

quirements, tissue culture and clinical relevance. *Curr Stem Cell Res Ther* 2008;3:254-64.

10. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. Москва, РФ: МедиаСфера; 2000. 312 с.

#### REFERENCES

1. Mazurenko AN, Kosmachyova SM. Biologicheskie osnovy' spondilodeza poynasnihnogo otdela pozvonochnika i materialy' dlya ego osushhestvleniya. *Med Novosti*. 2012;7:20-26. (in Russ.).
2. Voronovich IR, Pashkevich LA, Golutvina NO, Voronovich AI. Diagnostika i tekhnologii soxranny'x operacij pri opuxolyax i opuxolepodobny'x zabolevaniyax kolenna gosustava. M-vozdravoox. Resp. Belarus', Resp. nauchno-prakt. Cent travmatologii ii ortopedii. Minsk, Belarus':GURNMB; 2007. 207 p. (in Russ.).
3. Kirilova IA. Kostnaya tkan kak osnova osteoplasticheskikh materialov dlya vosstanovleniya kosti. *Hirurgiya Pozvonochnika*. 2011;1:68-67. (in Russ.).
4. Sheyn D, Pelled G, Zilberman Y, Talasazan F, Frank JM, Gazit G, Gazit C. Nonvirally engineered porcine adipose tissue-derived stem cells: use in posterior spinal fusion. *StemCells*. 2008;26:1056-64.
5. Brantigan JW. Pseudarthrosis rate after allograft posterior lumbar interbody fusion with pedicle screw and plate fixation. *Spine*. 1994;19:1271-79.
6. Wigfield CC, Nelson RJ. Nonautologous interbody fusion materials in cervical spine surgery: how strong is the evidence to justify their use? *Spine*. 2001;26:687-94. doi:10.1097/00007632-200103150-00027.
7. Roberts TT, Rosenbaum AJ. Bone grafts, bone substitutes and orthobiologics: the bridge between basic science and clinical advancements in fracture healing. *Organogenesis*. 2012;8:114-24.
8. Jorgenson SS, Lowe TG, France J, Sabin JA prospective analysis of autograft versus allograft in posterolateral lumbar fusion in the same patient. A minimum of 1-year follow-up in 144 patients. *Spine*. 1994;19:2048-53.
9. Fröhlich M, Grayson WL, Wan LQ, Marolt D, Drobic M, Vunjak-Novakovic G. Tissue engineered bone grafts: biological re-

quirements, tissue culture and clinical relevance. *Curr Stem Cell Res Ther*. 2008;3:254-64.

10. Rebrova OYu. Statisticheskii analiz meditsinskikh dannykh. Primenenie paketa prikladnykh programm STATISTICA. Moskva, RF: MediaSfera; 2000. 312 p. (in Russ.).

#### Адрес для корреспонденции

246000, Республика Беларусь,  
г. Гомель, ул. Ланге, 5,  
УО «Гомельский государственный медицинский университет»,  
кафедра гистологии, цитологии и эмбриологии,  
Тел. моб.: +375 29 3149282,  
e-mail: [nadyrov2006@rambler.ru](mailto:nadyrov2006@rambler.ru)  
Надыров Эльдар Аркадьевич

#### Сведения об авторах

Надыров Э.А. к.м.н., доцент, кафедра гистологии, цитологии и эмбриологии УО «Гомельский государственный медицинский университет».

Николаев В.И., кандидат медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии, ВПХ с курсом анестезиологии и реаниматологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет».

Кириленко С.И., кандидат медицинских наук, врач-нейрохирург (заведующий) нейрохирургическим отделением №2 учреждения У «Гомельская областная клиническая больница».

Рожин В.В., врач-нейрохирург нейрохирургического отделения №2 учреждения У «Гомельская областная клиническая больница».

Мальцева Н.Г., к.б.н., доцент кафедры гистологии, цитологии, эмбриологии УО «Гомельский государственный медицинский университет».

Ачинович С.Л., врач-патологоанатом (заведующий) отделением патологической анатомии У «Гомельский областной клинический онкологический диспансер».

Добыш А.А., врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 2 У «Гомельская областная клиническая больница».

