

УДК 615.1:582.738

**ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТА *ASTRAGALUS PHYSODES* L. НА
ИНТЕНСИВНОСТЬ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ
ПРОЦЕССОВ В ГИПОТАЛАМИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ БЕЛЫХ КРЫС НА
МОДЕЛИ «СОЦИАЛЬНОГО» СТРЕССА**

*Мурталиева В. Х., Сергалиева М. У., Цибизова А. А., Башкина О. А.,
Самотруева М. А.*

*ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава
России, Астрахань, Россия
E-mail: charlina_astr@mail.ru*

В статье представлены результаты по изучению воздействия экстракта Астрагала вздутого (*Astragalus physodes* L.) на интенсивность окислительно-восстановительных процессов в гипоталамической области белых крыс в условиях «социального» стресса. Эксперименты выполнены на нелинейных крысах-самцах 6–8-месячного возраста, которые были разделены на группы: 1) контрольная группа образована интактными крысами; 2) стрессированные животные (жертвы/агрессоры); 3) стрессированные особи, которым внутривенно вводили экстракт Астрагала вздутого (50 мг/кг/сут) в течение 14 дней (жертвы/агрессоры), начиная с 21 дня эксперимента. «Социальный» стресс воспроизводился путем помещения животных попарно в клетку с прозрачной перегородкой, в результате чего крысы были разделены на агрессоров и жертв. Установлено, что экстракт Астрагала вздутого (*Astragalus physodes* L.) оказывает влияние на интенсивность окислительно-восстановительных процессов липидов и белков в гипоталамической области головного мозга крыс-самцов в условиях «социального» стресса, проявляя выраженную антиоксидантную активность.

Ключевые слова: «социальный» стресс, экстракт *Astragalus physodes* L., перекисное окисление липидов, перекисное окисление белков, антиоксидантная активность.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время изучение влияния стрессовых факторов на состояние функциональных систем является актуальной проблемой. Исследованиями последних лет установлено, что наиболее уязвимой является антиоксидантная система [1, 2]. Известно, что сбалансированность прооксидантных и антиоксидантных процессов обеспечивает постоянство внутренней среды организма, поддерживая тем самым оптимальные условия для развития нормальных физиологических и биохимических процессов [3–5]. В свою очередь, нарушение баланса, его замедление или ускорение, является основой молекулярного механизма структурного повреждения биологических тканей, и выступает в качестве ведущего звена патогенеза различных патологических состояний организма, требующих их своевременной коррекции лекарственными препаратами [6–9].

На сегодняшний день в качестве источников эффективных корректоров стрессопосредованных нарушений активно изучаются препараты растительного происхождения. Особое внимание привлекают фитопрепараты, полученные на основе растений рода Астрагал (*Astragalus*), обладающие разносторонней фармакологической активностью [10, 11]. Перспективным представителем данного рода является Астрагал вздутый (*Astragalus physodes* L.), произрастающий в Астраханской области. Проведенные исследования выявили наличие в надземной части *Astragalus physodes* биологически активных веществ, основными из которых являются флавоноиды (1,2 %), органические (7,6 %) и гидроксикоричные (0,57 %) кислоты, которые обеспечивают антидепрессивную, антистрессорную, иммунокорректирующую и другие виды активности [10].

Цель исследования: изучение влияния экстракта травы *Astragalus physodes* L. на интенсивность процессов перекисного окисления липидов и белков в гипоталамической области головного мозга белых крыс на модели «социального» стресса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводили на белых нелинейных крысах-самцах 6–8-месячного возраста. Все манипуляции производили, опираясь на основные положения Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых в экспериментах и в других научных целях и заключение локального этического комитета Астраханского государственного медицинского университета (протокол № 6 от 27 ноября 2018 г.).

Модель «социального» стресса (сенсорный контакт), воспроизводили путем помещения животных попарно в клетку с прозрачной перегородкой, в результате чего крысы были разделены на агрессоров и жертв. Перегородку каждый день убирали и наблюдали за межсамцовыми конфронтациями в течение 10 минут и оценивали поведение животных: активное и пассивное сопротивление агрессору, позы выжидания, груминг, рыхление носом подстилки.

