

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научная статья

УДК 616.45-001.1

doi: 10.48612/agmu/2022.17.4.109.116

3.3.6. Фармакология, клиническая фармакология
(медицинские науки)

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКСТРАКТА ТРАВЫ АСТРАГАЛА ЛИСЬЕГО
НА СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПЕЧЕНИ И МИОКАРДЕ
БЕЛЫХ КРЫС В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННОГО СТРЕССА**

*Мариям Утежановна Сергалиева, Александра Александровна Цибизова,
Ольга Александровна Башкина, Марина Александровна Самотруева
Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия

Аннотация. Цель исследования: изучение влияния экстракта травы Астрагала лисьего (*Astragalus vulpinus*) на активность окислительной модификации липидов и белков в тканях печени и миокарда белых крыс в условиях информационного стресса. **Материалы и методы.** Эксперименты проводили на нелинейных крысах-самцах, которых распределяли по группам (n = 10): I – контрольные особи, получавшие в эквиваленте дистиллированную воду; II – крысы с моделью информационного стресса; III – животные, получавшие экстракт Астрагала лисьего внутривенно в дозе 50 мг/кг/сут в течение двух недель и подвергавшиеся воздействию информационного стресса. Информационный стресс моделировали путем формирования пищедобывательного поведения в многоальтернативном лабиринте. После выведения животных из эксперимента отпрепарировали печень и сердце для последующей гомогенизации, экстрагирования тканей и биохимического анализа. Для подтверждения развития стресса определяли массу надпочечников, подсчитывали количество эозинофилов в периферической крови и исследовали слизистую оболочку желудка с целью выявления эрозивно-язвенных образований. Оценку процессов перекисного окисления липидов осуществляли путем спектрофотометрического измерения в гомогенатах ткани печени и миокарда исходного уровня ТБК-реактивных продуктов, скоростей спонтанного и индуцированного аскорбатом и ионами железа перекисного окисления липидов. При определении степени перекисного окисления белков в гомогенатах ткани печени и миокарда применяли метод, основанный на реакции взаимодействия окисленных аминокислотных остатков белков с 2,4-динитрофенилгидразом. О состоянии антиоксидантной защиты судили по активности в исследуемых тканях органов фермента каталазы. **Результаты.** В ходе исследования было выявлено, что информационная нагрузка сопровождается активацией процессов свободнорадикального окисления, что проявляется в повышении концентрации продуктов данного процесса и уровня активности каталазы. Анализ воздействия экстракта Астрагала лисьего в дозе 50 мг/кг на свободнорадикальные процессы в ткани печени и миокарда в условиях информационного стресса показал наличие выраженных стресс-протекторных и антиоксидантных свойств у данного экстракта, характеризующихся изменением интенсивности процессов перекисного окисления липидов и белков, а также восстановлением уровня активности каталазы в изучаемых тканях. **Заключение.** По результатам биохимических исследований установлено, что применение экстракта травы Астрагала лисьего в условиях информационного стресса вызывает его выраженные стресс-протекторные, антиоксидантные и антирадикальные свойства в отношении параметров липидной перекисидации и окислительной модификации белков, а также каталазной активности в ткани печени и миокарда белых крыс.

Ключевые слова: стресс, информационный стресс, Астрагал лисий, перекисное окисление липидов, перекисное окисление белков

Для цитирования: Сергалиева М. У., Цибизова А. А., Башкина О. А., Самотруева М. А. Изучение влияния экстракта травы Астрагала лисьего на свободнорадикальные процессы в печени и миокарде белых крыс в условиях информационного стресса // Астраханский медицинский журнал. 2022. Т. 17, № 4. С. 109–116. doi: 10.48612/agmu/2022.17.4.109.116.

Original article

STUDY OF THE EFFECT OF ASTRAGALUS VULPINUS HERB EXTRACT ON FREE RADICAL PROCESSES IN THE LIVER AND MYOCARDIUM OF WHITE RATS UNDER INFORMATION STRESS

Mariyam U. Sergalieva, Aleksandra A. Tsibizova, Olga A. Bashkina, Marina A. Samotrueva
Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia

