

## ВЛИЯНИЕ ВОДЫ, ОБОГАЩЁННОЙ МОЛЕКУЛЯРНЫМ ВОДОРОДОМ, НА НАДПОЧЕЧНИКИ МАЛОЙ ДЛИННОХВОСТОЙ ШИНШИЛЛЫ

Д.В. Петров<sup>1,\*</sup>, А.А. Иванов<sup>2</sup>, Е.В. Панина<sup>2</sup>, Н.В. Петрова<sup>1</sup>, А.Е. Сорочан<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУН «Научный центр биомедицинских технологий ФМБА России»  
143442, Российская Федерация, Московская обл., Красногорский р-н, п. Светлые горы, 1

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет —  
МСХА имени К.А. Тимирязева»  
127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49

Введение воды, обогащённой молекулярным водородом, в рацион малой длиннохвостой шиншиллы при клеточном разведении оказало влияние на изменение морфометрических показателей надпочечников животных: надпочечники опытной группы были более компактные, их абсолютная и относительная масса была меньше, чем у интактных животных. Толщина коркового вещества надпочечников в опытной группе достоверно уменьшалась за счёт всех слоёв, включая пучковый, продуцирующий глюкокортикоиды. Применение водородного антиоксиданта в течение длительного периода способствовало снижению воздействия стресса при клеточном содержании и благоприятно отразилось на интерьерных показателях.

**Ключевые слова:** стресс, *Chinchilla lanigera*, водородный антиоксидант, надпочечники

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Петров Д.В., Иванов А.А., Панина Е.В., Петрова Н.В., Сорочан А.Е. Влияние воды, обогащённой молекулярным водородом, на надпочечники малой длиннохвостой шиншиллы. *Биомедицина*. 2023;19(3):71–76. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-19-3-71-76>

Поступила 15.04.2023

Принята после доработки 10.07.2023

Опубликована 10.09.2023

## INFLUENCE OF HYDROGEN WATER ON THE ADRENAL GLANDS OF *CHINCILLA LANIGERA*

Dmitry V. Petrov<sup>1,\*</sup>, Alexey A. Ivanov<sup>2</sup>, Elena V. Panina<sup>2</sup>,  
Natalia V. Petrova<sup>1</sup>, Anastasia E. Sorochan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Scientific Center of Biomedical Technologies of the Federal Medical and Biological Agency of Russia  
143442, Russian Federation, Moscow Region, Krasnogorsk District, Svetlye Gory Village, 1

<sup>2</sup> Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy  
127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49

The introduction of hydrogen water into the diet of cage-bred *Chinchilla lanigera* (long-tailed chinchilla) was found to affect the morphometric parameters of their adrenal glands. Thus, the adrenal glands of the experimental group were more compact, with their absolute and relative mass being less than that in intact animals. The thickness of the adrenal cortex in the experimental group significantly decreased due to all layers, including the fascicular layer, producing glucocorticoids. The prolonged use of the hydrogen anti-oxidant reduced the impact of stress in cage-bred animals and had a positive effect on their life indicators.

**Keywords:** stress, *Chinchilla lanigera*, hydrogen antioxidant, adrenal glands

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Petrov D.V., Ivanov A.A., Panina E.V., Petrova N.V., Sorochan A.E. Influence of Hydrogen Water on the Adrenal Glands of *Chinchilla lanigera*. *Journal Biomed.* 2023;19(3):71–76. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-19-3-71-76>

Submitted 15.04.2023

Revised 10.07.2023

Published 10.09.2023

## Введение

В процессе разведения, содержания и транспортировки лабораторных животных одной из важных проблем является появление стресса, приводящего к снижению адаптационных возможностей организма и возникновению заболеваний различной этиологии.

Для преодоления негативных последствий стресса становится актуальным применение веществ, обладающих антиоксидантной активностью, которые позволяют не только повысить адаптационные возможности, но и скорректировать поведение животных, тем самым снижая вероятность проявления стереотипных форм и агрессии [4, 8].

К таким биологически активным веществам относят и молекулярный водород, преимуществом которого является небольшая молекулярная масса. Не нарушая физиологические процессы организма, молекулярный водород легко диффундирует в клетки, не повреждая их основные жизненно важные элементы, и купирует избыточную свободнорадикальную активность [3, 7]. Многочисленные исследования показали, что молекулярный водород не только снижает количество свободных радикалов, вызывающих окислительный стресс, но и действует как противовоспалительное и противоаллергическое средство, а также стимулирует процессы энергетического обмена и способствует активации регенерации клеток после оперативного вмешательства, в т. ч. и кардиохирургии [1].