Эксперименты проводили в течение 20 дней, так как это наименьший срок в течение которого формируются стойкие психоэмоциональные изменения, после чего все животные были разделены на несколько групп (n=10): 1) контрольная группа образована интактными крысами; 2) стрессированные животные (жертвы/агрессоры); 3) стрессированные особи, которым внутривенно вводили экстракт Астрагала вздутого (50 мг/кг/сут) в течение 14 дней (жертвы/агрессоры), начиная с 21 дня эксперимента. Так как действие растительных экстрактов развивается после кумуляции и к концу второй недели развивается стойкий фармакологический эффект был выбран 14-дневный курс введения. Доза экстракта 50 мг/кг/сут выбрана после проведенного исследования зависимости ожидаемого эффекта от дозы; данная доза выбрана как наименьшая эффективная. В 14 дневный период стрессирование прекращалось во всех группах животных.

Для подтверждения наличия психотропных свойств у экстракта травы Астрагала вздутого, была сформирована группа животных, получавших изучаемый экстракт в «фоновых» условиях. При изучении влияния экстракта травы Астрагала

вздутого на поведение животных в тестах «Открытое поле», «Порсолт» и «Приподнятый крестообразный лабиринт» выраженных изменений выявлено не было, что свидетельствует об отсутствии влияния изучаемого фитосредства на психоэмоциональное состояние организма в условиях отсутствия стрессирующего воздействия.

Экстракт Астрагала вздутого получен в соотношении 1:1 путем настаивания наводяной бане травы с водно-спиртовым раствором 60 % концентрации с последующим отгоном экстрагента с использованием роторного испарителя Nei-VAPValueG3 (Германия). Оценку процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) осуществляли путем спектрофотометрического измерения в гомогенате ткани гипоталамической области уровня малонового диальдегида (МДА), скоростей спонтанного и индуцированного аскорбатом и ионами железа ПОЛ при длине волны 532 нм. Метод основан на определении МДА, образующего розовый триметиновый комплекс при взаимодействии с 2-тиобарбитуровой кислотой [12].

При определении степени перекисного окисления белков (ПОБ) в ткани гипоталамической области применяли модифицированную методику, основанной 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) [13].

О состоянии антиоксидантной защиты организма судили по активности ключевого фермента – каталазы, определение которой проводили спектрофотометрическим методом ($\lambda=410$ нм), основанным на способности перекиси водорода образовывать с солями молибдена стойкий окрашенный комплекс [14]. Все измерения регистрировали на спектрофотометре ПЭ-5400В (Россия).

Статистическую обработку данных осуществляли при помощи пакета программы «Statistica 6.0» с учетом критерия Манна-Уитни. Различия между группами признавались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты изучения воздействия Астрагала вздутого на интенсивность процессов ПОЛ в гипоталамической области головного мозга крыс в условиях «социального» стресса представлены на рисунке 1.

Моделирование «социального» стресса привело к увеличению продуктов перекисного окисления в гипоталамической области головного мозга крыс в сравнении с контролем, а именно повышению уровня МДА более чем на 40 % ($p < 0,05$) в группе животных-агрессоров и на 50 % ($p < 0,01$) в группе животных-жертв; скорость спонтанного ПОЛ у агрессоров увеличилась более чем в 2 раза ($p < 0,01$), у жертв – в 1,5 раз ($p < 0,05$), скорость аскорбатзависимого на 40 % ($p < 0,01$) и 30 % ($p < 0,05$) соответственно по отношению к контрольной группе животных.