Abstract. The study aimed to study the effect of the extract of the herb *Astragalus vulpinus* on the activity of oxidative modification of lipids and proteins in the liver and myocardium tissues of white rats under information stress. **Materials and methods.** The experiments were carried out on nonlinear male rats, which were divided into groups (n = 10): I – control individuals receiving distilled water in equi-volume; II – rats with an information stress model; III – animals receiving *Astragalus vulpinus* extract intragastrically at a dose of 50 mg/kg/day for two weeks and exposed to information stress. Information stress was modelled by forming food-producing behaviour in a multi-alternative maze. After the animals were removed from the experiment, the liver and heart were prepared for subsequent homogenization, tissue extraction and biochemical analysis. To confirm the development of stress, the mass of the adrenal glands was determined, the number of eosinophils in the peripheral blood was calculated and the gastric mucosa was examined to identify erosive and ulcerative formations. The assessment of lipid peroxidation processes was carried out by spectrophotometric measurement of the initial level of TBA-reactive products in liver and myocardial tissue homogenates, the rates of spontaneous and ascorbate- and iron-ion-induced lipid peroxidation. When determining the degree of protein peroxidation in liver and myocardial tissue homogenates, a method based on the reaction of the interaction of oxidized amino acid residues of proteins with 2,4-dinitrophenylhydrazine was used. The state of antioxidant protection was judged by the activity of the catalase enzyme in the studied organ tissues. **Results.** During the study, it was revealed that the information load is accompanied by the activation of free radical oxidation processes, which is manifested by an increase in the concentration of products of this process and the level of catalase activity. Analysis of the effect of fox *Astragalus* extract at a dose of 50 mg/kg on free radical processes in the liver and myocardial tissue under conditions of informational stress showed the presence of pronounced stress-protective and antioxidant properties of this extract, characterized by a change in the intensity of lipid and protein peroxidation processes, as well as the restoration of the level of catalase activity in the studied tissues. **Conclusion.** According to the results of biochemical studies, it was found that the use of *Astragalus vulpinus* herb extract under conditions of informational stress causes its pronounced stress-protective, antioxidant and antiradical properties for the parameters of lipid peroxidation and oxidative modification of proteins, as well as catalase activity in the liver and myocardium tissue of white rats.

Keywords: stress, informational stress, *Astragalus vulpinus*, lipid peroxidation, protein peroxidation

For citation: Sergalieva M. U., Tsibizova A. A., Bashkina O. A., Samotrueva M. A. Study of the effect of *Astragalus vulpinus* herb extract on free radical processes in the liver and myocardium of white rats under information stress. *Astrakhan Medical Journal*. 2022; 17 (4): 109–116. doi: 10.48612/agmu/2022.17.4.109.116. (In Russ.).

Введение. В многочисленных исследованиях установлено, что воздействие стрессоров различной природы на физиологические системы организма (нервную, эндокринную, иммунную, антиоксидантную и др.) вызывает развитие целого ряда патологических состояний и хронических заболеваний. Показано, что интенсивная реакция на стресс приводит к образованию активных форм кислорода (перекиси водорода, гидроксильного и супероксидного анионного радикалов), которые вызывают перекисное окисление липидов (ПОЛ) в мембранах и играют важную роль в повреждении тканей [1]. Повышается интерес отечественных и зарубежных исследователей к проблеме изучения свободнорадикальных процессов в живых системах, так как они вовлекаются во многие патологические состояния. Кроме того, еще одним немаловажным направлением является изучение окислительной модификации молекул белков, нарушение которой может привести к токсической гибели клеток, ДНК и, как следствие, к мутациям [2, 3]. Таким образом, вышеизложенное свидетельствует о важности места окислительной модификации липидов и белков в генезе многих патологических состояний, связанных, в первую очередь, со свободно-радикальными повреждениями [4, 5, 6].

В связи с этим встает вопрос о поиске средств коррекции стресс-индуцированных нарушений. В настоящее время активно исследуются средства природного происхождения, характеризующиеся уникальным химическим составом биологически активных веществ (БАВ), малой токсичностью, отсутствием нежелательных побочных реакций, широким спектром фармакологической активности. Наше внимание привлек Астрагал лисий (*Astragalus vulpinus Willd.*) – представитель рода Астрагал (*Astragalus*), произрастающий в Астраханской области. Как показали ранее проведенные исследования, Астрагал лисий содержит комплекс БАВ (в частности флавоноиды, сапонины, полисахариды, органические кислоты, дубильные вещества [7, 8]), отвечающий за политропность его фармакологической активности.

Цель: изучить влияние экстракта травы Астрагала лисьего на активность окислительной модификации липидов и белков в тканях печени и миокарда белых крыс в условиях информационного стресса.

