно, положительные результаты применения отрицательных аэроионов при МЖ связаны с системным стимулирующим действием на активность супероксиддисмутазы, которая ускоряет окислительное фосфорилирование в митохондриях, уменьшая образование лактата [13]. Кроме того, косвенным подтверждением повышения антиоксидантной защиты печеночных клеток от свободнорадикального повреждения является уменьшение концентрации в системном кровотоке внутриклеточных печеночных ферментов (АсАТ, АлАТ, ЩФ), поступающих в него после разрушения гепатоцитов. Антиоксидантный потенциал при МЖ может увеличиваться и за счет возрастания в крови билирубина, являющегося эффективным антиоксидантом, ингибирующее действие которого осуществляется в реакции с пероксильными радикалами [16].

● Заключение

При развитии МЖ существенно увеличивается уровень процессов свободнорадикального окисления, вплоть до развития окислительного

стресса. После применения отрицательных аэроионов происходит стимуляция выработки собственных антиоксидантных ферментов, защищающих гепатоциты от свободнорадикального повреждения. Это подтверждается увеличением уровня антиоксидантного фермента каталазы, уменьшением концентрации маркеров свободнорадикального окисления и внутриклеточных печеночных ферментов.

Участие авторов

Беляев А.Н. — концепция и дизайн исследования, написание текста, ответственность за целостность всех частей статьи.

Бояркин Е.В. — сбор и обработка материала.

Костин С.В. — статистическая обработка данных.

Беспалов Н.Н. — дизайн исследования, концепция применения отрицательных аэроионов.

Бабасъ Д.В. — редактирование.

Фролова В.В. — обработка материала, редактирование.

Authors contributions

Belyaev A.N. — concept and design of the study, writing text, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Boyarkin E.V. — collection and processing of material.

Kostin S.V. — statistical analysis.

Bespalov N.N. — design of the study, concept of applying negative air ions.

Babas D.V. — editing.

Frolova V.V. — processing of material, editing.

● Список литературы [References]

- Onalan A.K., Tuncal S., Kilicoglu S., Celepli S., Durak E., Kilicoglu B., Devrim E., Barlas A.M., Kismet K. Effect of silymarin on oxidative stress and liver histopathology in experimental obstructive jaundice model. *Acta Cir. Bras.* 2016; 31 (12): 801–806. <https://doi.org/10.1590/S0102-865020160120000004>
- Ommati M.M., Amjadinia A., Mousavi K., Azarpira N., Jamshidzadeh A., Heidari R. N-acetyl cysteine treatment mitigates biomarkers of oxidative stress in different tissues of bile duct ligated rats. *Stress.* 2021; 24 (2): 213–228. <https://doi.org/10.1080/10253890.2020.1777970>
- Stupin V., Abramov I., Gahramanov T., Kovalenko A., Manturova N., Litvitskiy P., Balkizov Z., Silina E. Comparative study of the results of operations in patients with tumor and non-tumor obstructive jaundice who received and did not receive antioxidant therapy for the correction of endotoxemia, glycolysis, and oxidative stress. *Antioxidants (Basel).* 2022; 11 (6): 1203. <https://doi.org/10.3390/antiox11061203>
- Darenskaya M.A., Gubanov B.G., Kolesnikova L.I., Kolesnikov S.I. Lipid peroxidation functional state changes in patients with obstructive jaundice depending on the level of bilirubin in the blood. *Klin. Lab. Diagn.* 2021; 66 (12): 722–727. <https://doi.org/10.51620/0869-2084-2021-66-12-722-727>
- Savdan M., Çakır M., Vatansev H., Küçükartallar T., Tekin A., Tavli Ş. Preventing oxygen free radical damage by proanthocyanidin in obstructive jaundice. *Turk. J. Surg.* 2017; 33 (2): 62–68. <https://doi.org/10.5152/turkjsurg.2017.3337>

