

3. Условия труда и здоровье медицинских работников – социально-гигиенические аспекты /С.Н.Кожевников, А.В.Денисов, И.И.Новикова, Ю.В.Ерофеев // Здоровье населения и среда обитания. – 2013. – № 5. – С. 19–20.
4. Yurt, A. Evaluation of awareness on radiation protection and knowledge about radiological examinations in health care professionals who use ionized radiation at work / A. Yurt, B. Cavusoglu, T. Gunay // Molecular imaging and radionuclide therapy. – 2014. – Vol. 23, № 2. – P. 48–53.
5. Work-related Musculoskeletal Symptoms in Surgeon / G.P.Y. Szeto, P. Ho, A.C.W. Ting [et al.] // Journal of occupational rehabilitation. – 2009. –№ 19. – P. 175–184.

Сведения об авторах:

В.И. Чащина* – студент

Т.А. Жеребцова – ассистент кафедры

Information about the authors:

V.I. Chashchina* - student

T.A. Zherebtsova – Department assistant

***Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):**

vilena.gold@mail.ru

УДК 615.91

ВЛИЯНИЕ СОЧЕТАННОГО ДЕЙСТВИЯ КАДМИЯ И ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КРЫС

Лада Владимировна Шабардина, Юлия Владимировна Рябова, Светлана Владиславовна Клинова, Юлия Максимовна Сутункова

ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора

Екатеринбург, Россия

Аннотация

Введение. Кадмий является хорошо известным токсикантом, который поступает в окружающую среду в результате антропогенных процессов. Зачастую работа на промышленных предприятиях связана не только с экспозицией к химическим веществам, но и с тяжелой физической нагрузкой, которая обуславливает их усиленное поступление в организм через дыхательные пути. Характер влияния данных факторов производственной среды на развитие патологического состояния организма на сегодняшний день полностью не изучен. **Цель исследования** – оценить влияние сочетанного воздействия кадмия и физической нагрузки на гематологические показатели крыс в эксперименте. **Материал и методы.** На протяжении 6 недель самцы крыс получали интраперитонеальные инъекции хлорида кадмия изолированно и в сочетании с физической нагрузкой. В конце эксперимента кровь крыс исследовали с помощью анализатора Mythic 18. Подсчет лейкоцитов проводили в окрашенных мазках крови. Статистическую обработку осуществляли с помощью t-критерия Стьюдента, $p < 0,05$. **Результаты.** Сочетание кадмиевой интоксикации и физической нагрузки вызывало еще большее увеличение

лейкоцитов, чем при изолированном воздействии кадмия на крыс. Отмечено возрастание палочкоядерных нейтрофилов в группе сочетанного воздействия. **Обсуждение.** Увеличение количества лейкоцитов в группе сочетанного действия может быть результатом активной циркуляции крови при физической нагрузке и, как следствие большего распространения токсиканта по органам и тканям. Увеличение палочкоядерных нейтрофилов в данной группе может говорить об активации компенсаторных механизмов иммунного ответа. **Выводы.** При субхроническом воздействии сочетанного действия на организм крыс кадмия и физической нагрузки у них изменяется клеточный состав периферической крови. В то же время, часть этих изменений была нивелирована дополнительной физической активностью, что подтверждает неоднозначное влияние данного фактора на развитие кадмиевой интоксикации. **Ключевые слова:** сочетанное действие, кадмий, физическая нагрузка, гематологические показатели

EFFECTS OF COMBINED ACTION OF CADMIUM AND PHYSICAL LOAD ON THE HEMATOLOGICAL BLOOD PARAMETERS OF RATS

Lada V. Shabardina, Yulia V. Ryabova, Svetlana V. Klinova, Yulia M. Sutunkova
Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers
Yekaterinburg, Russia

Abstract

Introduction. Cadmium has been recognized to be a highly toxic element. It is released into the environment through anthropogenic processes. Work in industrial plants is associated with exposure to chemicals and heavy physical load. Physical load induces amplification through the respiratory tract uptake pollutants. The effects of these production factors on the progression of the pathological condition of the organism has not been fully studied. **The purpose of the study** – to evaluate the effect of combined action of cadmium and physical load on the hematological blood parameters of rats. **Material and methods.** The first group of animals was exposed to only cadmium chloride; the second was exposed to running exercise; the third was exposed to these two agents together over 6 weeks. Upon completion of the experiment, we gathered body blood samples for determination of hematological indices by a «Methic 18» hematological analyzer. Leukocytes were counted in routine manner. We estimated the statistical significance of differences between the groups in the mean values of the indices by Student's t-test, $p < 0,05$. **Results.** Combination of cadmium intoxication and physical load caused a greater increase in leukocytes, than isolated exposure to cadmium. Band neutrophils increased under a combined action of cadmium and physical exercise. **Discussion.** An increase in leukocytes in the group of combined action may point to an active blood circulation under physical exercise and greater spread of the toxicant in organs and tissues. An increase in band neutrophils in this group may be tentatively explained by activations of compensatory mechanisms. **Conclusions.** The peripheral blood cell composition changes under the combined subchronic impact of cadmium and running. In the same

time, a part of these changes was offset by extra physical load. This fact confirms ambiguous the effects of this factor on the progression cadmium intoxication.