Материалы и методы исследования. Эксперименты проводили на нелинейных крысах-самцах 6–8-месячного возраста, массой 210–220 г, в соответствии с ГОСТ 33215-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными» и требованиями Директивы Европейского Парламента и Совета Европейского Союза по охране животных, используемых в научных целях (2010/63/EU). Лабораторных животных распределяли по следующим экспериментальным группам ($n = 10$): I – контрольные особи, получавшие в эквиваленте дистиллированную воду; II – крысы с моделью информационного стресса (ИС); III – животные, получавшие экстракт Астрагала лисьего (ЭАЛ) внутривентрикулярно (с помощью зонда) в дозе 50 мг/кг/сут в течение двух недель и подвергавшиеся воздействию ИС. В работе применяли водно-этанольный ЭАЛ, полученный путем настаивания на водяной бане при температуре 60° С в течение 2 часов с последующей отгонкой спирта на ротационном испарителе «Hei-VAP Value G3» («Heidolph», Германия).

Модель ИС реализовали путем формирования пищедобывательного поведения в многоальтернативном лабиринте, структуру которого меняли каждый день с целью усложнения поставленной перед животными задачи. После выведения крыс из эксперимента отпрепарировали печень и сердце для последующей гомогенизации, экстрагирования тканей и биохимического анализа.

Для подтверждения развития стресса определяли массу надпочечников, подсчитывали количество эозинофилов в периферической крови и исследовали слизистую оболочку желудка с целью выявления эрозивно-язвенных образований.

Оценку процессов ПОЛ осуществляли путем спектрофотометрического измерения в гомогенатах ткани печени и миокарда исходного уровня ТБК-реактивных продуктов (комплекс продуктов ПОЛ с 2-тиобарбитуровой кислотой), скоростей спонтанного и индуцированного аскорбатом и ионами железа ПОЛ, при длине волны 532 нм. Метод основан на определении малонового диальдегида, образующего розовый триметиновый комплекс при взаимодействии с ТБК [9].

При определении степени перекисного окисления белков (ПОБ) в гомогенатах ткани печени и миокарда применяли модифицированную методику, принцип которой основан на реакции взаимодействия окисленных аминокислотных остатков белков с 2,4-динитрофенилгидразоном (2-ДФГ), продукты взаимодействия которых определяли в белковом осадке в растворе мочевины. При $\lambda = 270$ нм регистрировали первичные продукты – альдегидфенилгидразоны (АФГ); при $\lambda = 363$ нм и 370 нм – кетонфенилгидразоны (КФГ) [10].

О состоянии антиоксидантной защиты организма судили по активности ключевого фермента – каталазы, определение которой проводили спектрофотометрическим методом ($\lambda = 410$ нм), основанном на способности перекиси водорода образовывать с солями молибдена стойкий окрашенный комплекс [11]. Все измерения регистрировали на спектрофотометре ПЭ-5400В («Экросхим» Россия).

Экспериментальные данные обрабатывали статистически при помощи программы «BIOSTAT 2008 Professional 5.8.4.3» с вычислением средней арифметической, ошибки средней и использованием t-критерия Стьюдента. Изменения показателей считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. В ходе исследования было выявлено, что ИС сопровождался развитием классических стрессорных изменений внутренних органов, характерных для «триады Селье»: увеличение массы надпочечников на 48 % ($p < 0,05$), степени выраженности эрозивно-язвенного поражения слизистой оболочки желудка в 4,5 раза ($p < 0,001$) и снижение количества эозинофилов на 54 % по сравнению с показателями у контрольных крыс ($p < 0,01$) (рис. 1).

