

Раздел 5. «Химия»

МРНТИ 31.27.23

В.С. Дедикина, Е.А. Григорьева, В.Е. Сергеева

*Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова***Реакция щитовидной железы лабораторных хомяков на воздействие водорастворимого кремния**

Рассмотрены морфологические особенности структур щитовидной железы на поступление водорастворимого кремния в концентрации 20 мг/л в течение 3 месяцев. У лабораторных животных, употреблявших воду с кремнием, выявлены: снижение высоты эпителия, увеличение периметра и площади ядер, увеличение периметра и площади фолликулов.

Ключевые слова: щитовидная железа, силикаты, водорастворимый кремний, морфология щитовидной железы

Кремний (Si от лат. Silicium) — элемент четырнадцатой группы (по старой классификации — главной подгруппы четвёртой группы), третьего периода периодической системы химических элементов с атомным номером 14. Атомная масса 28,085. Неметалл, второй по распространённости химический элемент в земной коре (после кислорода) [1, 10]. Предполагается, что количество кремния, поступающего за сутки находится в пределах 20-30 мг. С пищей за сутки в организм поступает около 3,5 мг кремния и его соединений, а с воздухом до 15 мг. [6, 8, 11, 13]. Соединения кремния, активно используется в виде добавки в производстве пищи, в фармакологии, косметологии и медицине [4, 5, 15]. Самым распространённым и известным заболеванием, который вызывает кремний, является силикоз легких. Он возникает при вдыхании кристаллической кремнеземной пыли. При этом в легких возникают узелковые очаги воспаления и рубцевания, преимущественно в верхних долях легкого [7, 9]. Щитовидная железа в свою очередь является жизненно важным органом человека. Щитовидная железа – эндокринная железа у позвоночных, хранящая йод и вырабатывающая йодосодержащие гормоны (йодтиронины), участвующие в регуляции обмена веществ и росте отдельных клеток, а также организма в целом – тироксин (тетрайодтиронин, Т4) и трийодтиронин (Т3). Синтез этих гормонов происходит в эпителиальных фолликулярных клетках, называемых тироцитами. При попадании чужеродных веществ в организм щитовидная железа обязательно реагирует изменением всех своих функций. В настоящее время недостаточно изучено влияние на организм соединений кремния, поступающих с питьевой водой. Имеющиеся данные свидетельствуют, что длительное поступление кремния с питьевой водой может приводить к изменениям эндокринного баланса, а также этот химический элемент способен изменять скорость синтеза гормонов щитовидной железы [2, 12].

Цель работы: Изучить морфологические особенности структур щитовидной железы на поступление водорастворимого кремния в концентрации 20 мг/л в пересчете на кремний в течение 3 месяцев.

Задачи:

Изучить общегистологическое строение щитовидной железы;

Визуально оценить состояние щитовидной железы при поступлении водорастворимого кремния;

Провести морфометрию изучаемых структур (высота эпителия фолликула, площадь и периметр ядер и фолликулов) щитовидной железы;

Провести статистическую обработку данных.

Материалы и методы:

Эксперименты были проведены на 6 хомяках-самцах одного возраста массой 20-30 г. Животные были разделены на две группы: интактные (контрольная группа) хомяки ($n=3$), получавшие стандартизованную питьевую бутилированную воду, опытная группа ($n=3$), получавшая такую же воду, но с добавлением натрия метасиликата девятиводного ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \times 9\text{H}_2\text{O}$) в концентрации 20 мг/л в перерасчете на кремний (предельно допустимая концентрация кремния в питьевой воде согласно действующему СанПиН 2.1.3684-21 [3]). Животные были выведены из эксперимента через 3 месяца от

Раздел 5. «Химия»

его начала. Органы извлекались и фиксировались в 4%-ном нейтральном формалине и заливались в парафин. После депарафинизации срезы (5 мкм) окрашивались общегистологическим методом гематоксилин-эозином. Микроскопирование гистологических препаратов и морфометрию ядер тироцитов и фолликулов щитовидной железы проводили с помощью микроскопа МИКМЕД-6 и цифровой камеры AmScore (MU1000). Анализ полученных данных проводили в программе Microsoft Excel.

Форму ядра определяли, используя формулы для расчета коэффициента формы (КФ) и индекса контура (ИК), отражающих рельеф его поверхности [14].

Все показатели средней величины в работе представлены со стандартной ошибкой среднего значения, в виде $M \pm m$. Статистическую значимость отличий определяли методами непараметрической статистики, разницу принимали как статистически значимую при $p < 0,05$.