Keywords: combined action, cadmium, physical load, hematological parameters

ВВЕДЕНИЕ

Кадмий является хорошо известным токсикантом, который поступает в окружающую среду в результате антропогенных процессов. В организм кадмий попадает в процессе курения, профессиональной деятельности, а также с пищевыми продуктами и питьевой водой [1]. Накапливаясь в различных органах, он ведет к нарушению их функционирования и индуцирует широкий спектр патологий [2]. Зачастую работа на промышленных предприятиях связана не только с экспозицией к вредным поллютантам, но и с физической нагрузкой, которая обуславливает усиленное поступление загрязнителей через дыхательные пути. Физическая активность, ускоряя обмен веществ в организме, с одной стороны, может способствовать удалению токсиканта из него, а с другой – усиливает контакт некоторых органов с ним [3]. Характер влияния данного фактора на развитие патологического состояния организма на сегодняшний день полностью не изучен. Гематологические показатели крыс, полученные в ходе эксперимента, могут помочь в понимании механизмов сочетанного действия кадмия и физической нагрузки на организм.

Цель исследования – оценить влияние сочетанного воздействия кадмия и физической нагрузки на гематологические показатели крыс.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эксперимент проводился на аутбредных крысах-самцах по 14 крыс в каждой группе. Средний возраст животных на начало эксперимента составил 3-4 месяца, масса тела – около 300 г (разброс не превышал $\pm 20\%$). Животные содержались в специально оборудованном помещении вивария ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора. Условия содержания соответствовали «Международным руководящим принципам по этическим аспектам биомедицинских исследований на животных», разработанных CIOMS и ICLAS (2012).

Крысы были разделены на 4 группы. Первая группа была контрольной и получала только физраствор («Контроль»); вторая – получала водный раствор хлорида кадмия («Cd»); третья – подвергалась воздействию физической нагрузки («ФН»); четвертая – воздействию двух этих факторов («Cd+ФН»). В течение 6 недель 3 раза в неделю интраперитонеально животным второй и четвертой группы вводился водный раствор 2,5-водного хлорида кадмия в разовой дозе 0,77 мг/кг м.т.

Моделирование физической нагрузки выполняли с использованием беговой дорожки для крыс «TSE Treadmill System GmbH» («TSE Systems International Group», Германия). Нагрузку животные групп «ФН» и «Cd+ФН» получали в течение 6 недель, 10 мин в день, 5 дней в неделю на скорости 25 м/мин. В конце эксперимента кровь крыс исследовали с помощью анализатора Mythic 18. Подсчет лейкоцитарной формулы проводили в окрашенных мазках крови.

Статистическая обработка полученных данных и построение графиков осуществлялась диссертантом самостоятельно с использованием методов статистического анализа в пакетах прикладных программ Ms Excel 2016. Статистическую обработку осуществляли с помощью t-критерия Стьюдента, $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Интраперитонеальное введение раствора кадмия индуцировало статистически значимое повышение лейкоцитов и лимфоцитов одновременно со снижением содержания сегментоядерных нейтрофилов (Рисунок 1А-В) в сравнении с контрольной группой. Сочетание кадмиевой интоксикации и физической нагрузки вызывало еще большее увеличение лейкоцитов, чем при изолированном действии только кадмия. Кроме того, отмечено увеличение палочкоядерных нейтрофилов как в сравнении с контрольной группой, так и с группой, получающей только кадмий (Рис. 1 Г).

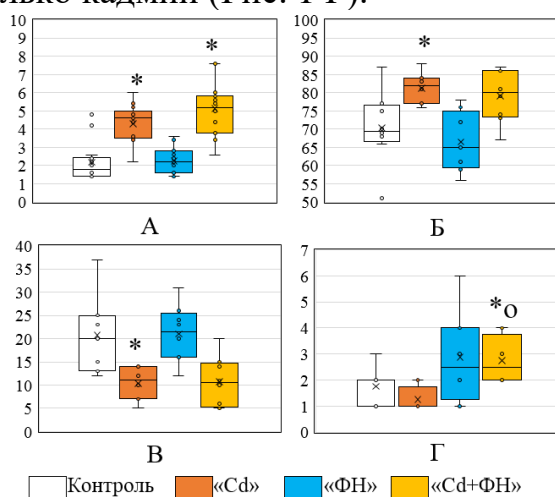


Рис.1 – гематологические показатели крыс, подвергшихся сочетанному либо изолированному воздействию кадмия и физической нагрузки: (А) лейкоциты, 10^6 /мл; (Б) лимфоциты, %; (В) сегментоядерные нейтрофилы, %; (Г) палочкоядерные нейтрофилы, %.