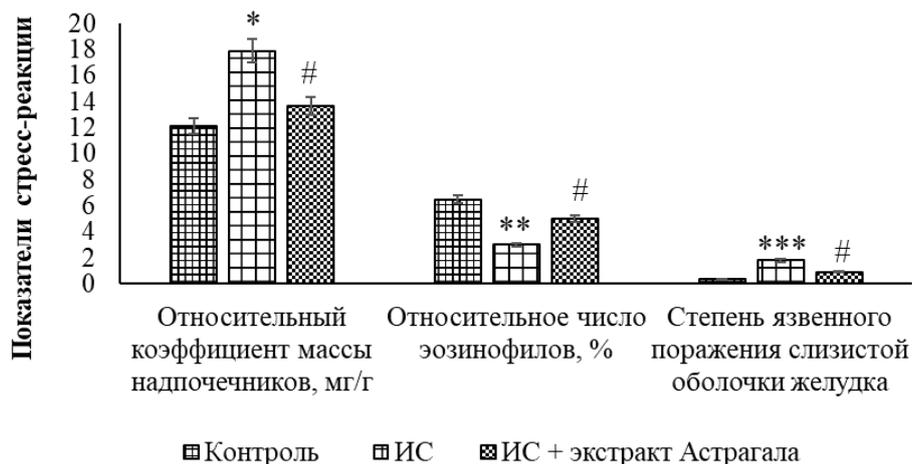


Рис. 1. Влияние ЭАЛ на показатели «стрессорной триады» в условиях ИС
Fig. 1. Influence of the extract of the herb Astragalus fox on the indicators of the “stress triad” in conditions of information stress

*Примечание: здесь и далее * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ – относительно контроля; # – $p < 0,05$; ## – $p < 0,01$; ### – $p < 0,001$ – относительно стресса*
*Note: hereinafter * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ - relative to the control; # – $p < 0,05$; ## – $p < 0,01$; ### – $p < 0,001$ – relative to stress*

Курсовое введение ЭАЛ в условиях ИС приводило к снижению относительного коэффициента массы надпочечников на 23 %, степени эрозивного поражения слизистой желудка – на 50 %, а также к повышению уровня эозинофилов в крови на 66 % по отношению к стрессированным животным ($p < 0,05$) (рис. 1).

Стресс-факторы различной природы оказывают окислительное повреждение нуклеиновых кислот, липидов, белков и др., являющихся структурной основой всех живых организмов, что приводит к нарушению обмена веществ и энергии, накоплению активных повреждающих агентов (свободных радикалов, прооксидантов и т.п.) на различных уровнях их организации и как следствие, к развитию различных патологических состояний. Изменение содержания продуктов ПОЛ и уровня активности каталазы в ткани печени лабораторных крыс под влиянием ЭАЛ приведены на рисунке 2.

Установлено, что информационная нагрузка сопровождалась активацией процессов окислительной пероксидации в ткани печени, в частности увеличением уровня ТБК-реактивных продуктов на 49 % ($p < 0,05$), скорости спонтанного ПОЛ – на 30 % ($p < 0,05$), скорости аскорбатзависимого ПОЛ – на 57 % ($p < 0,01$) и уровня активности каталазы – на 62 % ($p < 0,05$) относительно группы «контроль».

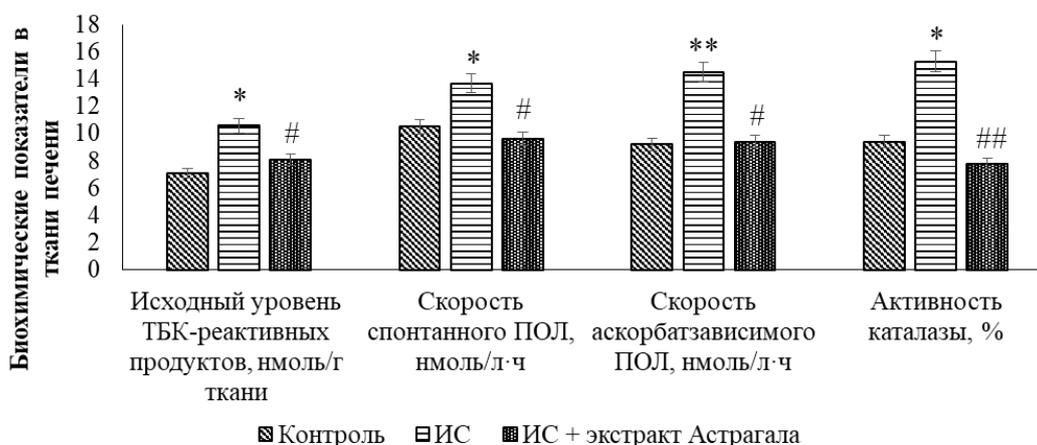


Рис. 2. Влияние ЭАЛ на показатели ПОЛ и уровень активности каталазы в печени белых крыс-самцов в условиях ИС

Fig. 2. Influence of Astragalus foci herb extract on lipid peroxidation parameters and the level of catalase activity in the liver of white male rats under conditions of informational stress

ЭАЛ в условиях ИС привел к статистически значимому снижению уровня ТБК-реактивных продуктов на 24 % ($p < 0,05$), скорости спонтанного ПОЛ – на 30 % ($p < 0,05$), скорости аскорбатзависимого ПОЛ – на 35 % ($p < 0,05$) и уровня активности каталазы – на 49 % ($p < 0,01$) в ткани печени по сравнению со стрессированными животными (рис. 2).

