

А.С. Бабилова - кандидат медицинских наук, доцент

Н.И. Бучин – кандидат педагогических наук, президент Региональной общественной организации «Ассоциации айкидо айкikai Свердловской области», тренер

Information about the authors

A.A. Vasilevsky - Student

M.M. Maurin - Student

K.Y. Neugodnikova - Student

E.B. Stolbova - Student

D.K. Yakupova - Student

A.S. Babikova - Candidate of Sciences (Medical), Associate Professor

N.I. Buchin – Candidate of Sciences (Pedagogy), President of the Regional public organization; Association of Aikido Aikikai of the Sverdlovsk region, coach.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

canec100otday@gmail.com

УДК 613.6:615.9

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ НА РЕПРОДУКТИВНУЮ СИСТЕМУ КРЫС И АПРОБАЦИЯ БИОПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Гертан Наталья Александровна, Батенева Влада Андреевна, Минигалиева Ильзира Амировна, Сутункова Марина Петровна

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

Екатеринбург, Россия

Аннотация

Введение. В настоящее время особенно актуальна проблема мужского бесплодия, одной из причин которого является высокий уровень химической нагрузки. Серная кислота – известный промышленный токсикант, репротоксичность которого изучена недостаточно, что требует дополнительных исследований, а также определения мер профилактики. **Цель исследования** – оценка токсического действия серной кислоты на мужскую репродуктивную систему и апробация биопрофилактического комплекса (БПК), направленного на повышение устойчивости организма к воздействию серной кислоты. **Материал и методы.** Проведен эксперимент *in vivo* на 4 группах аутбредных белых крыс-самцов: «Контроль», «H₂SO₄», «H₂SO₄ + БПК» и «БПК», по 8 особей в каждой группе. Раствор серной кислоты 1,2% вводился внутривентрикулярно в объеме 0,5 мл/крысу 3 раза в неделю в течение 4 недель. БПК смешивался с кормом и водой и был доступен каждый день на всем протяжении эксперимента. Проводилась оценка уровня концентрации тестостерона в сыворотке крови, количества аномальных форм сперматозоидов в мазке спермы и гистоморфологических изменений в препарате тестикул. Статистическая обработка данных осуществлялась в программе «Microsoft® Excel». **Результаты.** Наблюдалось статистически незначительное снижение концентрации тестостерона в группах «H₂SO₄» и «H₂SO₄ + БПК» и существенное повышение количества аномальных сперматозоидов в группе «H₂SO₄», которое было эффективно снижено применением БПК. Гистоморфологических изменений не наблюдалось. **Выводы.** Серная кислота оказывает токсический эффект на репродуктивную систему, повышая количество аномальных сперматозоидов, однако БПК эффективен в снижении этого токсического эффекта.

Ключевые слова: серная кислота, репротоксичность, мужская репродуктивная система, биопрофилактика, морфология сперматозоидов, тестостерон, гистология, тестикулы.

EVALUATION OF EFFECTS OF SULFURIC ACID ON THE REPRODUCTIVE SYSTEM OF RATS AND TESTING OF A BIOPROPHYLACTIC COMPLEX

Gertan Natalia Aleksandrovna, Bateneva Vlada Andreevna

Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers
Yekaterinburg, Russia

Abstract

Introduction. The problem of male infertility is especially relevant today, a high level of chemical load being one of its causes. Sulfuric acid is a well-known industrial pollutant, reproductive toxicity of which is still unclear and requires additional research, as well as elaboration of appropriate preventive measures. **The aim of the study** was to assess toxic effects of sulfuric acid on the male reproductive system and to test a bioprophyllactic complex (BPC) specially developed to increase the body resistance to adverse effects of this chemical. **Material and methods.** We conducted an *in vivo* experiment on four groups of eight outbred albino male rats each: a control group, a H₂SO₄ exposure group, a group of animals exposed to H₂SO₄ and receiving the BPC, and a group of animals receiving the BPC. A 1.2% sulfuric acid solution was administered intragastrically at a volume of 0.5 mL per rat thrice a week for 4 weeks. The BPC was mixed with feed

and water and administered every day throughout the experiment. We then measured serum concentrations of testosterone, the number of abnormal spermatozoa in sperm smears, and histomorphological changes in testicular preparations. Statistical data analysis was performed in Microsoft® Excel. **Results.** Testosterone concentrations decreased insignificantly in the H₂SO₄ exposure and H₂SO₄ + BPC groups while the number of abnormal spermatozoa demonstrated a statistical increase in the H₂SO₄ exposure group, being efficiently reduced by the BPC administration. No histomorphological changes were observed. **Conclusions.** Sulfuric acid exerts a toxic effect on the reproductive system by increasing the number of abnormal spermatozoa, but the BPC can successfully mitigate it.