Поступила 14.11.2019

УДК 616.15-092.9:577.1]:591.041

### ИЗМЕНЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЫВОРОТКИ КРОВИ У КРЫС ЛИНИИ ВИСТАР, ПЕРЕНЕСШИХ ХРОНИЧЕСКИЙ СТРЕСС

К. А. Кидун, А. Н. Литвиненко, Т. С. Угольник, Н. М. Голубых, Е. К. Солодова

Учреждение образования

«Гомельский государственный медицинский университет»

г. Гомель. Республика Беларусь

**Цель:** оценить влияние хронического неспецифического стресса на изменение биохимических показателей сыворотки крови у самцов крыс линии Вистар.

**Материалы и методы.** Экспериментальное исследование было выполнено на половозрелых самцах крыс линии Вистар. Опытная группа (n = 71) была подвергнута воздействию хронического неспецифического стресса по методу Ortiz. Контрольную группу животных составили интактные животные (n = 31).

**Результаты.** Были выявлены изменения в биохимическом составе сыворотки крови крыс: увеличение активности АЛТ, ЛДГ, ЩФ, мочевины, мочевой кислоты и холестерина, снижение уровня триглицеридов.

**Заключение.** Данные изменения могут характеризовать перестройку уровня интенсивности физиологических процессов энергообеспечения в условиях хронического стресса.

**Ключевые слова:** хронический стресс, самцы крыс, биохимический анализ крови.

**Objective:** to assess the effect of chronic non-specific stress on changes of the biochemical parameters of the blood serum in male Wistar rats.

**Material and methods.** The experimental study was performed on sexually mature male Wistar rats. The experimental group (n = 71) was exposed to chronic non-specific stress according to the Ortiz method. The control group of the animals included intact animals (n = 31).

**Results.** The study has revealed changes in the biochemical composition of the blood serum of the rats: increased activity of ALT, LDH, ALP, urea, uric acid, and cholesterol, a decreased level of triglycerides.

**Conclusion.** These changes may indicate the alteration of the level of the intensity of the physiological processes of energy supply in the conditions of chronic stress.

**Key words:** chronic stress, male rats, biochemical blood test.

К. А. Кидун, А. Н. Литвиненко, Т. С. Угольник, Н. М. Голубых, Е. К. Солодова

Changes of the Biochemical Parameters of the Blood Serum of Wistar rats Exposed to Chronic Stress  
*Problemy Zdorov'ya i Ekologii*. 2019 Oct-Dec; Vol 62 (4): 62-67

### **Введение**

Высокая распространенность хронического стресса среди различных групп населения обуславливает активное исследование аспектов его патогенеза, лечения и профилактики. Эффекты стрессорных воздействий многообразны и выражаются морфофункциональными и метаболическими перестройками в организме. Реализация стрессовых реакций организма происходит в первую очередь через систему гормональных сдвигов, направленность которых определяется длительностью и силой действия стрессорного фактора. Продолжительное стрессорное воздействие создает угрозу стойкого нарушения гомеостаза с глубокими перестройками биохимических показателей. Несмотря на многообразие экспериментальных моделей стресса, большинство исследований проводится с использованием одного или с сочетанием двух факторов, что может вносить специфический компонент в полученные результаты. В связи с этим актуальным является оценка влияния хронического неспецифического стресса на изменение биохимических показателей сыворотки крови.

### **Цель исследования**

Изучить изменения биохимического состава сыворотки крови у самцов крыс линии Вистар при хроническом стрессе по Ortiz.

### **Материалы и методы**

Экспериментальное исследование было выполнено на половозрелых самцах крыс линии Вистар в возрасте 5–6 месяцев ( $n = 102$ ). Животные находились в стандартных условиях вивария. Крысы были разделены на 2 группы: интактные животные, составившие группу контроля ( $n = 31$ ), и опытная группа ( $n = 71$ ). Опытная группа животных была подвергнута хроническому стрессу по Ortiz [1]. В течение 10 дней крыс опытной группы ежедневно подвергались воздействию двух из нижеперечисленных стрессоров, чередующихся в случайном порядке: вращение в клетке в течение 50 минут со скоростью 60 об/мин, принудительное плавание в холодной воде (4 минуты при температуре 11–12 °С), нахождение в темной холодильной камере при температуре 4–5 °С в течение 60 мин, яркое освещение в ночное время, отсутствие света в дневное, изоляция в индивидуальных клетках на ночь, иммобилизация в индивидуальных пластиковых контейнерах со свободным доступом воздуха в течение 60 мин, лишение воды и пищи на 12-часовой период. Случайность чередования стрессоров снижала степень привыкания экспериментальных животных к воздействиям и способствовала минимизации специфического компонента. Экспериментальная работа проводилась в соответствии с Хельсинской Декларацией