Нами были изучены площадь и периметр фолликулов, площадь и периметр ядер, а также измерена высота эпителия фолликулов. Гистологическая характеристика ядер и фолликулов щитовидной железы лабораторных хомяков контрольной и опытной групп, получавших кремний с питьевой водой, в течение трех месяцев не однотипна. Визуально можно заметить, что ядра фолликулов щитовидной железы хомяков контрольной группы имеют более округлую форму. У хомяков опытной группы ядра фолликулов визуально отличаются от контрольной. Так ядра фолликулов щитовидной железы опытной группы имеют более уплощенную форму.

Для подтверждения визуально наблюдаемых изменений проведена морфометрия структур щитовидной железы. Так, при сравнении площади и периметра фолликулов щитовидной железы хомяков контрольной и опытной групп мы получили следующие данные: площадь фолликулов контрольной группы составила $1277,4 \pm 97,7$ мкм², опытной группы $1778,07 \pm 164,38$ мкм², что указывает на увеличение площади фолликулов щитовидной железы опытной группы. Периметр фолликулов контрольной группы составил $113,57 \pm 3,82$ мкм, а опытной $134,35 \pm 12,42$ мкм. У животных, употреблявших воду с кремнием, произошло увеличение среднего диаметра фолликулов.

При сравнении размерных характеристик ядер щитовидной железы хомяков контрольной и опытной групп, мы получили следующие данные: площадь ядер щитовидной железы хомяков контрольной группы составила $13,96 \pm 0,19$ мкм², опытной группы $15,94 \pm 0,25$ мкм². Периметр ядра щитовидной железы контрольной группы составила $12,66 \pm 0,09$ мкм, а опытной $13,73 \pm 0,104$ мкм.

Кроме того, при сравнении высоты эпителия фолликулов щитовидной железы хомяков было выявлено уменьшение изменения этого показателя у хомяков опытной группы (высота эпителия фолликулов щитовидной железы контрольной группы – $4,405 \pm 0,09$ мкм, опытной группы – $3,77 \pm 0,05$ мкм).

Определяли коэффициент формы и индекс контура ядра тироцитов щитовидной железы. В щитовидной железе лабораторных хомяков контрольной группы было выявлено, что коэффициент формы (КФ) ядра тироцитов составил 1,08, в то время как в тироцитах щитовидной железы опытной группы данный показатель составил 1,05. Индекс контура ядра тироцитов в щитовидной железе контрольной группы составил 3,41, а в опытной – 3,47 соответственно. Данные изменения позволяют нам предположить, что при увеличении площади ядра идет увеличение их степени округлости.

Таким образом, поступление водорастворимого кремния с питьевой водой в течение трех месяцев приводит к следующим изменениям в щитовидной железе хомяков: увеличивается периметр и площадь фолликулов щитовидной железы; увеличивается периметр и площадь ядер тироцитов щитовидной железы; снижается высота эпителия фолликулов щитовидной железы; уменьшается степень округлости ядер тироцитов щитовидной железы; при увеличении площади ядра увеличивается их степень округлости.

Литература

- 1 Гордова, В.С. Основы биосилификации / В.С. Гордова, С.П. Сапожников, В.Е. Сергеева, П.Б. Карышев // Вестник Чувашского университета. – 2013. – № 3. – С. 401-409.
- 2 Гордова В.С. Морфологическая адаптация внутренних органов к поступлению в организм водорастворимого соединения кремния / В.С. Гордова, В.Е. Сергеева, С.П. Сапожников. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2021. С. 49-54.

Раздел 5. «Химия»

3 О гигиеническом нормировании соединений кремния в питьевой воде (обзор литературы) / Ю. А. Рахманин, Н. А. Егорова, Р. И. Михайлова, И. Н. Рыжова, М. Г. Кочеткова // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100. № 10. – С. 1077-1083.

4 Aureli, F. Determination of Total Silicon and SiO₂ Particles Using an ICP-MS Based Analytical Platform for Toxicokinetic Studies of Synthetic Amorphous Silica. *Nanomaterials (Basel)* / F. Aureli, M. Ciprotti, M. D'Amato et al. // 2020. – N 10 (5):888. – doi:10.3390/nano10050888.

5 Barahona, F. Multimethod approach for the detection and characterisation of food-grade synthetic amorphous silica nanoparticles / F. Barahona, I. Ojea-Jimenez, O. Geiss, D. Gilliland, J. Barrero-Moreno // *J Chromatogr A*. – 2016. – doi: 10.1016/j.chroma.2015.12.058.