Во многих странах применение молекулярного водорода в лечебных и профилактических целях официально не разре-

шено в связи с тем, что мало исследованы механизмы цитопротективного действия водородного антиоксиданта, недостаточно клинических исследований и отсутствуют длительные токсикологические эксперименты [5]. Лишь в Японии молекулярный водород лицензирован как пищевая добавка и используется как безопасный питьевой продукт.

Известно, что надпочечники являются важным звеном эндокринной системы, отвечающей за поддержание гомеостаза и способствующей адаптации организма к различным изменениям окружающей среды.

При воздействии стресса на организм животного в надпочечниках происходит увеличение паренхимы коркового вещества и усиливается наполнение сосудов кровью.

На фоне внешних положительных эффектов от введения антиоксидантов в рацион лабораторных животных при клеточном содержании и недостатка информации по действию водородного антиоксиданта на эндокринную систему, **целью** нашей работы стало изучение влияния воды, обогащённой молекулярным водородом, на гистологическую структуру надпочечников малой длиннохвостой шиншиллы в возрастном аспекте.

## Материалы и методы

Для проведения эксперимента были отобраны десять самцов *Chinchilla lanigera* двухмесячного возраста со средней живой массой 270 г. Животные содержались в отдельных клетках при световом режиме 12/12, температуре помещения 20–22 °С

и влажности 40–50%. Кормление производилось гранулированным полнорационным комбикормом для шиншилл со свободным доступом к корму и воде. Поение в обеих группах осуществлялось автоматизированной системой, к которой в опытной группе был подключён аппарат для генерации молекулярного водорода Lourdes HS-81 («GrünePerlen GmbH», Германия). Содержание и обращение с животными в научном эксперименте соответствовали требованиям международных правил надлежащей лабораторной практики, Федерального закона «О защите животных от жестокого обращения» от 01.09.1997 г. [6]. Протокол эксперимента был одобрен биоэтической комиссией ФГБУН НЦБМТ ФМБА России.

В возрасте 36 мес. трёх средних по массе шиншилл из группы подвергали эвтаназии, извлекали надпочечники, взвешивали их и готовили гистологические препараты по стандартным методикам (фиксацией в 10%-ном р-ре формалина, заливкой в парафин, изготовлением срезов толщиной 10–15 мкм при помощи микротомы, окраской гематоксилином и эозином). Готовые препараты микроскопировались, измерялась толщина коркового и мозгового вещества. Полученные данные обрабатывались статистически.

## Результаты и их обсуждение

При постановке на эксперимент абсолютная масса надпочечников животных в возрасте 2 мес. составила 110 мг; относительная масса — 0,03%. В возрасте 3 лет у самцов интактной группы масса надпочечников составляла 290 мг; относительная масса — 0,06%. В опытной группе этот показатель составил 156 мг; относительная масса — 0,03%, по отношению к средней живой массе в группе.

В возрасте 2 мес. толщина коркового слоя надпочечников составила 552 мкм (в т. ч. клубочковой зоны — 30 мкм, пуч-

ковой — 414 мкм, сетчатой — 107 мкм), мозгового — 318 мкм. Включение в рацион малой длиннохвостой шиншиллы водородного антиоксиданта способствовало изменению гистологической структуры коры надпочечников особой опытной группы. Все показатели линейных промеров отдельных зон и коркового вещества в целом в опытной группе достоверно ( $p < 0,001$ ) отличались от контрольной. Особенно это касается пучковой зоны, где вырабатываются гормоны, отвечающие не только за углеводный обмен, но и приспособливающие организм к неблагоприятным воздействиям окружающей среды, к числу которых относится и стресс. Так, общая толщина коркового вещества в контрольной группе составила 1022 мкм, что на 33% больше, чем в опытной группе (табл.).

Ширина клубочковой зоны в контрольной группе составила 79 мкм, а в опытной — на 48% меньше (табл.). Толщина пучковой зоны шиншилл контрольной группы составила 849 мкм, что на 31% больше, чем в опытной. Сетчатая зона коркового вещества надпочечников животных контрольной группы превосходила такую в опытной группе на 38%.

Толщина мозгового слоя в обеих группах различалась незначительно.

Предполагаем, что животные опытной группы лучше преодолевали стресс в отличие от особой контрольной группы, у которой кора надпочечников гипертрофировалась, в т. ч. и за счёт пучковой зоны.

Кроме того, в контрольной группе у одного самца в пучковой зоне коры было обнаружено большое количество крупных клеток с липидными включениями: это говорит о том, что животным контрольной группы необходимо накапливать больше липидов для выработки предшественников (холестерина) и самих стероидных гормонов для преодоления стрессовой нагрузки.