Всемирной Медицинской Ассоциации о гуманном отношении к животным [2]. Животные обеих групп выводились из эксперимента путем декапитации под эфирным наркозом.

Биохимический состав сыворотки крови животных определяли с помощью стандартных биохимических наборов Vital на полуавтоматическом анализаторе Klima-MC15 (Барселона). Определяли концентрацию следующих показателей: общий белок (г/л), альбумин (г/л), общий билирубин (мкмоль/л), мочевины (ммоль/л), мочевая кислота (мкмоль/л), триглицериды (ммоль/л), холестерин (ммоль/л), хлориды (ммоль/л), калий (ммоль/л), натрий (ммоль/л), кальций (ммоль/л), магний (ммоль/л), АЛТ (Ед/л), АСТ (Ед/л), ЩФ (Ед/л), ЛДГ (Ед/л).

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием Триал-версии «Statistica», 13.3 EN. В связи с тем, что изучаемые показатели не подчинялись закону нормального распределения (тест Шапиро-Уилка,  $W$ ), применяли непараметрические методы и критерии. Анализ различий в двух независимых группах по количественным показателям проводили с использованием критерия Манна-Уитни ( $U$ ,  $Z$ ). Данные в тексте и таблице приведены в виде  $Me (Q_1; Q_3)$ , где  $Me$  — медиана,  $Q_1$ ;  $Q_3$  — верхний и нижний квартили. Нулевую гипотезу отклоняли при уровне статистической значимости  $p < 0,05$  [3].

### **Результаты и обсуждение**

Хронический стресс сопровождается активацией адаптационных процессов наряду с повреждающими. Одним из механизмов является перестройка энергетического обеспечения специфических компонентов адаптации. Механизмы долговременной адаптации на начальных этапах обеспечиваются преимущественно активацией катаболических реакций. Повышение уровня катехоламинов и глюкокортикоидов способствует преобладанию энергозатратных процессов в организме, обеспечивая состояние резистентности. Следующим этапом за катаболической реакцией может формироваться анаболическая [4].

В нашем исследовании было выявлено, что содержание триглицеридов у животных, подвергнутых стрессу, было на 33,7 % ниже, чем у животных контрольной группы и составило 0,31 (0,18; 0,51) ммоль/л и 0,46 (0,32; 0,69) ммоль/л соответственно ( $p = 0,006$ ). Снижение концентрации триглицеридов может быть связано с их интенсивным использованием в условиях хронического стресса [5].

Авторы другого экспериментального исследования в результате ежедневной 6-часовой иммобилизации самцов крыс линии Вистар в течение 12 дней отмечают увеличение в сыворотке крови содержания триглицеридов у

опытных животных. Увеличение концентрации триглицеридов в условиях стрессорного воздействия авторы связывают со стимулирующим влиянием избытка катехоламинов на клетки жировой ткани [6].

При стрессе происходит избыточное образование ацетата из жирных кислот в связи с усилением их распада и подавлением синтеза [7], а с другой стороны — ингибируется его окисление до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  в цикле Кребса из-за снижения активности  $\text{NAD}^+$ -зависимых дегидрогеназ. Избыточное образование ацетил-КоА может приводить к активации синтеза холестерина. Кроме того, повышенное образование холестерина из ацетил-КоА является компенсаторной реакцией организма для биосинтеза стероидных гормонов.

У крыс опытной группы, перенесших хронический стресс, концентрация холестерина

составила 1,2 (1,0; 1,4) ммоль/л и была на 9,1 % выше, чем у животных контрольной группы — 1,1 (0,8; 1,2) ммоль/л ( $p = 0,01$ ).