Keywords: sulfuric acid, reproductive toxicity, male reproductive system, bioprophylaxis, sperm morphology, testosterone, histology, testicles.

ВВЕДЕНИЕ

В наши дни из-за демографической обстановки, особенно актуальна проблема репродуктивного здоровья населения. Лебедев Г.С. в своём исследовании отмечал, что мужское бесплодие занимает примерно 50% среди всех случаев, а прирост первично установленной заболеваемости за 2000-2018 гг составил 82% [1]. Возросшая с урбанизацией химическая нагрузка является одной из причин этого явления, так, например, известно, что оксид серы (II) способен оказывать репротоксическое действие на мужчин [2]. Репротоксичность других соединений серы, особенно серной кислоты, несмотря на её широкую область применения (гидрометаллургия, электролиз) и выделение в качестве побочного продукта части технологических процессов, изучена недостаточно. Поэтому, учитывая способность соединений серы, в частности SO₂ к гидратации с образованием серной кислоты не только при попадании в организм, но и в атмосфере при определенных условиях [3], для сопоставления наших результатов с результатами других исследователей мы использовали статьи с описанием эффектов воздействия диоксида серы.

Кроме того, значительному воздействию серной кислоты подвергаются рабочие промышленных предприятий, что требует проведения профилактических мероприятий на производстве. Одним из способов профилактики является повышение резистентности организма рабочих к токсическому действию вредных веществ, которого можно достичь с помощью использования БПК. В рамках данного исследования, опираясь на литературные данные, нами был разработан комплекс, направленный на профилактику нарушений мужского репродуктивного здоровья, вызванных воздействием серной кислоты.

Цель исследования – оценка токсического действия серной кислоты на мужскую репродуктивную систему и апробация биопрофилактического комплекса, направленного на повышение устойчивости организма к воздействию серной кислоты.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование *in vivo* проводилось на аутбредных белых крысах-самцах (12-14 недель, 260-340 г). Животные содержались в помещении вивария в стандартных условиях микроклимата (16-22 °C, влажность 40-70%) при автоматическом световом режиме «день-ночь». Для моделирования субхронического воздействия серной кислоты животных разделяли на 4 группы по 8 особей в каждой. Группы «H₂SO₄» и «H₂SO₄ + БПК» получали 1,2% раствор серной кислоты внутривентрикулярно в объёме 0,5 мл/крысу 3 раза в неделю в течение 4 недель. Для крыс из групп «Контроль» и «БПК» использовалась питьевая вода. Группам «H₂SO₄ + БПК» и «БПК» вместе с пищей и водой давался БПК, включающий глутамат натрия (1,5% р-р вместо воды), глицин (12,5 мг), цистеин (АЦЦ, 37,5 мг), витамин С (3,125 мг) и рутин (3,125 мг) (Аскорутин), витамин А (ретинола ацетат р-р 3,44 %, 0,38 мг), витамин Е (0,125 мкг) и омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты (ω3 ПНЖК) (Mirrolla рыбий жир с витамином Е, 16 мг), селен (Se Solgar, 6,25 мг).

Для отбора образцов крови и органов животных выводили из эксперимента путём быстрой декапитации. Уровень тестостерона оценивался в сыворотке крови с использованием иммуноферментного анализа согласно инструкции к набору. Для получения мазка сперматозоиды из протоков и придатков тестикул разводили в 15 мл физиологического раствора и с использованием пипетки наносили на предметное стекло, высушивали на воздухе и окрашивали по Паппенгейму. Подсчёт аномальных форм сперматозоидов вёлся на 200 клеток при увеличении 400х на микроскопе Axio Lab.A1 (Carl Zeiss, Германия). Оценка

проводилась по нескольким видам аномальных форм сперматозоидов: изменение наклона угла головки, изолированная головка, склонённая шейка, искривлённый хвост, сломанный хвост и свёрнутый/закрученный хвост. Сами тестикулы отбирались в 10% забуференный формалин на 48 часов для дальнейшей обработки и изготовления гистологических препаратов. Их изучение, микрофотографирование и морфометрию осуществляли с использованием микроскопа Axio Lab.A1 (Carl Zeiss, Германия), оснащенного камерой, и компьютерной программы Zen 3.0.