В работах ряда отечественных авторов, исследовавших этот аспект, отмечались

**Table.** Histological parameters of the adrenal cortex *Chinchilla lanigera*,  $M \pm m$ ,  $\mu m$

Толщина	Возраст		
	2 мес.	36 мес.	
		контрольная группа	опытная группа
клубочковой зоны	30 $\pm$ 1,6	79 $\pm$ 4,0	41 $\pm$ 1,3*
пучковой зоны	414 $\pm$ 21,8	849 $\pm$ 26,2	587 $\pm$ 14,0*
сетчатой зоны	107 $\pm$ 23,5	94 $\pm$ 6,2	58 $\pm$ 3,6*
коры в целом	552 $\pm$ 9,5	1022 $\pm$ 31,3	686 $\pm$ 15,0*
мозгового слоя	318 $\pm$ 47,3	503 $\pm$ 103,2	517 $\pm$ 124,6

**Примечание:** \* — разница между группами достоверна при  $p < 0,001$ .

**Note:** \* — the difference between the groups is significant at  $p < 0,001$ .

## Выводы

подобные изменения, сопровождавшие-ся дистрофией и нарушением клеточной архитектоники. Включение препаратов, обладающих антиоксидантными свойствами, снижало деструкцию зон коры надпочечников и сохраняло их функциональность [2].

Перед началом эксперимента относительные размеры слоёв коркового вещества надпочечников шиншиллы были следующие: клубочковый слой составил 6%, пучковый — 75%, сетчатый — 19%. В возрасте 36 мес. в контрольной группе клубочковый слой составил 8%, пучковый — 83%, сетчатый — 9%; в опытной — 6%, 86% и 8% соответственно.

В результате проведённого анализа было выявлено, что надпочечники шиншиллы опытной группы были более компактные, их абсолютная и относительная масса на 50% меньше, чем у животных интактной группы. Толщина коркового вещества надпочечников в опытной группе достоверно ( $p < 0,001$ ) меньше, в т. ч. и за счёт всех слоёв, включая пучковый, где вырабатываются «антистрессовые» гормоны. Таким образом, введение в рацион малой длиннохвостой шиншиллы воды, обогащённой молекулярным водородом, в течение длительного периода (36 мес.) позволило существенно снизить воздействие стресс-факторов при клеточном содержании и помочь шиншиллам легче преодолеть их последствия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Данилова Д.А., Бричкин Ю.Д., Медведев А.П., Пичугин В.В., Федоров С.А., Таранов Е.В., Назаров Е.И., Рязанов М.В., Большухин Г.В., Дерюгина А.В. Использование молекулярного водорода при операциях на сердце в условиях искусственного кровообращения. *Современные технологии в медицине*. 2021;13(1):71–77. [Danilova D.A., Brichkin Yu.D., Medvedev A.P., Pichugin V.V., Fedorov S.A., Taranov E.V., Nazarov E.I., Ryazanov M.V., Bolshukhin G.V., Deryugina A.V. Ispol'zovanie molekulyarnogo vodoroda pri operatsiyakh na serdtse v usloviyakh iskusstvennogo krovoobrashcheniya [Application of molecular hydrogen in heart surgery under cardiopulmonary bypass]. *Sovremennyye tekhnologii v meditsine* [Modern technologies in medicine]. 2021;13(1):71–77. (In Russian)]. DOI: 10.17691/stm2021.13.1.09.
2. Иванова И.К., Шантанова Л.Н., Бальхаев И.М. Влияние фитоадаптогена «Полифитотон» на структуру надпочечников белых крыс при иммобилизационном стрессе. *Acta biomedica scientifica*. 2011;1(77(2)):142–144. [Ivanova I.K., Shantano-va L.N., Bal'khayev I.M. Vliyanie fitoadaptogena «Polifitoton» na strukturu nadpochechnikov belykh krys pri immobilizatsionnom stresse [Influence of the phytoadaptogen «Polyphytoton» on the structure of the adrenal glands of white rats under immobilization stress]. *Acta biomedica scientifica*. 2011;1(77(2)):142–144. (In Russian)].
3. Лапин А.А., Каратаев О.Р., Гарифуллин И.Г., Литвинов С.Д., Зеленков В.Н. Перспективы ис-