Увеличение уровня холестерина в сыворотке крови крыс, перенесших хронический стресс, может быть связано как с угнетением продуктами перекисного окисления липидов ключевого фермента катаболизма холестерина — 7-альфа-гидроксилазы [6], так и с развитием компенсаторной реакции организма животных на хронический стресс [5].

Уровень глюкозы сыворотки крови крыс опытной группы не имел статистически значимых различий по отношению к интактным животным.

Значения биохимических показателей сыворотки крови у животных опытной и контрольной групп представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения биохимических показателей сыворотки крови у животных опытной и контрольной групп, Ме ( $Q_1$ ;  $Q_3$ )

Параметры, ед. изм.	Опытная группа, n = 71	Контрольная группа, n = 31	p
Вес крысы (г)	265 (240; 280)*	300 (280; 320)	< 0,001
АСТ (ед/л)	111 (101; 130)	107 (94; 115)	0,078
АЛТ (ед/л)	33 (28; 40)*	30 (26; 34)	0,02
ЩФ (ед/л)	255 (205; 326)*	164 (142; 189)	< 0,001
ЛДГ (ед/л)	2244 (1763; 2725)*	1763 (1411; 2124)	< 0,001
Мочевина (ммоль/л)	6,1 (5,6; 6,9)*	5,5 (4,4; 6,8)	0,032
Креатинин (мкмоль/л)	35 (32; 38)	38 (33; 41)	0,12
Мочевая кислота (мкмоль/л)	32 (11; 56)*	17 (0; 30)	0,006
Глюкоза (ммоль/л)	8,5 (5,6; 11,1)	7,9 (5,5; 10,1)	0,974

\* — Различия между опытной и контрольной группами статистически значимы

Нормальный уровень глюкозы крови указывает на компенсацию энергетического обеспечения органов и тканей в условиях хронического стресса. Как известно, при действии чрезвычайных раздражителей энергообеспечение физиологических процессов существенно перестраивается. На первых этапах оно идет за счет использования углеводных ресурсов и жирных кислот. Активация глюконеогенеза приводит к интенсивному использованию глюконогенных аминокислот и требует активации трансаминазных путей белкового обмена [8]. Таким образом, повышение уровня трансаминаз может указывать на действие стрессоров различного происхождения.

Аланинаминотрансфераза (АЛТ) — внутриклеточный фермент, отражающий активность глюкосоаланинового шунта, обеспечивает интеграцию белкового и углеводного обмена. Повышение уровня АЛТ в сыворотке крови обычно считается показателем повреждения печени. Это предположение основано на том, что белок АЛТ особенно сильно экспрессируется в клетках печени, в меньшей степени — в клетках

сердца, скелетных мышц, почек, селезенки, поджелудочной железы, легких, а также в лейкоцитах и эритроцитах. Повышение уровня АЛТ может наблюдаться и при травмах мышц, интенсивной физической нагрузке, инфаркте миокарда, острой почечной недостаточности, целиакии и многих других заболеваниях. Так как АЛТ преимущественно аккумулируется в цитозоле клеток, повышение ее активности в крови можно расценивать как маркер цитолиза (преимущественно гепатоцитов) и как признак повышения проницаемости их плазматических мембран с активацией глюкосоаланинового шунта. Повышение активности АЛТ в 2–5 раз в крови расценивается как проявление цитолиза [8].

В нашем экспериментальном исследовании было выявлено, что у крыс, перенесших хронический стресс, отмечалось статистически значимое повышение АЛТ — на 10 % ( $p < 0,05$ ) по сравнению с контрольной группой животных: 33 (28; 40) ед/л и 30 (26; 34) ед/л соответственно.

Повышение уровня фермента в крови у опытных животных может быть сопряжено с

уменьшением стабильности клеточных мембран и повышением их проницаемости на фоне активации глюкозаламинового шунта.