Выяснено, что белки присутствуют и выполняют специфические функции во всех тканях и органах, и именно – их модификация может выступать надежным индикатором патологических процессов как на местном, так и общеорганизменном уровне.

При оценке результатов, полученных в ходе исследования, было обнаружено увеличение интенсивности ПОБ в ткани печени у стрессированных особей по сравнению с контрольными животными (рис. 3). Так, наблюдалось повышение производных АФГ в 2 раза и КФГ – на 60 % ($p < 0,05$).

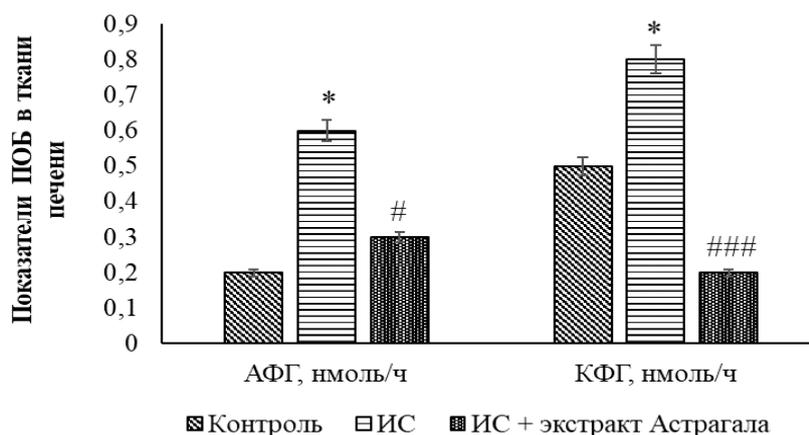


Рис. 3. Влияние ЭАЛ на показатели окислительной модификации белков в печени белых крыс-самцов в условиях ИС

Fig. 3. Influence of the extract of the herb *Astragalus fox* on the parameters of oxidative modification of proteins in the liver of white male rats under conditions of informational stress

ЭАЛ в условиях ИС привел к уменьшению продуктов ПОБ: АФГ – на 50 % ($p < 0,05$) и КФГ – на 75 % ($p < 0,001$) относительно группы «стресс» (рис. 3).

Как видно на рисунке 4, биохимические показатели в ткани миокарда в условиях информационной нагрузки увеличивались: скорость спонтанного ПОЛ на 25 % ($p > 0,05$); уровень ТБК-реактивных продуктов, скорость аскорбатзависимого ПОЛ и уровень каталазы – в среднем на 33 % ($p < 0,05$) относительно крыс из группы контроля.

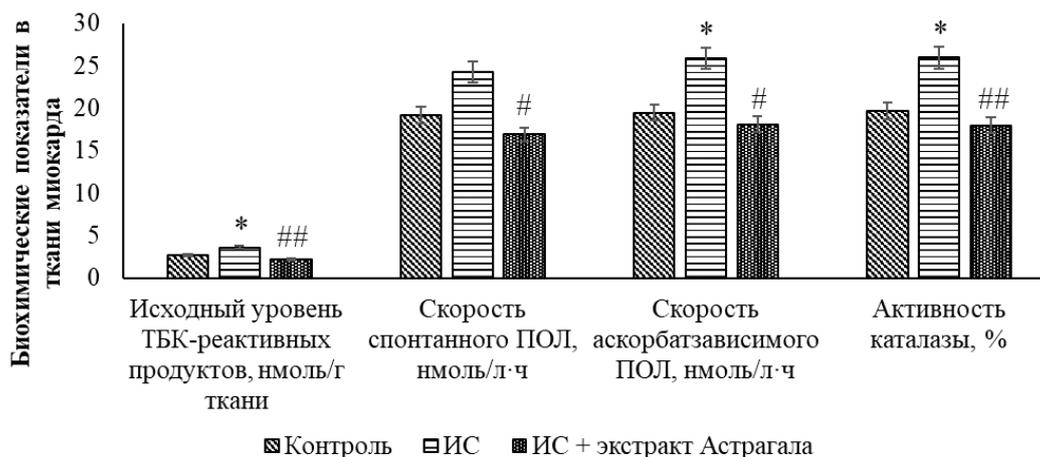


Рис. 4. Влияние ЭАЛ на показатели ПОЛ и уровень активности каталазы в миокарде белых крыс-самцов в условиях ИС