Примечание: «*» обозначены статистически значимые различия с контролем, «^o» - статистически значимые различия с группой «Cd»

При сочетанном воздействии изучаемых факторов были снижены следующие показатели крови: гемоглобин, моноциты, базофилы и эозинофилы у крыс, хотя статистически не значимо (Рис. 2).

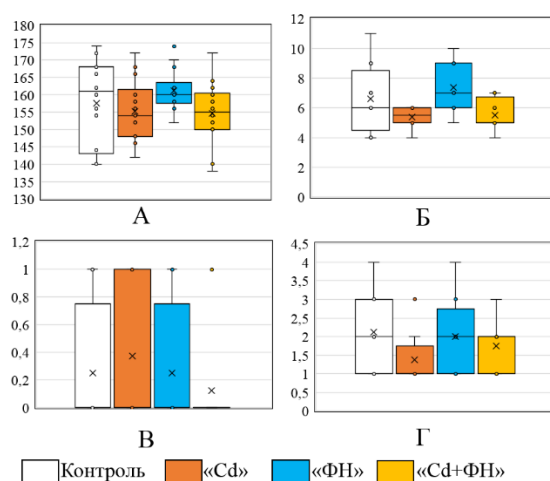


Рис. 2 – Гематологические показатели крыс, подвергшихся сочетанному либо изолированному воздействию кадмия и физической нагрузки: (А) гемоглобин, г/л; (Б) моноциты, %; (В) базофилы, %; (Г) эозинофилы, %.

В то же время количество тромбоцитов животных из группы «Cd+ФН» уменьшалось в сравнении с показателями группы «Cd», хотя все еще было несколько выше контрольных показателей. Ни в одной из групп не обнаруживается существенного изменения числа эритроцитов по сравнению с контролем.

ОБСУЖДЕНИЕ

Увеличение количества лейкоцитов, которое было статистически значимым как в группе, получающей только инъекции хлорида кадмия, так и в группе с дополнительной беговой активностью может свидетельствовать о развитии стресса в ответ на интоксикацию [4]. Его усиление в группе сочетанного действия может быть результатом активной циркуляции крови при физической нагрузке, которая индуцирует большее распространение токсиканта по органам и тканям. Повышение уровня лимфоцитов после интраперитонеального введения кадмия также свидетельствует о развитии в организме крыс иммунной реакции. Уровень лимфоцитов, хотя и был статистически значимо снижен в группе с дополнительной физической нагрузкой, оставался близким к значениям в группе «Cd».

Понижение сегментоядерных нейтрофилов наблюдается в обеих группах, получающих кадмий, что может объясняться способностью кадмия нарушать антиоксидантную активность, приводя к апоптозу и иммуносупрессии нейтрофилов [5]. Стоит отметить, что у крыс из группы сочетанного воздействия двух факторов прослеживается повышенное содержание палочкоядерных нейтрофилов, что может говорить об активации компенсаторных механизмов иммунного ответа. Заметное повышение числа тромбоцитов, хоть и не статистически значимое, в группе, подверженной кадмиевой интоксикации, может являться следствием негативного действия кадмия на селезенку [6] и печень [7] или результатом Cd-опосредованной активации провоспалительных цитокинов [8].

ВЫВОДЫ

1. В ходе анализа гематологических показателей крыс после сочетанного воздействия на них кадмием и физической нагрузки установлено, что:

2. Изменяются параметры белой крови крыс, подвергнутых как изолированному действию кадмия, так в сочетании с физической нагрузкой – увеличивается число лейкоцитов, лимфоцитов, палочкоядерных нейтрофилов, снижается число сегментоядерных нейтрофилов.

3. Кадмий изменяет некоторые гематологические показатели периферической крови крыс в большей степени на фоне физической нагрузки.

4. Часть гематологических изменений была нивелирована дополнительной физической активностью, а другая часть – усилена. Физическая нагрузка, вероятно, активизирует процессы обновления крови, что способствует улучшению ряда гематологических показателей.