Аспартат-аминотрансфераза (АСТ) — представляет собой внутриклеточный фермент, присутствующий как в цитоплазме, так и в митохондриях, который обеспечивает поступление ацетила-КоА в цикл трикарбоновых кислот (ЦТК). Данный фермент широко распространен во всех тканях организма, с наибольшим количеством в сердечной мышце, печени, скелетных мышцах, нервной ткани и почках, меньшим — в поджелудочной железе, селезенке, легких. АСТ является маркером повреждения ткани, например, сердечной мышцы (обычно ишемического происхождения), рабдомиолиза или некроза клеток печени. В экспериментальных исследованиях с использованием модели ограничения животного с фиксацией, приводящей к легкой травме мышц, может отмечаться повышение активности АСТ [9].

В то же время большое значение имеет не только экспериментальная модель, но и время, прошедшее от момента окончания воздействия до забора крови. Более высокое значение АЛТ, чем АСТ может быть связано с периодом полураспада данных ферментов в крови: 47 часов для АЛТ и около 16 часов для АСТ. В нашем исследовании не было выявлено статистически значимых различий в уровне АСТ между крысами контрольной и опытной групп.

АСТ является также маркером интенсивности энергетического обмена и степени его катаболической выраженности. Отделенные аминокислоты от аминокислот поступают в цикл Кребса или для последующего обезвреживания на синтез мочевины. Мочевина оказывает протекторный эффект на биологические мембраны. Повышенный уровень мочевины ингибирует свободнорадикальные реакции в клетке, уменьшает интенсивность перекисного окисления липидов, повышает устойчивость мембран лизосом, препятствует выходу лизосомальных ферментов [10]. Мочевина свободно проходит через мембраны клеток.

В нашем исследовании у крыс опытной группы уровень мочевины вырос на 12 % и составил 6,1 (5,6; 6,9) ммоль/л по сравнению с интактными животными (5,5 (4,4; 6,8) ммоль/л), различия статистически значимы ( $p = 0,03$ ).

Креатинин в меньшей степени, чем мочевина зависит от уровня катаболизма. Он в большей степени отражает фильтрационную и выделительную функцию почек. Уровень креатинина не имел статистически значимых различий у крыс опытной и контрольной групп.

Активация катаболических реакций в ответ на стресс-реакцию может оказывать повреждающее действие на клетки, что, в свою

очередь, будет вызывать активацию адаптационно-компенсаторных систем. При сравнительном анализе массы животных опытной и контрольной групп, отмечается статистически значимое снижение — на 12 % массы тела опытных животных относительно контроля ( $p < 0,001$ ), что может свидетельствовать о преобладании процессов катаболизма.

Важным маркером повреждения тканей является внутриклеточный фермент лактатдегидрогеназа (ЛДГ), который принимает участие в реакциях гликолиза, катализирует превращение лактата в пируват. ЛДГ содержится почти во всех органах и тканях человека, особенно много его в мышцах. Описано пять основных изоферментов: ЛДГ-1 содержится преимущественно в сердце и эритроцитах, ЛДГ-2 — в ретикулоэндотелиальной системе, ЛДГ-3 — в легких, ЛДГ-4 — в почках, плаценте и поджелудочной железе, ЛДГ-5 — в печени и скелетной мускулатуре. Изофермент ЛДГ-«Х» является специфичным для клеток спермы [11].

По сравнению с животными контрольной группы у крыс, перенесших хронический стресс, отмечалось статистически значимое существенное увеличение уровня ЛДГ — на 27 % ( $p < 0,001$ ) и ЩФ — на 56 % ( $p < 0,001$ ).

Щелочная фосфатаза — группа ферментов, плотно связанных с клеточной мембраной, участвующих в реакциях отщепления остатка фосфорной кислоты от ее органических соединений и принимающих участие в транспорте фосфора. Они содержатся практически во всех тканях организма с преимущественной локализацией в эпителии тонкой кишки, остеобластах, гепатоцитах и плаценте. Поэтому повышение активности ЩФ в сыворотке крови не является абсолютным показателем органоспецифичности поражения.