Статистическая обработка данных проводилась в Microsoft® Excel® MSO (16.0.12527.22286). Статистическая значимость оценивалась с помощью t-критерия Стьюдента ($p \leq 0,05$).

В качестве ограничений исследования необходимо отметить использование животных одного вида и отсутствие контроля дозы БПК для каждой отдельной крысы, так как он смешивался с кормом и водой на всю группу. Исследование было одобрено Локальным этическим комитетом ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора протокол № 4 от 05.07.2024 года.

РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам исследования наблюдалась тенденция к снижению концентрации тестостерона в сыворотке крови в группах «H₂SO₄» и «H₂SO₄ + БПК» (до $17,20 \pm 3,01$ и $18,56 \pm 4,73$ нмоль/л соответственно) по сравнению с контролем ($24,98 \pm 5,19$ нмоль/л), хотя эти изменения не были статистически значимы. При изолированном воздействии БПК концентрация тестостерона ($23,55 \pm 7,07$ нмоль/л) оставалась на уровне схожем с контрольным.

Общее количество изменённых сперматозоидов существенно повышалось при воздействии серной кислоты 3,12 раз, однако применение БПК позволило значительно снизить этот показатель в 2,61 раз, хотя он был всё ещё выше контрольного в 1,20 раз (Табл. 1).

Таблица 1.

Оценка аномальных форм сперматозоидов крыс ($\bar{X} \pm S_x$)

Аномальные формы сперматозоидов	Контроль	H ₂ SO ₄	H ₂ SO ₄ +БПК	БПК
Общее количество изменённых сперматозоидов, ед/200кл	13,17±0,78	41,14±2,67*	15,79±1,07*#	12,63±0,91

Примечание: * – статистически значимая разница от контрольной группы ($p < 0,05$); «#» – статистически значимая разница от группы H₂SO₄ ($p < 0,05$).

Рассматривая отдельные виды аномалий, было обнаружено, что статистически значимое увеличение в группе H₂SO₄ по сравнению с контролем количества изменений наклона угла головки от $0,00 \pm 0,00$ до $1,50 \pm 0,67$, изолированных головок в 2,27 раз (от $4,25 \pm 0,59$ до $9,64 \pm 1,95$), искривлённых хвостов в 4,27 раз (от $4,58 \pm 0,72$ до $19,57 \pm 3,60$) и сломанных хвостов в 8,67 раз (от $2,86 \pm 0,54$ до $0,33 \pm 0,21$). При совместном использовании серной кислоты с БПК, комплекс эффективно снижал количество изолированных головок в 1,82 раз (до $5,29 \pm 0,83$), изменений наклона угла головки (до $0,00 \pm 0,00$) и искривлённых хвостов в 3,86 раз (до $5,07 \pm 0,43$). Изолированный приём БПК не влиял на морфологию сперматозоидов, что подтверждает его безопасность.

При гистологическом исследовании тестикул не было зафиксировано значительных изменений ни в одной из экспериментальных групп, Архитектура ткани тестикул не нарушена, соединительнотканная внешняя оболочка кольцеобразной формы с миоидными клетками по внутреннему контуру. Эпителио-сперматогенный слой равномерный, в канальцах прослеживаются все типы от сперматогоний до сперматозоидов. Интерстиций из рыхлой соединительной ткани содержит тонкостенные кровеносные сосуды и клетки Лейдига (3-5 в поле зрения). Морфометрические изменения также не были обнаружены.