Применение экстракта Астрагала вздутого в условиях «социального» стресса привело к снижению в гомогенате ткани гипоталамуса МДА, скорости спонтанного

и аскорбатзависимого ПОЛ, а также активности каталазы. Содержание МДА снижалось у агрессоров почти на 20 % ($p>0,05$) и у жертв – на 25 % ($p<0,05$), скорость спонтанного ПОЛ на 35 % ($p<0,01$) и более чем на 20 % ($p>0,05$), скорость аскорбатзависимого ПОЛ почти на 30 % ($p<0,05$) у агрессоров и жертв в сравнении с группой «социальный» стресс. Активность каталазы под воздействием экстракта Астралага вздутого снизилась в среднем на 20 % ($p>0,05$) по сравнению с группой животных, подверженных стрессу

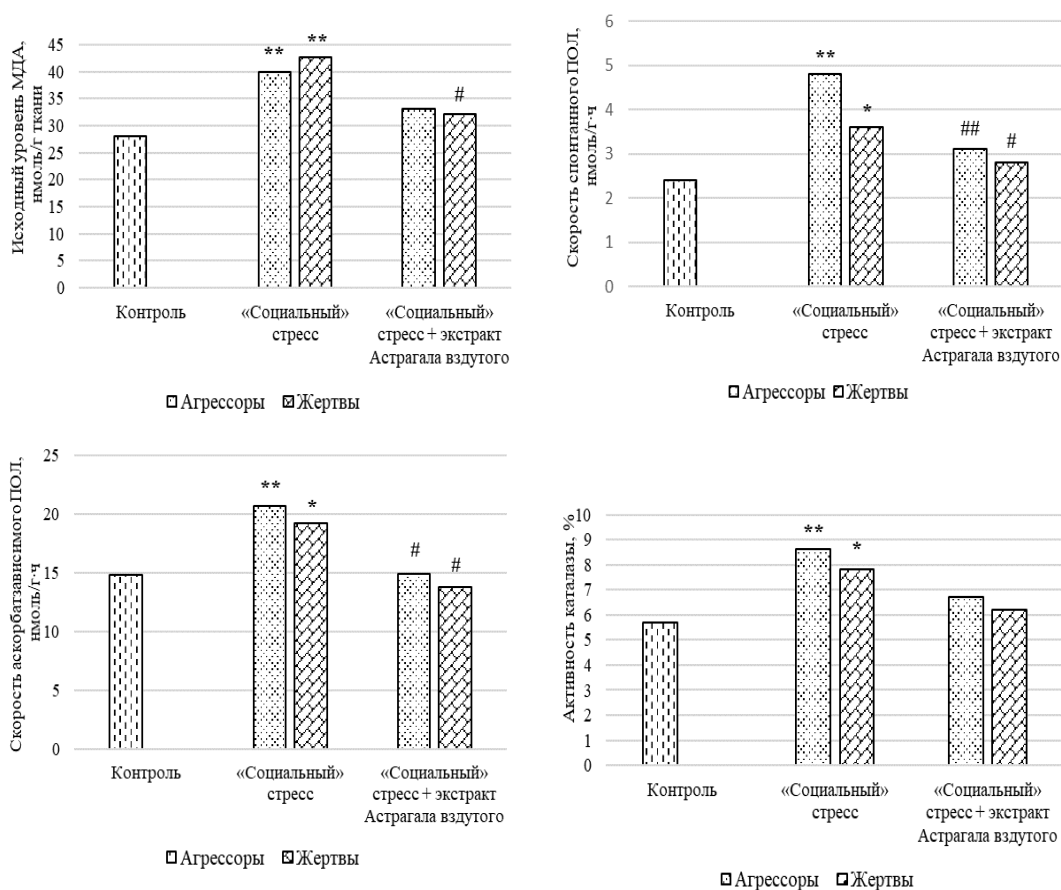


Рис. 1. Влияние экстракта Астралага вздутого на показатели ПОЛ и уровень активности каталазы в гипоталамической области головного мозга крыс в условиях «социального» стресса

Примечание: * – $p<0,05$; ** – $p<0,01$ – относительно контроля; # – $p<0,05$; ## – $p<0,01$ – относительно стресса.