Fig. 4. Influence of *Astragalus fox* herb extract on lipid peroxidation indices and the level of catalase activity in the myocardium of white male rats under conditions of informational stress

При введении ЭАЛ в условиях ИС наблюдалось снижение показателей процессов ПОЛ. Так, уровень ТБК-реактивных продуктов уменьшился на 39 % ($p < 0,01$), скорости спонтанного и аскорбатзависимого ПОЛ – в среднем на 30 % ($p < 0,05$), а также уровень каталазы – на 31 % ($p < 0,01$) по сравнению с группой «стресс» (рис. 4).

Выявлено, что ИС вызывает выраженные изменения ПОБ в ткани миокарда. Так, показатели окислительной модификации белков АФГ и КФГ увеличились на 98 % и 54 % ($p < 0,01$), соответственно, относительно контрольных особей (рис. 5).

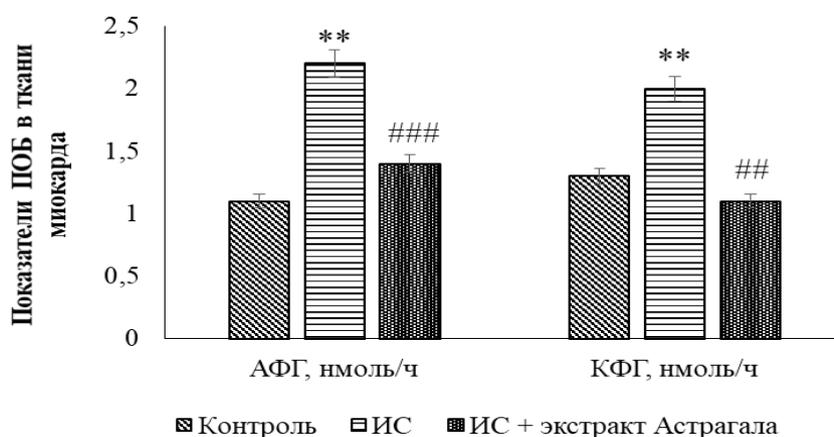


Рис. 5. Влияние ЭАЛ на показатели окислительной модификации белков в миокарде белых крыс-самцов в условиях ИС

Fig. 5. Influence of fox Astragalus herb extract on indicators of oxidative modification of proteins in the myocardium of white male rats under conditions of information stress

Применение ЭАЛ на фоне информационной нагрузки сопровождалось снижением показателей окислительной модификации белков: АФГ – на 36 % ($p < 0,001$), КФГ – на 45 % ($p < 0,01$) по сравнению со стрессированными крысами (рис. 5).

Обсуждение. Как известно, активация свободнорадикальных процессов составляет общее звено стрессорных повреждений. В исследованиях последних лет показано, что при действии на организм стресс-факторов разной природы происходит усиление свободнорадикальных процессов, что, в конечном итоге, приводит к напряжению и последующей декомпенсации механизмов антиоксидантной защиты [1, 2]. В данном исследовании информационная нагрузка привела к выраженному увеличению уровня перекисной деструкции белков в тканях печени и миокарда лабораторных животных, что согласуется с данными о том, что радикальной атаке при стрессе, в первую очередь, подвергаются клеточные белки [4, 12]. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в условиях ИС отмечается активация процессов свободнорадикального окисления, что проявляется в повышении концентрации продуктов данного процесса и уровня активности каталазы.

Анализ воздействия ЭАЛ на свободнорадикальные процессы в ткани печени и миокарда в условиях ИС показал наличие выраженных антиоксидантных свойств изучаемого экстракта, характеризующихся изменением интенсивности процессов ПОЛ, ПОБ и восстановлением уровня активности каталазы в изучаемых тканях. Полученные результаты показали, что введение ЭАЛ в дозе 50 мг/кг привело к выраженному стресс-протекторному действию на содержание продуктов ПОЛ и ПОБ в тканях исследуемых органов лабораторных животных. Вероятно, входящие в состав ЭАЛ молекулы флавоноидов и сапонинов выступают в роли «ловушек» свободных радикалов, уменьшая токсическое действие радикальных частиц, что приводит к снижению продуктов липидной (ТБК-реактивные продукты, спонтанное и аскорбатзависимое ПОЛ) и белковой пероксидации (АФГ, КФГ).