6. Гальперин Э.И., Момунова О.Н. Классификация тяжести механической желтухи. Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2014; 1: 5–9.
Galperin E.I., Momunova O.N. The classification of obstructive jaundice severity. *Pirogov Russian Journal of Surgery = Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova*. 2014; 1: 5–9. (In Russian)
7. Wang N., Han Q., Wang G., Ma W.P., Wang J., Wu W.X., Guo Y., Liu L., Jiang X.Y., Xie X.L., Jiang H.Q. Resveratrol protects oxidative stress-induced intestinal epithelial barrier dysfunction by upregulating heme oxygenase-1 expression. *Dig. Dis. Sci.* 2016; 61 (9): 2522–2534.
<https://doi.org/10.1007/s10620-016-4184-4>
8. Unal Y., Tuncal S., Kosmaz K., Kucuk B., Kismet K., Cavusoglu T., Celepli P., Senes M., Yildiz S., Hucumenoglu S. The effect of calcium dobesilate on liver damage in experimental obstructive jaundice. *J. Invest. Surg.* 2019; 32 (3): 238–244.
<https://doi.org/10.1080/08941939.2018.1451936>
9. Kosenko E.A., Kaminsky Yu.G., Stavrovskaya I.G., Sirota T.V., Kondrashova M.N. The stimulatory effect of negative air ions and hydrogen peroxide on the activity of superoxide dismutase. *FEBS Lett.* 1997; 410 (2–3): 309–312.
10. Badhe R.V., Nipate S.S. The use of negative oxygen ion clusters [O₂-(H₂O)_n] and bicarbonate ions [HCO₃⁻] as the supportive treatment of COVID-19 infections: a possibility. *Med. Hypotheses*. 2021; 154: 110658. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2021.110658>
11. Silina E.V., Stupin V.A., Abramov I.S., Bolevich S.B., Deshpande G., Achar R.R., Sinelnikova T.G. Oxidative stress and free radical processes in tumor and non-tumor obstructive jaundice: influence of disease duration, severity and surgical treatment on outcomes. *Pathophysiology*. 2022; 29 (1): 32–51.
<https://doi.org/10.3390/pathophysiology29010005>
12. Iwama H., Ohmizo H., Furuta S., Ohmori S., Watanabe K., Kaneko T., Tsutsumi K. Inspired superoxide anions attenuate blood lactate concentrations in postoperative patients. *Crit. Care Med.* 2002; 30 (6): 1246–1249.
<https://doi.org/10.1097/00003246-200206000-00014>
13. Wang Y., Zhao Y., Xue L., Wu S., Wang B., Li G., Huang J., Guo X. Effects of air purification of indoor PM2.5 on the cardiorespiratory biomarkers in young healthy adults. *Indoor Air*. 2021; 31 (4): 1125–1133. <https://doi.org/10.1111/ina.12815>
14. Аширова Н.А. Влияние ионизированного кислорода на некоторые показатели гомеостаза кишечника при острой ишемии: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Саранск, 2008. 16 с.
Ashirova N.A. *Vliyanie ionizirovannogo kisloroda na nekotorye pokazateli gomeostaza kishechnika pri ostroj ishemii* [Effect of ionized oxygen on some indicators of intestinal homeostasis in acute ischemia: abst. dis. ... cand. med. sci.]. Saransk, 2008. 16 p. (In Russian)
15. Alexander D.D., Bailey W.H., Perez V., Mitchell M.E., Su S. Air ions and respiratory function outcomes: a comprehensive review. *J. Negat. Results Biomed.* 2013; 12: 14.
<https://doi.org/10.1186/1477-5751-12-14>
16. Дудник Л.Б. Антиоксидантное и антиапоптотическое действие билирубина при патологии печени и желчевыводящих путей: автореф. дисс. ... докт. биол. наук. М., 2004. 30 с.
Dudnik L.B. *Antioksidantnoe i antiapoptoticheskoe dejstvie bilirubina pri patologii pecheni i zhelcheyvodyashchih putej* [Antioxidant and anti-apoptotic effect of bilirubin in liver and biliary pathology: abst. dis. ... doct. med. sci.]. Moscow, 2004. 30 p.

Сведения об авторах [Authors info]

Беляев Александр Назарович — доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой общей хирургии им. проф. Н.И. Атясова ФГБОУ ВО “МГУ им. Н.П. Огарёва”. <http://orcid.org/0000-0002-0698-3007>. E-mail: belyaevan@mail.ru

Бояркин Евгений Викторович — старший преподаватель кафедры общей хирургии им. проф. Н.И. Атясова ФГБОУ ВО “МГУ им. Н.П. Огарёва”. <http://orcid.org/0000-0002-3698-4465>. E-mail: boyarkin_ev@mail.ru

Костин Сергей Владимирович — канд. мед. наук, доцент кафедры общей хирургии им. Н.И. Атясова ФГБОУ ВО “МГУ им. Н.П. Огарёва”. <http://orcid.org/0000-0003-2549-1021>. E-mail: k0stin@mail.ru

Беспалов Николай Николаевич — канд. техн. наук, заведующий кафедрой электроники и нанoeлектроники ФГБОУ ВО “МГУ им. Н.П. Огарёва”. <http://orcid.org/0000-0002-2249-4393>. E-mail: ka-mgu@mail.ru

Бабась Денис Владимирович — врач ГБУЗ РМ “Мордовская Республиканская центральная клиническая больница”. <http://orcid.org/0000-0002-5295-686X>. E-mail: doctor_08@inbox.ru

Фролова Варвара Вадимовна — студентка ФГБОУ ВО “МГУ им. Н.П. Огарёва”. <http://orcid.org/0000-0003-4138-0727>. E-mail: varlar9191@mail.ru

Для корреспонденции*: Беляев Александр Назарович — 430013, г. Саранск, ул. Победы, д. 14/5, ГБУЗ РМ “Мордовская Республиканская центральная клиническая больница”, Российская Федерация. Тел.: +7-987-693-3217. E-mail: belyaevan@mail.ru

Alexander N. Belyaev — Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of Atyasov Department of General Surgery named after N.I. Atyasov of the National Research Mordovia State University. <http://orcid.org/0000-0002-0698-3007>. E-mail: belyaevan@mail.ru

Evgeny V. Boyarkin — Senior Lecturer, Atyasov Department of General Surgery named after N.I. Atyasov of the National Research Mordovia State University. <http://orcid.org/0000-0002-3698-4465>. E-mail: boyarkin_ev@mail.ru

Sergey V. Kostin — Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor Department of General Surgery named after N.I. Atyasov of the National Research Mordovia State University. <http://orcid.org/0000-0003-2549-1021>. E-mail: k0stin@mail.ru

Nikolay N. Bepalov — Cand. of Sci. (Techn.), Head of Department of Electronics and Nanoelectronics of National Research Mordovia State University. <http://orcid.org/0000-0002-2249-4393>. E-mail: ka-mgu@mail.ru

Denis V. Babas — Physician, Mordovian Republican Central Clinical Hospital. <http://orcid.org/0000-0002-5295-686X>. E-mail: doctor_08@inbox.ru

Varvara V. Frolova — student of the National Research Mordovia State University. <http://orcid.org/0000-0003-4138-0727>. E-mail: varlar9191@mail.ru

For correspondence*: Alexander N. Belyaev — Mordovian Republican Central Clinical Hospital, 14/5, Pobedy str., Saransk, 430013, Russian Federation. Phone: 8-987-693-3217. E-mail: belyaevan@mail.ru