Наряду с усилением выраженности процессов пероксидации на фоне «социального» стресса наблюдается увеличение активности каталазы в гипоталамической области на 50 % ($p<0,01$) у животных – агрессоров и на 40 %

($p < 0,05$) у животных – жертв, что, вероятно, свидетельствует о вовлечении данной зоны мозга в реализацию стресс-реакции.

Результаты изучения воздействия Астралага вздутого на интенсивность процессов ПОБ в гипоталамической области головного мозга крыс в условиях «социального» стресса представлены на рисунке 2.

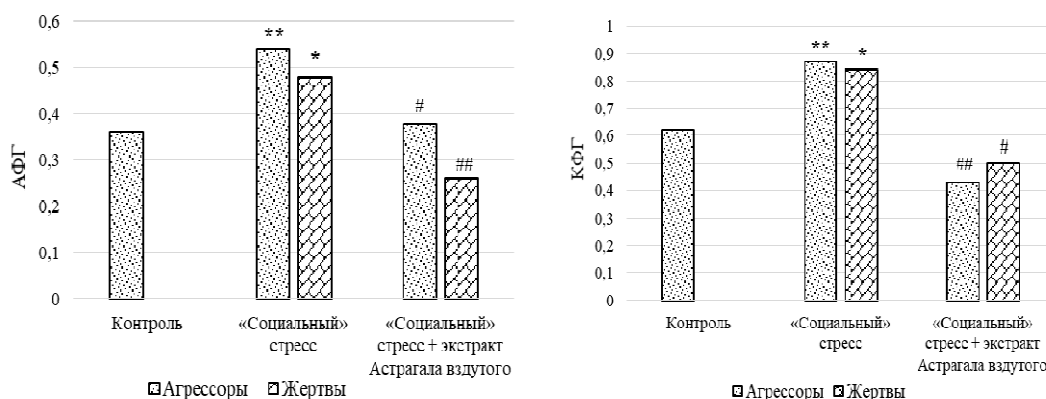


Рис. 2. Влияние экстракта Астралага вздутого на показатели ПОБ в гипоталамической области головного мозга крыс-самцов в условиях «социального» стресса

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$ – относительно контроля; # – $p < 0,05$; ## – $p < 0,01$ – относительно стресса.

Было выявлено, что «социальный» стресс вызывает выраженные изменения показателей перекисного окисления белков в ткани гипоталамуса, а именно увеличение АФГ – на 50 % ($p < 0,01$) у агрессоров и более чем на 30 % ($p < 0,05$) у жертв, КФГ – на 40 % ($p < 0,01$) и 35 % ($p < 0,05$) по отношению к контрольным особям.

Под действием экстракта Астралага вздутого на фоне «социального» стресса наблюдалось снижение показателей окислительной модификации белков: АФГ – на 30 % ($p < 0,05$) у агрессоров и 45 % ($p < 0,01$) у жертв, КФГ – на 50 % и 40 % ($p < 0,01$ и $p < 0,05$ соответственно) по сравнению со стрессированными крысами.

Установлено, что агрессия и сублиссия, сформированная в результате «социальных» конфронтаций, приводила к усилению с разной степенью выраженности процессов перекисидации, что указывает на негативное влияние «социального» стресса на указанную область мозга. Полученные результаты подтверждаются исследованиями, доказывающими что перекисное окисление липидов в тканях изменяется в зависимости от фазы развития эмоционального стресса и коррелирует с изменением поведения животных. Высокая реактивность нервно-эндокринной системы при стрессовом воздействии приводит к усилению процессов свободнорадикального окисления, в том числе и в гипоталамусе. Установлено, что активация процессов перекисного окисления является одним из ранних факторов нарушения физиологических функций при стрессе, а именно

социальном [15]. Введение экстракта Астрагала вздутого на фоне социального стресса способствовало статистически значимому снижению показателей окислительной модификации липидов и белков.