ОБСУЖДЕНИЕ

В нашем исследовании снижение концентрации тестостерона в сыворотке крови не было существенным, хотя J. Zhang и др. отмечали статистически значимое снижение при ингаляционном воздействии SO₂ в концентрации 26,2 мг/м³ по 4 часа ежедневно в течение двух недель [4]. Недостаток тестостерона влияет на целостность гемато-тестикулярного барьера, процессы мейоза и работу клеток Сертоли, что может привести к нарушению сперматогенеза и снижению качества спермы [5]. Одним из важных параметров, отражающих качество спермы, является морфология сперматозоидов. В этом, а также другом исследовании [6], отмечалось значительное увеличение количества аномальных сперматозоидов, которое, помимо прочего, могло быть вызвано окислительным стрессом, воспалением или структурными повреждениями тестикул. Стоит заметить, что в нашем эксперименте гистоморфологических изменений тестикул не наблюдалось, хотя J. Zhang и др. отмечали местные повреждения семявыносящих канальцев и уменьшение слоёв сперматогенных клеток [4]. Выявленные различия могут быть связаны с небольшой дозой серной кислоты или длительностью эксперимента.

Использование БПК показало значительные успехи в профилактике морфологических изменений сперматозоидов, вызванных воздействием серной кислоты. Положительный эффект данного комплекса можно объяснить антиоксидантными свойствами его компонентов. Как известно, снижение окислительного стресса благотворно влияет на выработку половых гормонов, процессы сперматогенеза и качество спермы [7].

ВЫВОДЫ

Научно обоснованный и экспериментально апробированный БПК, направленный на повышение резистентности организма крыс против серной кислоты (1,2% раствор), показал статистически значимое снижение количества аномально измененных сперматозоидов и тенденцию к увеличению концентрации тестостерона в сыворотке крови.

Разработка мер профилактики токсического воздействия серной кислоты позволит снизить риски для здоровья рабочих, подвергающихся воздействию данного вещества, и благотворно повлиять на здоровье населения в целом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мужское бесплодие в Российской Федерации: статистические данные за 2000-2018 годы / Г. С. Лебедев, Н. А. Голубев, И. А. Шадркин [и др.]. // Экспериментальная и клиническая урология. – 2019. – № 4. – С. 4-13. – DOI 10.29188/2222-8543-2019-11-4-4-12. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41578489> (дата обращения: 10.03.2025). – Текст: электронный
2. Inverse Association between Ambient Sulfur Dioxide Exposure and Semen Quality in Wuhan, China / Y. Liu, Y. Zhou, J. Ma [et al.]. // Environmental Science & Technology. – 2017. – Vol. 51, № 21. – P. 12806-12814. – DOI: 10.1021/acs.est.7b03289. – URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b03289> (дата обращения: 10.03.2025). – Текст: электронный
3. Bhagora, F.S. Acid Rain / F.S. Bhagora // International Journal of Advanced Research in Arts, Science, Engineering & Management (IJARASEM). – 2022. – Vol. 9, №5. – P. 2133-2144. ISSN: 2395-7852. URL: https://ijarasem.com/admin/img/30_Acid.pdf. (Дата обращения: 10.01.2025). – Текст: электронный
4. Sulfur dioxide inhalation lowers sperm quality and alters testicular histology via increasing expression of CREM and ACT proteins in rat testes / J. Zhang, F. Zheng, C. Liang [et al.]. // Environmental Toxicology and Pharmacology. – 2016. – Vol. 47. – P. 47-52. – DOI: 10.1016/j.etap.2016.09.001. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668916302320?via%3Dihub> (дата обращения: 10.03.2025). – Текст: электронный
5. Dutta, S. Male reproductive hormones and semen quality / S. Dutta, P. Sengupta, S. Muhamad. // Asian Pacific Journal of Reproduction. – 2019. – Vol. 8, №5. – P. 189-194. – DOI: 10.4103/2305-0500.268132. – URL: https://journals.lww.com/apjr/fulltext/2019/08050/male_reproductive_hormones_and_semen_quality.2.aspx (дата обращения: 10.03.2025). – Текст: электронный
6. Sodium fluoride and sulfur dioxide affected male reproduction by disturbing blood-testis barrier in mice / J. Zhang, Z. Li, M. Qie, R. Zheng, J. Shetty, J. Wang. // Food and Chemical Toxicology. – 2016. – Vol. 94. – P. 103-111. DOI: 10.1016/j.fct.2016.05.017. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691516301624?via%3Dihub> (дата обращения: 10.03.2025). – Текст: электронный
7. Protective Effect of Nano-Vitamin C on Infertility due to Oxidative Stress Induced by Lead and Arsenic in Male Rats / M. Raeeszadeh, B. Karimfar, A.A. Amiri, A. Akbari. // Journal of Chemistry. – 2021. – Vol. 2021, №1. – P. 9589345. – DOI: 10.1155/2021/9589345. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2021/9589345> (дата обращения: 10.03.2025). – Текст: электронный