5. Анализ полученных данных в токсикологическом эксперименте подтверждают, что физическая нагрузка оказывает неоднозначное влияние на гематологические показатели периферической крови крыс после воздействия на них кадмием.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Health risk assessment of total exposure from cadmium in South China / Chen Y., Qu J., Sun S., et al. // *Chemosphere*. – 2021; 269: 128673.

2. The endocrine disruptor cadmium: a new player in the pathophysiology of metabolic diseases / Bimonte V.M., Besharat Z.M., Antonioni A. et al. // *J Endocrinol Invest*. – 2021; 44 (7): 1363-1377.

3. Сочетанное действие свинца и физической нагрузки на организм крыс в субхроническом эксперименте / Минигалиева И.А., Рябова Ю.В., Сутункова М.П. и др. // *Гигиена и санитария*. – 2021; 12.

4. Cadmium-induced changes in lipid peroxidation, blood hematology, biochemical parameters and semen quality of male rats: protective role of vitamin E and beta-carotene / El-Demerdash F.M., Yousef M.I., Kedwany F.S., et al. // *Food Chem Toxicol*. – 2004; 42 (10): 1563-71.

5. Cadmium exposure induces apoptosis, inflammation and immunosuppression through CYPs activation and antioxidant dysfunction in common carp neutrophils / Jiabin S., Shengchen W., Yirong C., et al. // *Fish Shellfish Immunol*. – 2020; 99: 284-290.

6. Trehalose suppresses cadmium-activated Nrf2 signaling pathway to protect against spleen injury / Qu K.C., Wang Z.Y., Tang K.K. et al. // *Ecotoxicol Environ Saf*. – 2019; 181: 224-230.

7. Serum cadmium is associated with hepatic steatosis and fibrosis: Korean national health and nutrition examination survey data IV-VII / Han S., Sung G.H., Lee S. et al. // *Medicine (Baltimore)*. – 2022; 101 (4): e28559.

8. Effects of Cadmium Exposure on the Immune System and Immunoregulation / Wang Z., Sun Y., Yao W. et al. // *Front Immunol*. – 2021; 12: 695484.

Сведения об авторах

Л.В. Шабардина * – лаборант отдела

Ю.В. Рябова – заведующий лабораторией научных основ биологической профилактики

С.В. Клинова – к.б.н., заведующий лабораторией промышленной токсикологии
Ю.М. Сутункова – лаборант отдела

Information about the authors

L.V. Shabardina* – assistant of the Department

Y.V. Ryabova – Head of the Department of Scientific basis of Bioprophylaxis

S.V. Klinova – PhD in Biological Sciences, Head of the Department of Industrial Toxicology

Y.M. Sutunkova – assistant of the Department

***Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):**

shabardinalv@ymrc.ru

УДК 615.9

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОТОКСИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА СВИНЦА У КРЫС ПОСЛЕ СУБХРОНИЧЕСКОЙ ИНТРАНАЗАЛЬНОЙ ЭКСПОЗИЦИИ

Иван Петрович Ющенко, Иван Глебович Шеломенцев, Юлия Владимировна
Рябова, Светлана Владиславовна Клинова

Екатеринбургский медицинский научно-исследовательский центр
профилактики и охраны здоровья промышленных рабочих
Екатеринбург, Россия

Аннотация

Введение. Наночастицы обладают высоким токсическим потенциалом из-за своих физико-химических свойств. Свинец является широко распространенным загрязнителем. При некоторых производственных процессах (сварка, металлургия и т.д.) образуются металлооксидные наночастицы. **Цель исследования** – оценка нейротоксического действия наночастиц оксида свинца на крыс после субхронического интраназального введения их крысам. **Материал и методы.** Суспензию наночастиц оксида свинца вводили в каждый носовой проход крыс три раза в неделю в течение 6 недель. Оценка нейротоксического действия наночастиц проводилась с использованием поведенческих тестов «Открытое поле» и суммационно-порогового показателя, а также биохимических показателей уровня белка миелина в сыворотке крови. Электронная микроскопия использовались для установления и описания формы и размера частиц, а также для исследования морфологических изменений миелиновых оболочек аксонов. **Результаты.** Согласно результатам поведенческих тестов, исследовательская и двигательная активности крыс, подвергшихся воздействию НЧ PbO, были ниже, чем в контрольной группе. Уровень основного белка миелина в сыворотке крови крыс после воздействия НЧ PbO повысился, снизилась масса головного мозга. Электронная микроскопия показала, что воздействие наночастиц оксида свинца привело к увеличению числа аксонов с поврежденной миелиновой оболочкой. **Обсуждение.** Увеличение количества аксонов с повреждением миелиновой оболочки вместе с увеличением содержания основного белка миелина в сыворотке крови и склонностью к изменению поведенческих реакций