Результаты, полученные в ходе данного исследования, подтверждаются результатами изучения антиоксидантной активности на моделях различных патологических состояний других представителей рода Астрагал. Так, экстракт корней *Astragalus mongolicus* показал высокую степень ингибирования супероксидных и гидроксильных радикалов в эксперименте на изолированном сердце крыс [16]. Экстракт *Astragalus complanatus* на модели токсического поражения печени активно снижал содержание МДА. Экстракт семян *Astragalus chinensis* L. в эксперименте на модели оксидативного стресса показал антиоксидантную активность сопоставимую с витамином С. Водно-спиртовое извлечение корней и стеблей *Astragalus gombiformis* продемонстрировал активное поглощение активных форм кислорода в эксперименте на клетках линии HaCaT [15]. Введение водного настоя травы *Astragalus galactatis* способствовало снижению активности оксидазных ферментов в плазме животных с индуцированной перекисидацией липидов динитрофенолом [17]. В исследовании установлена антиоксидантная активность экстрактов подземной и надземной части *Astragalus membranaceus*, проявляющаяся снижением окислительных показателей в модельной системе желточных липопротеинов [18].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, результаты изучения влияния экстракта Астрагала вздутого (*Astragalus physodes* L.) на показатели перекисного окисления липидов и белков в гипоталамической области головного мозга крыс-самцов в условиях «социального» стресса показали выраженную антиоксидантную активность, что свидетельствует о возможном применении экстракта данного растения в качестве корректора изменений окислительно-восстановительных процессов.

Список литературы

1. Суркова Д. Р. Стресс и его влияние на здоровье человека / Д. Р. Суркова, М. Н. Пискайкина // Известия Института систем управления СГЭУ. – 2018. – № 1. – С. 34–36.
2. Петрова Л. Ю. Определение понятия стресса и его воздействие на организм человека / Л. Ю. Петрова, М. А. Петров, А. В. Зайцева // Актуальные проблемы, современные тенденции развития физической культуры и спорта с учетом реализации национальных проектов. – 2020. – С. 571–576.
3. Shim S. Y. Oxidative stress and the antioxidant enzyme system in the developing brain / S. Y. Shim, H. S. Kim // Korean journal of pediatrics. – 2013. – Vol. 56, No. 3. – P. 107. doi: 10.3345/kjp.2013.56.3.107.
4. Yaribeygi H. The impact of stress on body function: A review / H. Yaribeygi, Y. Panahi, H. Sahraei [et al.] // EXCLI J. – 2017. – Vol. 16. – P. 1057–1072. doi: 10.17179/excli2017-480.
5. Peña-Bautista C. Lipid peroxidation in neurodegeneration / C. Peña-Bautista, M. Vento, M. Baquero [et al.] // Clinica Chimica Acta. – 2019. – Vol. 497. – P. 178–188. doi: 10.1016/j.cca.2019.07.037.
6. Sadžak A. The structural integrity of the model lipid membrane during induced lipid peroxidation: The role of flavonols in the inhibition of lipid peroxidation / A. Sadžak, J. Mravljak, N. Maltar-Strmečki [et al.] // Antioxidants. – 2020. – Vol. 9, No. 5. – P. 430. doi:10.3390/antiox9050430