Заключение. Применение экстракта травы Астрагала лисьего (*Astragalus vulpinus*) в условиях информационного стресса вызывает его выраженные стресс-протекторные, антиоксидантные и антирадикальные свойства в отношении параметров липидной пероксидации и окислительной модификации белков, а также каталазной активности в ткани печени и миокарда белых крыс.

Раскрытие информации. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Вклад авторов. Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи.

Authors' contribution. The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Источник финансирования. Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

Funding source. The authors declare that there is no external funding for the exploration and analysis work.

Список источников

1. Кузник Б. И., Чалисова Н. И., Цыбиков Н. Н., Линькова Н. С., Давыдов С. О. Стресс, старение и единая гуморальная защитная система организма. Эпигенетические механизмы регуляции // *Успехи физиологических наук*. 2020. Т. 51, № 3. С. 51–68. doi: 10.31857/S030117982002006X.
2. Kolesnikova L. I., Kolesnikova L. R., Darenskaya M. A., Natyaganova L. V., Grebenkina L. A., Korytov L. I., Kolesnikov S. I. Comparison of Reactivity of the Lipid Peroxidation-Antioxidant Defense System in Normal and Hypertensive Rats at Different Stages of Stress-Reaction // *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2019 Vol. 166, no. 5. P. 613–616. doi: 10.1007/s10517-019-04403-5.
3. Матвеева Е. Л., Спиркина Е. С., Талашова И. А. Биохимические показатели перекисного окисления липидов и окислительной модификации белков в синовиальной жидкости пациентов с эндопротезированием коленного сустава // *Успехи современного естествознания*. 2015. № 6. С. 39–42.
4. Zhang P. Y., Xu X., Li X. C. Cardiovascular diseases : oxidative damage and antioxidant protection // *European review for medical and pharmacological sciences*. 2014. Vol. 18, no. 20. P. 3091–3096.
5. Ramana K. V., Srivastava S., Singhal S. S. Lipid Peroxidation Products in Human Health and Disease 2016 // *Oxidative medicine and cellular longevity*. 2017. Vol. 2017. P. 2163285. doi: 10.1155/2017/2163285.
6. Gebicki J. M. Oxidative stress, free radicals and protein peroxides // *Archives of biochemistry and biophysics*. 2016. Vol. 595. P. 33–39. doi: 10.1016/j.abb.2015.10.021.
7. Сергалиева М. У., Барскова Н. А. Астрагал лисий (*Astragalus vulpinus* Willd.) – источник биологически активных веществ // *Астраханский медицинский журнал*. 2017. Т. 12, № 1. С. 56–63.
8. Самотруева М. А., Цибилова А. А., Сергалиева М. У. Изучение влияния экстракта *Astragalus vulpinus* на процессы перекисного окисления липидов в гипоталамической области на модели липополисахаридного иммунного стресса // *Сибирский научный медицинский журнал*. 2021. Т. 41, № 5. С. 47–52. doi: 10.18699/SSMJ20210506.
9. Богачева Е. В., Алабовский В. В., Перов С. Ю. Определение концентрации малонового диальдегида в сыворотке крыс, облученных электромагнитным полем метрового диапазона // *Известия Саратовского университета. Новая серия* : Химия. Биология. Экология. 2016. № 1. С. 70–74
10. Хужахметова Л. К., Тёплый Д. Л. Особенности окислительной модификации белков при стрессогенном воздействии и фармакологической коррекции у половозрелых и старых крыс // *Естественные науки*. 2015. Т. 3, № 52. С. 84–89.
11. Королук М. А., Иванова Л. И., Майрова И. Г., Токарев В. Е. Метод определения активности каталазы // *Лабораторное дело*. 1988. № 1. С. 16–19.
12. Лысенко В. И. Оксидативный стресс как неспецифический фактор патогенеза органических повреждений (обзор литературы и собственных исследований) // *Медицина неотложных состояний*. 2020. Т. 16, № 1. С. 24–35. doi: 10.22141/2224-0586.16.1.2020.196926