Усиленный цитолиз сопровождается также повышением уровня мочевой кислоты. В нашем исследовании обращает на себя внимание повышение мочевой кислоты в 1,9 раза у крыс, перенесших хронический стресс, по сравнению с контрольной группой животных. Мочевая кислота может действовать как антиоксидант, акцептор свободных радикалов и хелатор ионов переходных металлов, которые превращаются в плохо реагирующие формы. Таким образом, увеличение в сыворотке крови уровня мочевой кислоты можно рассматривать как компенсаторную реакцию на стрессорное воздействие путем ее участия в антиоксидантной защите организма (неферментативный компонент антиоксидантной системы) [5, 12]. Кратковременное повышение уровня мочевой кислоты увеличивает антиоксидантную емкость крови, тем самым уменьшая связанный с физической нагрузкой окислительный стресс у

практически здоровых людей и восстанавливает эндотелиальную функцию у пациентов с сахарным диабетом 1 типа и у постоянных курильщиков [12]. В то же время хроническая гиперурикемия индуцирует экспрессию генов хемокинов и факторов роста, таких как моноцитарный хемотаксический белок-1 и тромбоцитарный фактор роста, стимулирует пролиферацию сосудистых гладкомышечных клеток, активируя пролиферацию и провоспалительные процессы в сосудистых гладкомышечных клетках. В эндотелиальных клетках высокий уровень мочевой кислоты приводит к снижению уровня биодоступности оксида азота, ингибированию клеточной миграции и пролиферации за счет экспрессии С-реактивного белка. Увеличение уровня мочевой кислоты в условиях преобладания анаэробного дыхания может проявить синергетический эффект кислородной токсичности, так как вклад в антиоксидантную защиту не компенсирует прирост супероксид-аниона кислорода в результате взаимодействия ксантиноксидазы и мочевой кислоты (уратоксидазной) [5].

#### Заключение

У крыс опытной группы по сравнению с интактными животными отмечается статистически значимое снижение веса — на 12 % ( $p < 0,001$ ), увеличение концентрации холестерина на 9,1 % ( $p = 0,01$ ) и АЛТ — на 10 % ( $p = 0,02$ ), снижение уровня триглицеридов на 33,7 % ( $p = 0,006$ ) в сыворотке крови, что свидетельствует об активации катаболических процессов и перестройке процессов энергообеспечения в условиях хронического стресса.

Повышение активности ЛДГ на 27 % ( $p < 0,001$ ), ЩФ — на 56 % ( $p < 0,001$ ) и компенсаторное увеличение концентрации мочевины на 12 % ( $p = 0,032$ ) и мочевой кислоты — в 1,9 раза ( $p = 0,006$ ) в сыворотке крови животных опытной группы могут являться неспецифическими маркерами повреждения при хроническом стрессе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ortiz J, Fitzgerald LW, Lane S, Terwilliger R, Nestler EJ. Biochemical adaptations in the mesolimbic dopamine system in response to repeated stress. *Neuropsychopharmacology*. 1996;14(6):443-52.
2. WDA Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects [ Electronic recourse]. 64th WMA General Assmby, Fortaleza, Brazil, October 2013 Word Medical Association. Ferney-Voltaire. 2015. [cited 2019 July 30]. Available from: <http://wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>.
3. Реброва ОЮ. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. Москва, РФ: МедиаСфера; 2003. 312 с.
4. Неудахин ЕВ, Морено ИГ. К вопросу о патогенезе атеросклероза и коррекции атерогенных нарушений у детей. *РМЖ*. 2018;9:62-68.
5. Курашвили ЛВ, Васильков ВГ. Липидный обмен при неотложных состояниях. Пенза, РФ. 2003. 198 с.
6. Солин АВ, Сериков ВС, Ляшев ЮД. Влияние опиоидных пептидов и мелатонина на липидный обмен при хроническом стрессе. *Человек и Его Здоровье*. 2013;4:42-45.

7. Цейликман ОБ. Гепатотропные эффекты и монооксигеназная система печени при хроническом стрессе. *Человек. Спорт. Медицина*. 200;6(3):121-22.

8. Ермолаева ЕН, Кривохижина ЛВ. Индикаторы повреждения при физических нагрузках различной интенсивности. *Фундаментальные исследования*. 2015;1. Часть 9:1815-21.

9. Aulbach AD, Amuzie CJ. A Comprehensive Guide to Toxicology in Nonclinical Drug Development. Second Edition. 2017. P. 447-71.