7. Barrera G. Lipid peroxidation-derived aldehydes, 4-hydroxynonenal and malondialdehyde in aging-related disorders / G. Barrera, S. Pizzimenti, M. Daga [et al.] // *Antioxidants*. – 2018. – Vol. 7, No. 8. – P. 102. doi: 10.3390/antiox7080102.
8. Peña-Bautista C. Lipid peroxidation biomarkers correlation with medial temporal atrophy in early Alzheimer Disease / C. Peña-Bautista, R. López-Cuevas, A. Cuevas [et al.] // *Neurochemistry international*. – 2019. – Vol. 129. – P. 104519. doi: 10.1016/j.neuint.2019.104519.
9. Lee J. Y. Antioxidant Effect via Bioconversion of Isoflavonoid in *Astragalus membranaceus* Fermented by *Lactiplantibacillus plantarum* MG5276 In Vitro and In Vivo / J. Y. Lee, H. M. Park, C. H. Kang // *Fermentation*. – 2022. – Vol. 8, No.1. – P. 34. doi: 10.3390/fermentation8010034
10. Сергалиева М. У. Растения рода Астрагал: перспективы применения в фармации / М. У. Сергалиева, М. В. Мажитова, М. А. Самогруева // *Астраханский медицинский журнал*. – 2015. – Т. 10, № 2. – С. 17–31.
11. Kondeva-Burdina M. In vitro/in vivo antioxidant and hepatoprotective potential of defatted extract and flavonoids isolated from *Astragalus spruneri* Boiss. (Fabaceae) / M. Kondeva-Burdina, A. Shkondrov, R. Simeonova [et al.] // *Food Chem Toxicol*. – 2018. – Vol. 111. – P. 631–640. doi: 10.1016/j.fct.2017.12.020doi: 10.1016/j.fct.2017.12.020.
12. Богачева Е. В. Определение концентрации малонового диальдегида в сыворотке крыс, облученных электромагнитным полем метрового диапазона / Е. В. Богачева, В. В. Алабовский, С. Ю. Перов // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология*. – 2016. – № 1. – С. 70–74.
13. Хужахметова Л. К. Особенности окислительной модификации белков при стрессогенном воздействии и фармакологической коррекции у половозрелых и старых крыс / Л. К. Хужахметова, Д. Л. Тёплый // *Естественные науки*. – 2015. – Т. 3, № 52. – С. 84–89.
14. Королюк М. А. Метод определения активности каталазы / М. А. Королюк, Л. И. Иванова, И. Г. Майрова [и др.] // *Лабораторное дело*. – 1988. – № 1. – С. 16–19.
15. Месова А. М. Иммунологическая реактивность, перекисное окисление липидов и антиоксидантная активность при стрессе (литературный обзор) / Месова А. М. // *Вестник Казахского Национального медицинского университета*. – 2016. – № 2. – С. 110–115.
16. Березуцкий М. А. Фармакологические свойства препаратов, созданных на основе экстракта астрагала (обзор) / М. А. Березуцкий, Л. Р. Якубова, Н. А. Дурнова [и др.] // *Химико-фармацевтический журнал*. – 2020. – Т. 54, № 4. – С. 20–25. – doi:10.30906/0023-1134-2020-54-4-20-25.
17. Наранцэцэг Ж. Антиоксидантный эффект водного настоя астрагала молочно-белого / Ж. Наранцэцэг, Х. Солонго, М. Амбага [и др.] // *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. – 2014. – Т. 124, № 1. – С. 103–106.
18. Шурыгина Л. В. Антиоксидантная активность экстрактов из корней и надземной части *Astragalus membranaceus* (Fabaceae) в двух модельных системах / Л. В. Шурыгина, А. А. Кравцов, С. В. Козин [и др.] // *Растительные ресурсы*. – 2017. – Т. 53, № 2. – С. 291–299.

THE EFFECT OF THE EXTRACT OF *ASTRAGALUS PHYSODES* L. ON INTENSITY REDOX PROCESSES IN THE HYPOTHALAMIC REGION OF WHITE RATS ON THE MODEL OF «SOCIAL» STRESS

Muratlieva V. X., Sergaliev M. U., Tsibizova A. A., Bashkina O. A., Samotrueva M. A.

Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russian Federation
E-mail: charlina_ast@mail.ru

Currently, the study of the influence of stress factors on the state of functional systems is an urgent problem. Recent studies have established that the antioxidant system is the most vulnerable. It is known that the balance of pro-oxidant and antioxidant

processes ensures the constancy of the internal environment of the body, thereby maintaining optimal conditions for the development of normal physiological and biochemical processes.

To date, herbal preparations are being actively studied as sources of effective correctors of stress-mediated disorders. Particular attention is drawn to phytopreparations obtained on the basis of plants of the genus *Astragalus*, which have versatile pharmacological activity. A promising representative of this genus is *Astragalus physodes* L., which grows in the Astrakhan region. The conducted studies revealed the presence of biologically active substances in the aboveground part of *Astragalus physodes*, the main of which are flavonoids, organic and hydroxycinnamic acids, which provide antidepressant, antistress, immunocorrective and other types of activity.