References

1. Kuznik B. I., Chalisova N. I., Tsybikov N. N., Linkova N.S., Davydov S. O. Stress, aging and the unified humoral defense system of the body. Epigenetic mechanisms of regulation. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk = Successes of physiological sciences*. 2020; 51 (3): 51–68. doi: 10.31857/S030117982002006X. (In Russ.).
2. Kolesnikova L. I., Kolesnikova L. R., Darenskaya M. A., Natyaganova L. V., Grebenkina L. A., Korytov L. I., Kolesnikov S. I. Comparison of Reactivity of the Lipid Peroxidation-Antioxidant Defense System in Normal and Hypertensive Rats at Different Stages of Stress-Reaction. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2019; 166 (5): 613–616. doi: 10.1007/s10517-019-04403-5.
3. Matveeva E. L., Spirkina E. S., Talashova I. A. Biochemical parameters of lipid peroxidation and oxidative modification of proteins in the synovial fluid of patients with knee arthroplasty. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Successes of modern natural science*. 2015; (6): 39–42. (In Russ.).
4. Zhang P. Y., Xu X., Li X.C. Cardiovascular diseases: oxidative damage and antioxidant protection // *European review for medical and pharmacological sciences*. 2014; 18 (20): 3091–3096.
5. Ramana K. V., Srivastava S., Singhal S. S. Lipid Peroxidation Products in Human Health and Disease 2016. *Oxidative medicine and cellular longevity*. 2017; 2017: 2163285. doi: 10.1155/2017/2163285.

6. Gebicki J. M. Oxidative stress, free radicals and protein peroxides. Archives of biochemistry and biophysics. 2016; 595: 33–39. doi: 10.1016/J.abb.2015.10.021.
7. Sergalieva M. U., Barskova N. A. Astragalus lissii (Astragalus vulpinus Willd.) – a source of biologically active substances. Astrakhanskiy meditsinskiy zhurnal = Astrakhan Medical Journal. 2017; 12 (1): 56–63. (In Russ.).
8. Samotrueva M. A., Tsibizova A. A., Sergalieva M. U. Study of the effect of Astragalus vulpinus extract on the processes of lipid peroxidation in the hypothalamic region on the model of lipopolysaccharide immune stress. Sibirskiy nauchnyy meditsinskiy zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal. 2021; 41 (5): 47–52. doi: 10.18699/SSMJ20210506. (In Russ.).
9. Bogacheva E. V., Alabovsky V. V., Perov S. Yu. Determination of the concentration of malondialdehyde in the serum of rats irradiated with an electromagnetic field of the meter range. Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya Khimiya. Biologiya. Ekologiya = News of Saratov University. A new series. Chemistry series. Biology. Ecology. 2016; (1): 70–74. (In Russ.).
10. Khuzhakhmetova L. K., Teply D. L. Features of oxidative modification of proteins under stress and pharmacological correction in mature and old rats. Estestvennye nauki = Natural Sciences. 2015; 3 (52): 84–89. (In Russ.).
11. Korolyuk M. A., Ivanova L. I., Mayrova I. G., Tokarev V. E. Method for determining catalase activity. Laboratornoe delo = Laboratory business. 1988; (1): 16–19. (In Russ.).
12. Lysenko V. I. Oxidative stress as a non-specific factor in the pathogenesis of organ damage (review of literature and own research). Meditsina neotlozhnykh sostoyaniy = Medicine of emergency conditions. 2020; 16 (1): 24–35. doi: 10.22141/2224-0586.16.1.2020.196926. (In Russ.).

Информация об авторах

М.У. Сергалиева, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры фармакогнозии, фармацевтической технологии и биотехнологии, Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия, e-mail: charlina_ast@mail.ru.

А.А. Цибизова, кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармакогнозии, фармацевтической технологии и биотехнологии, Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия, e-mail: sasha3633@yandex.ru.

О.А. Башкина, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой факультетской педиатрии, Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия, e-mail: bashkina1@mail.ru.

М.А. Самотруева, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой фармакогнозии, фармацевтической технологии и биотехнологии, Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия, e-mail: ms1506@mail.ru.

Information about the authors

M.U. Sergalieva, Cand. Sci. (Biol.), Senior teacher of the Department, Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia, e-mail: charlina_ast@mail.ru.

A.A. Tsibizova, Cand. Sci. (Pharm.), Associate Professor of Department, Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia, e-mail: sasha3633@yandex.ru.

O.A. Bashkina, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Department, Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia, e-mail: bashkina1@mail.ru.

M.A. Samotrueva, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Department, Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia, e-mail: ms1506@mail.ru.*

* Статья поступила в редакцию 21.06.2022; одобрена после рецензирования 08.11.2022; принята к публикации 16.12.2022.

The article was submitted 21.06.2022; approved after reviewing 08.11.2022; accepted for publication 16.12.2022.