- пользования молекулярного водорода в экологич-  
ной и спортивной медицине (обзор литературы).  
*Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врачи и Здоровье*. 2021;11(6):33–41. [Lapin A.A., Karatayev O.R., Garifullin I.G., Litvinov S.D., Zelenkov V.N. Perspektivy ispol'zovaniya molekulyarnogo vodoroda v ekologichnoy i sportivnoy meditsine (obzor literatury) [Prospects for using molecular hydrogen in environmental and sport medicine (literature review)]. *Vestnik meditsinskogo instituta "REAVIZ". Reabilitatsiya, Vrach i Zdorov'e* [Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ" (Rehabilitation, Doctor and Health)]. 2021;11(6):33–41. (In Russian)]. DOI: 10.20340/vmi-rvz.2021.6.PHYS.2.
4. Петров Д.В., Иванов А.А., Панина Е.В., Пантелеев С.В. Влияние воды, обогащённой молекулярным водородом, на поведение самцов *Chinchilla lanigera*. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2021;9(111):176–181. [Petrov D.V., Ivanov A.A., Panina Ye.V., Panteleyev S.V. Vliyanie vody, obogashchennoy molekulyarnym vodorodom, na povedenie samtsov *Chinchilla lanigera* [Effect of water enriched with molecular hydrogen on the behavior of *Chinchilla lanigera* males]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Research Journal]. 2021;9(111):176–181. (In Russian)]. DOI: 10.23670/IRJ.2021.9.111.029.
5. Рахманин Ю.А., Егорова Н.А., Михайлова Р.И., Рыжова И.Н., Каменецкая Д.Б., Кочеткова М.Г. Молекулярный водород: биологическое действие, возможности применения в здравоохранении (обзор). *Hygiene & Sanitation*. 2019;98(4):359–365. [Rakhmanin Yu.A., Yegorova N.A., Mikhaylova R.I., Ryzhova I.N., Kamenetskaya D.B., Kochetkova M.G. Molekulyarnyy vodorod: biologicheskoe deystvie, vozmozhnosti primeneniya v zdravookhraneni (obzor) [Molecular hydrogen: Biological effects, potential healthcare applications (review)]. *Hygiene & Sanitation*. 2019;98(4):359–365. (In Russian)]. DOI: 10.47470/0016-9900-2019-98-4-359-365.
6. *Руководство по лабораторным животным и альтернативным моделям в биомедицинских исследованиях*. Под ред. Н.Н. Каркищенко и др. М.: Профиль-2С, 2010:358. [*Rukovodstvo po laboratornym zhiivotnym i al'ternativnym modelyam v biomeditsinskih issledovaniyakh* [Manual on laboratory animals and alternative models in biomedical research]. Ed. by N.N. Karkischenko, et al. Moscow: Profil'-2S Publ., 2010:358. (In Russian)].
7. Lili F., Huayu Ch., Junhui L., Da Ch., Yuexiang H. Controllable synthesis of hydrogen bubbles via aeration method for efficient antioxidant process. *Applied Nanoscience*. 2021;11:833–840. DOI: 10.1007/s13204-020-01652-z.
8. Panina E.V., Ivanov A.A., Petrov D.V., Panteleev S.V. Behavior of *Chinchilla lanigera* under cage keeping with the introduction of molecular hydrogen into the diet. *E3S Web of Conferences*. 2021;254:08008. DOI: 10.1051/e3sconf/202125408008.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Петров Дмитрий Валерьевич\***, ФГБУН «Научный центр биомедицинских технологий ФМБА России»;  
[e-mail: 1941-65@mail.ru](mailto:1941-65@mail.ru)

**Иванов Алексей Алексеевич**, д.б.н., проф., ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева»;  
[e-mail: aivanov@rgau-msha.ru](mailto:aivanov@rgau-msha.ru)

**Панина Елена Витальевна**, к.б.н., доц., ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева»;  
[e-mail: epanina@rgau-msha.ru](mailto:epanina@rgau-msha.ru)

**Dmitry V. Petrov\***, Scientific Center of Biomedical Technologies of the Federal Medical and Biological Agency of Russia;  
[e-mail: 1941-65@mail.ru](mailto:1941-65@mail.ru)

**Alexey A. Ivanov**, Dr. Sci. (Biol.), Prof., Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy;  
[e-mail: aivanov@rgau-msha.ru](mailto:aivanov@rgau-msha.ru)

**Elena V. Panina**, Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy;  
[e-mail: epanina@rgau-msha.ru](mailto:epanina@rgau-msha.ru)

**Петрова Наталья Владимировна**, ФГБУН  
«Научный центр биомедицинских технологий  
ФМБА России»;

**[e-mail: m-sklad@yandex.ru](mailto:m-sklad@yandex.ru)**

**Natalia V. Petrova**, Scientific Center of Biomedical  
Technologies of the Federal Medical and Biological  
Agency of Russia;

**[e-mail: m-sklad@yandex.ru](mailto:m-sklad@yandex.ru)**

**Сорочан Анастасия Евгеньевна**, ФГБОУ ВО  
«Российский государственный аграрный уни-  
верситет — МСХА имени К.А. Тимирязева»;

**[e-mail: anasta.sorochan@yandex.ru](mailto:anasta.sorochan@yandex.ru)**

**Anastasia E. Sorochan**, Russian State Agrarian  
University — Moscow Timiryazev Agricultural  
Academy;

**[e-mail: anasta.sorochan@yandex.ru](mailto:anasta.sorochan@yandex.ru)**

---

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author