The purpose of the study: to study the effect of the extract of the herb *Astragalus physodes* L. the intensity of lipid and protein peroxidation processes in the hypothalamic region of the brain of white rats on the model of «social» stress.

The study was carried out on white nonlinear male rats of 6–8 months of age. on the model of «social» stress (sensory contact), reproduced by placing animals in pairs in a cage with a transparent partition, as a result of which the rats were divided into aggressors and victims. The partition was removed every day and inter-amoral confrontations were observed for 10 minutes. The experiments were carried out for 20 days, after which all the animals were divided into several groups (n=10): 1) the control group was formed by intact rats; 2) stressed animals (victims/aggressors); 3) stressed individuals who were intragastrically injected with *Astragalus physodes* extract (50 mg/kg/ day) for 14 days (victims/ aggressors), starting from the 21st day of the experiment.

The extract of *Astragalus physodes* was obtained in a ratio of 1:1 by infusing herbs in a water bath with an aqueous alcohol solution of 60 % concentration, followed by distilling the extractant. The assessment of lipid peroxidation processes was carried out by spectrophotometric measurement in the tissue homogenate of the hypothalamic region of the initial level of malondialdehyde, the rates of spontaneous and induced ascorbate and iron ions, at a wavelength of 532 nm. The method is based on the determination of malonic dialdehyde, which forms a pink trimethine complex when interacting with 2-thiobarbituric acid.

When determining the degree of protein peroxidation in the hypothalamic tissue, a modified technique was used based on the reaction of the interaction of oxidized amino acid residues of proteins with 2,4-dinitrophenylhydrazone, the interaction products of which were determined in the protein precipitate in urea solution. At $\lambda=270$ nm, the primary products were aldehydenylhydrazones; at $\lambda=363$ nm and 370 nm, ketonphenylhydrazones.

The state of the body's antioxidant defense was judged by the activity of a key enzyme, catalase, which was determined by the spectrophotometric method ($\lambda=410$ nm) based on the ability of hydrogen peroxide to form a stable colored complex with molybdenum salts. All measurements were recorded on a spectrophotometer.

The use of *Astragalus physodes* extract under conditions of «social» stress led to a decrease in the initial level of malondialdehyde in the homogenate of the hypothalamus tissue, the rate of spontaneous and ascorbate-dependent lipid peroxidation, as well as

catalase activity. Catalase activity under the influence of *Astragalus physodes* extract decreased by an average of 20 % compared to the group of animals exposed to stress. Under the action of the extract of *Astragalus* inflated against the background of «social» stress, there was a decrease in the indicators of oxidative modification of proteins: aldehydenylhydrazones – by 30 % in aggressors and 45 % in victims, ketonphenylhydrazones – by 50 % and 40 % compared with stressed rats.

It was found that aggression and submission, formed as a result of «social» confrontations, led to an increase in the processes of peroxidation with varying degrees of severity, which indicates the negative impact of «social» stress on this area of the brain. The introduction of *Astragalus physodes* extract against the background of social stress contributed to a statistically significant decrease in the indicators of oxidative modification of lipids and proteins.

Thus, the results of studying the effect of the extract of *Astragalus physodes* L. the indicators of lipid and protein peroxidation in the hypothalamic region of the brain of male rats under conditions of «social» stress showed pronounced antioxidant activity, which indicates the possible use of the extract of this plant as a corrector of changes in redox processes.

Keywords: «social» stress, extract of *Astragalus physodes* L., peroxidation of lipids, peroxidation of proteins, antioxidant activity.