Сведения об авторах

Н.А. Гертан* – младший научный сотрудник

В.А. Батенева – лаборант-исследователь

И.А. Минигалиева – доктор биологических наук

М.П. Сутункова – доктор медицинских наук

Information about the authors

N.A. Gertan* – Researcher
V.A. Bateneva – Laboratory research assistant
I.A. Minigalieva – Doctor of Sciences (Biological)
M.P. Sutunkova – Doctor of Sciences (Medicine)
*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):
gertan00@mail.ru

УДК 613.15

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА НА ЕГО МИКРОБНЫЙ СОСТАВ

Горб Диана Александровна, Левина Ксения Александровна, Быкова Виктория Андреевна, Трубин Андрей Владимирович, Рязанова Елизавета Андреевна, Годовалов Анатолий Петрович

ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Минздрава России

Пермь, Россия

Аннотация

Введение. Одним из основных факторов риска респираторных заболеваний является состав воздуха в помещениях. Учебные заведения представляют собой места с высокой плотностью людей и тесным взаимодействием, что является одним из основных факторов риска распространения респираторных инфекций. Ограниченная циркуляция воздуха в аудиториях способствует накоплению загрязняющих веществ и патогенных микроорганизмов. Поэтому важно исследовать, какие методы очистки воздуха могут наиболее эффективно улучшить его качественный состав. **Цель исследования** - изучение влияния различных способов обработки воздуха на его микробный состав. **Материал и методы.** Эксперимент проводился с использованием люстры Чижевского, бактерицидной лампы и распыления диффузором смеси эфирных масел «Он-гارد». **Результаты.** Согласно полученным данным, наиболее эффективным методом борьбы с патогенами в воздухе оказалось использование бактерицидной лампы, которая активно уничтожает микроорганизмы и очищает воздух. В то же время для улучшения внутренней среды учебного помещения, включая микроклимат и ионизацию, люстра Чижевского была самым эффективным способом обработки воздуха. **Выводы.** Проведенные исследования показали, что необходим комбинированный подход к обработке воздуха: использование бактерицидной лампы для периодической дезинфекции и люстры Чижевского или диффузора с эфирными маслами для поддержания комфортного микроклимата и повышения уровня отрицательных аэроионов. Полученные данные могут служить основой для разработки рекомендаций по улучшению качества воздуха в учебных заведениях.

Ключевые слова: воздух, микробный состав, очистка воздуха, гигиена, микробиология.

INFLUENCE OF DIFFERENT AIR TREATMENT METHODS ON ITS MICROBIAL COMPOSITION

Gorb Diana Alexandrovna, Levina Kseniia Alexandrovna, Bykova Victoria Andreevna, Trubin Andrey Vladimirovich, Riazanova Elizaveta Andreevna, Godovalov Anatoly Petrovich

Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner

Perm, Russia

Abstract

Introduction. One of the main risk factors for respiratory diseases is the composition of indoor air. Educational institutions are places with a high density of people and close interaction, which is one of the main risk factors for the spread of respiratory infections. Limited air circulation in classrooms contributes to the accumulation of pollutants and pathogenic microorganisms. Therefore, it is important to investigate which methods of air purification can most effectively improve its qualitative composition. **The aim of the study** is to study the effect of various air treatment methods on its microbial composition. **Material and methods.** The experiment was carried out using a Chizhevsky chandelier, a bactericidal lamp and a diffuser spraying a mixture of essential oils “On-guard”. **Results.** According to the data obtained, the most effective method of combating pathogens in the air was the use of a bactericidal lamp, which actively destroys microorganisms and purifies the air. At the same time, the Chizhevsky chandelier was the most effective method of air treatment to improve the indoor environment of the classroom, including microclimate and ionization.

Conclusions. The conducted studies have shown that a combined approach to air treatment is necessary: the use of a bactericidal lamp for periodic disinfection and a Chizhevsky chandelier or a diffuser with essential oils to maintain a comfortable microclimate and increase the level of negative aeroions. The data obtained can serve as a basis for developing recommendations for improving air quality in educational institutions.

Keywords: air, microbial composition, air purification, hygiene, microbiology.