10. Чеснокова НП, Понукалина ЕВ, Бизенкова МН. Молекулярно-клеточные механизмы инактивации свободных радикалов в биологических системах. *Успехи Современного Естествознания*. 2006;7:29-39.

11. Шмехта Х, Порстман Т, Пикарт Х. Определение и экспертное значение изоферментов лактатдегидрогеназы в пятнах спермы. *Судебно-мед. экспертиза*. 1976;3:39-42.

12. Зыблев СЛ, Дундаров ЗА, Грицук АИ, Зыблева СВ. Роль мочевой кислоты в системе антиоксидантной защиты организма. *Проблемы Здоровья и Экологии*. 2016;1:50-5.

#### REFERENCES

1. Ortiz J, Fitzgerald LW, Lane S, Terwilliger R, Nestler EJ. Biochemical adaptations in the mesolimbic dopamine system in response to repeated stress. *Neuropsychopharmacology*. 1996; 14(6):443-52.
2. WDA Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects [ Electronic recourse]. 64th WMA General Assmby, Fortaleza, Brazil, October 2013 Word Medical Association. Ferney-Voltaire. 2015. [cited 2019 July 30]. Available from: <http://wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>.
3. Rebrova OYu. Statisticheskiy analiz meditsinskikh dannykh. Primeneniye paketa prikladnykh programm STATISTICA. Moskva, RF: MediaSfera; 2003. 312 p. (in Russ).
4. Neudakhin EV, Moreno IG. K voprosu o patogeneze ateroskleroza i korrektsii aterogennykh narusheniy u detey. *RMZh*. 2018;9:62-68. (in Russ).
5. Kurashvili LV, Vasil'kov VG. Lipidnyy obmen pri neotlozhnykh sostoyaniyakh. Penza, RF. 2003. 198 p. (in Russ).
6. Solin AV, Serikov VS, Lyashev YuD. Vliyaniye opioidnykh peptidov i melatonina na lipidnyy obmen pri khronicheskom stresse. *Chelovek I Ego Zdorov'e*. 2013;4:42-45. (in Russ).
7. Tseylikman OB. Gepatotropnyye efekty i monoooksigenaznaya sistema pecheni pri khronicheskom stresse. *Chelovek. Sport. Meditsina*. 200;6(3):121-22. (in Russ).
8. Ermolaeva EN, Krivokhizhina LV. Indikatory povrezhdeniya pri fizicheskikh nagruzkakh razlichnoy intensivnosti. *Fundamental'nye Issledovaniya*. 2015;1.Chast' 9:1815-21. (in Russ).
9. Aulbach AD, Amuzie CJ. A Comprehensive Guide to Toxicology in Nonclinical Drug Development. Second Edition. 2017. P. 447-71.
10. Chesnokova NP, Ponukalina EV, Bizenkova MN. Molekulyarno-kletochnye mekhanizmy inaktivatsii svobodnykh radikalov v biologicheskikh sistemakh. *Uspekhi Sovremennogo Estestvoznaniya*. 2006;7:29-39. (in Russ).
11. Shmekhta Kh, Porstman T, Pikart Kh. Opredeleniye i ekspertnoye znachenie izofermentov laktatdegidrogenazy v pyatnakh spermy. *Sudebno-Med. Ekspertiza*. 1976;3:39-42. (in Russ).
12. Zyblev SL, Dundarov ZA, Gritsuk AI, Zybleva SV. Rol' mochevoy kisloty v sisteme antioksidantnoy zashchity organizma. *Problemy Zdorov'ya i Ekologii*. 2016;1:50-5. (in Russ).

#### Адрес для корреспонденции

246000, Республика Беларусь,  
г. Гомель, ул. Ланге, 5,  
УО «Гомельский государственный медицинский университет»,  
Кафедра биологии с курсами нормальной и патологической физиологии,  
тел. моб.: +375 29 3835850,  
e-mail: [kristine@yandex.ru](mailto:kristine@yandex.ru)  
Кидун Кристина Андреевна.

#### Сведения об авторах

Кидун К.А., старший преподаватель кафедры биологии с курсами нормальной и патологической физиологии УО «Гомельский государственный медицинский университет».

Литвиненко А.Н., старший преподаватель кафедры биологии с курсами нормальной и патологической физиологии УО «Гомельский государственный медицинский университет».