References

1. Surkova D. R., Piskaikina M. N. Stress and its impact on human health. *Proceedings of the Institute of Management Systems of the SGEU*, **1**, 34 (2018).
2. Petrova L. Yu., Petrov M. A., Zaitseva A. V. Definition of the concept of stress and its impact on the human body. *Actual problems, modern trends in the development of physical culture and sports, taking into account the implementation of national projects*, 571 (2020).
3. Shim S. Y., Kim H. S. Oxidative stress and the antioxidant enzyme system in the developing brain. *Korean journal of pediatrics*, **56** (3), 107 (2013). doi: 10.3345/kjp.2013.56.3.107.
4. Yaribeygi H., Panahi Y., Sahraei H. [et al.]. The impact of stress on body function: A review. *EXCLI J*, **16**, 1057 (2017). doi: 10.17179/excli2017-480.
5. Peña-Bautista C., Vento M., Baquero M. [et al.]. Lipid peroxidation in neurodegeneration. *ClinicaChimica Acta*, **497**, 178 (2019). doi: 10.1016/j.cca.2019.07.037.
6. Sadžak A., Mravljak J., Maltar-Strmečki N. [et al.]. The structural integrity of the model lipid membrane during induced lipid peroxidation: The role of flavonols in the inhibition of lipid peroxidation. *Antioxidants*, **9**(5), 430 (2020). doi:10.3390/antiox9050430
7. Barrera G., Pizzimenti S., Daga M. [et al.], Lipid peroxidation-derived aldehydes, 4-hydroxynonenal and malondialdehyde in aging-related disorders. *Antioxidants*, **7** (8), 102 (2018). doi: 10.3390/antiox7080102.
8. Peña-Bautista C., López-Cuevas R., Cuevas A. [et al.], Lipid peroxidation biomarkers correlation with medial temporal atrophy in early Alzheimer's Disease. *Neurochemistry international*, **129**, 104519 (2019). doi: 10.1016/j.neuint.2019.104519.
9. Lee J. Y., Park H. M., Kang C. H. Antioxidant Effect via Bioconversion of Isoflavonoid in *Astragalus membranaceus* Fermented by Lactic iplantibacillus plantarum MG5276 *In Vitro* and *In Vivo*. *Fermentation*, **8** (1), 34 (2022). doi: 10.3390/fermentation8010034
10. Sergaliev M. U., Mazhitova M. V., Samotrueva M. A. Plants of the genus *Astragalus*: prospects of application in pharmacy. *Astrakhan Medical Journal*, **10** (2), 17 (2015).
11. Kondeva-Burdina M., Shkondrov A., Simeonova R. [et al.]. In vitro/in vivo antioxidant and hepatoprotective potential of defatted extract and flavonoids isolated from *Astragalus sprunerii* Boiss. (Fabaceae). *Food Chem Toxicol.*, **111**, 631 (2018). doi: 10.1016/j.fct.2017.12.020 doi: 10.1016/j.fct.2017.12.020.

12. 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 Saratov University. A new series. Chemistry series. Biology. Ecology*, **1**, 70 (2016).
13. Khuzhakhmetova L. K., Teply D. L. Features of oxidative modification of proteins under stress and pharmacological correction in mature and old rats. *Natural sciences*, **3** (52), 84 (2015).
14. Korolyuk M. A., Ivanova L. I., Mayrova I. G. [et al.], Method for determining catalase activity. *Laboratory business*, **1**, 16 (1988).
15. Mesova A. M. Immunological reactivity, lipid peroxidation and antioxidant activity under stress (literary review). *Bulletin of the Kazakh National Medical University*, **2**, 110 (2016).
16. Berezutsky M. A., Yakubova L. R., Durnova N. A. [et al.]. Pharmacological properties of preparations based on astragalus extract (review). *Chemico-pharmaceutical journal*, **54** (4), 20 (2020). doi 10.30906/0023-1134-2020-54-4-20-25. EDN IZJNVY.
17. Narantsetseg Zh., Solongo H., Ambaga M. [et al.] Antioxidant effect of water infusion of milk-white astragalus. *Siberian Medical Journal (Irkutsk)*, **124** (1), 103 (2014).
18. Shurygina L. V., Kravtsov A. A., Kozin S. V. [et al.], Antioxidant activity of extracts from the roots and aboveground part of *Astragalus membranaceus* (Fabaceae) in two model systems. *Plantresources*, **53** (2), 291 (2017).