Угольник Т.С., к.м.н., доцент кафедры биологии с курсами нормальной и патологической физиологии УО «Гомельский государственный медицинский университет».

Голубых Н.М., научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории УО «Гомельский государственный медицинский университет».

Солодова Е.К., к.б.н., доцент кафедры гистологии цитологии и эмбриологии УО «Гомельский государственный медицинский университет».

**Address for correspondence**

5 Lange Street, 246000,  
Gomel, Republic of Belarus,  
Gomel State Medical University,  
Department of Biology with the courses of Normal and Pathological Physiology Mob.: +375 29 3835850,  
E-mail: [kristine@yandex.ru](mailto:kristine@yandex.ru)  
Kidun Kristina Andreevna.

**Information about authors**

Kidun K.A., senior lecturer of the Department of Biology with the courses of Normal and Pathological Physiology of the EI "Gomel State Medical University".

Litvinenko A.N., senior lecturer of the Department of Biology with the courses of Normal and Pathological Physiology of the EI "Gomel State Medical University".

Ugolnik T.S., PhD, Ass. Professor of the Department of Biology with the courses of Normal and Pathological Physiology of the EI "Gomel State Medical University".

Golubykh N.M., research officer of the Research Laboratory of the EI "Gomel State Medical University".

Solodova E.K., PhD, Ass. Professor, Department of Histology, Cytology and Embriology, EI "Gomel State Medical University".

Поступила 28.10.2019

## ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ И ЗДРАВООХРАНЕНИЕ, ГИГИЕНА

УДК 616.1(476.2) «2001/2017»  
**АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ БОЛЕЗНЯМИ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ТРУДОСПОСОБНОГО ВОЗРАСТА Г. ГОМЕЛЯ ЗА ПЕРИОД С 2002 ПО 2017 ГГ.**

**Я. И. Будник, И. Н. Коляда, Т. М. Шаршакова**

**Учреждение образования  
«Гомельский государственный медицинский университет»  
г. Гомель, Республика Беларусь**

**Цель:** провести анализ заболеваемости болезнями системы кровообращения населения трудоспособного возраста г. Гомеля с 2002 по 2017 гг.

**Материал и методы.** В работе использованы информационные материалы Гомельского областного управления государственной статистики, Министерства здравоохранения Республики Беларусь. Статистический анализ результатов исследования проводился на персональном компьютере с использованием программы «Microsoft Excel», 2016.

**Результаты.** Изучены особенности отклонений в уровнях и структуре заболеваемости болезнями системы кровообращения, регистрируемой в организациях здравоохранения. Установлено, что в последнее десятилетие в г. Гомеле отмечается рост заболеваемости болезнями системы кровообращения у лиц трудоспособного возраста.

**Заключение.** Рост заболеваемости БСК диктует необходимость разработки новых организационных подходов к их профилактике.

**Ключевые слова:** болезни системы кровообращения, первичная заболеваемость, общая заболеваемость, артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца.

**Objective:** to analyze the incidence of circulatory system diseases in the able-bodied population of Gomel over 2002–2017.

**Material and methods.** The information materials of the Gomel Regional Department of National Statistics, Ministry of Health of the Republic of Belarus, were used for the work. The statistical analysis of the study results was performed on a personal computer with the use of the program «Microsoft Excel», 2016.

**Results.** We have studied the features of deviations in the rates and structure of the incidence of circulatory system diseases recorded in the public health institutions. It has been established that over the past decade there has been an increase in the incidence rate of circulatory system diseases in the able-bodied population of Gomel.

**Conclusion.** The increased prevalence of circulatory system diseases calls forth the necessity to develop new organizational approaches to its prophylaxis.

**Key words:** circulatory system diseases, primary incidence, general incidence, arterial hypertension, ischemic heart disease.

**Ya. I. Budnik, I. N. Koliada, T. M. Sharshakova**

**Analysis of the Incidence of Circulatory System Diseases in the Able-Bodied Population of Gomel over 2002–2017**

**Problemy Zdorov'ya i Ekologii. 2019 Oct-Dec; Vol 62 (4): 67-70**