6 Choi, M.K. Dietary Silicon Intake of Korean Young Adult Males and Its Relation to their Bone Status / M.K. Choi, M.H. Kim // *Biol Trace Elem Res*. – 2017. – N 176 (1). – P. 89-104. – doi: 10.1007/s12011-016-0817-x.

7 Dai, C. Research progress about the relationship between nanoparticles silicon dioxide and lung cancer / C. Dai, Y. Huang, Y. Zhou // *Zhongguo Fei Ai Za Zhi*. – 2014. – N 17(10). – P. 760-4. – doi: 10.3779/j.issn.1009-3419.2014.10.09.

8 Jugdaohsingh, R. Dietary silicon intake and absorption / R. Jugdaohsingh, S.H. Anderson, K.L. Tucker et. al. // *Am J Clin Nutr*. – 2002. – N 75(5). – P. 887-93. – doi: 10.1093/ajcn/75.5.887. PMID: 11976163.

9 Lotfipour, F. Safety and Toxicity Issues of Therapeutically Used Nanoparticles from the Oral Route / F. Lotfipour, S. Shahi, A. Farjami, S. Salatin et al. // *Biomed Res Int*. – 2021. – 2021:9322282. – doi: 10.1155/2021/9322282.

10 Martin, K.R. Silicon: the health benefits of a metalloid // *Met Ions Life Sci*. – 2013. – N 13. – P. 451-73. – doi: 10.1007/978-94-007-7500-8_14.

11 Najda J, Gmiński J, Drózd M, Zych F. The influence of inorganic silicon (Si) on pituitary-thyroid axis. *Biol Trace Elem Res*. 1993 May-Jun;37(2-3):101-6. doi: 10.1007/BF02783785. PMID: 7688523.

12 Prescha, A. Dietary Silicon and Its Impact on Plasma Silicon Levels in the Polish Population / A. Prescha, K. Zablocka-Słowińska, H. Grajeta // *Nutrients*. – 2019. – N 11(5). – P. 980. – doi: 10.3390/nu11050980.

13 Robberecht, H. Dietary silicon intake in Belgium: Sources, availability from foods, and human serum levels / H. Robberecht, R. Van Cauwenbergh, V. Van Vlaslaer, N. Hermans // *Sci Total Environ*. – 2009. – N. 407(16). – P. 4777-4782. – doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.05.019.

14 Smitha T, Sharada P, Girish H. Morphometry of the basal cell layer of oral leukoplakia and oral squamous cell carcinoma using computer-aided image analysis. *J Oral Maxillofac Pathol*. 2011; 15(1):26-33. DOI: 10.4103/0973-029X.8003

15 Yoo, N.K. Determination of Two Differently Manufactured Silicon Dioxide Nanoparticles by Cloud Point Extraction Approach in Intestinal Cells, Intestinal Barriers and Tissues. / N.K. Yoo, Y.R. Jeon, S.J. Choi // *Int J Mol Sci*. – 2021. – N 22(13). – P. 7035. – doi: 10.3390/ijms22137035.

В.С. Дедикина, Е.А. Григорьева, В.Е. Сергеева

Зертханалық хомықтардың суда еритін кремнийдің әсеріне қалқанша безінің реакциясы

3 ай ішінде 20 мг/л концентрацияда суда еритін кремнийді қабылдау үшін қалқанша безінің құрылымдарының морфологиялық ерекшеліктері қарастырылады. Кремний қосылған суды пайдаланған зертханалық жануарларда: эпителий биіктігінің төмендеуі, ядролардың периметрі мен ауданының ұлғаюы, фолликулалардың периметрі мен ауданының ұлғаюы анықталды.

Түйін сөздер: қалқанша без, силикаттар, суда еритін кремний, қалқанша безінің морфологиясы

Раздел 5. «Химия»

V.S. Dedikina, E.A. Grigorieva, V.E. Sergeeva

Reaction of the thyroid gland of laboratory hamsters to the effect of water-soluble silicon

Morphological features of thyroid gland structures for the intake of water-soluble silicon at a concentration of 20 mg/l for 3 months are considered. In laboratory animals that consumed water with silicon, revealed: a decrease in the height of the epithelium, an increase in the perimeter and area of the nuclei, an increase in the perimeter and area of the follicles.

Key words: thyroid gland, silicates, water-soluble silicon, morphology of the thyroid gland

Literature

1. Gordova, V.S. Fundamentals of biosilification / V.S. Gordova, S.P. Sapozhnikov, V.E. Sergeeva, P.B. Karyshev // Bulletin of the Chuvash University. - 2013. – N 3. – pp. 401-409.
2. Gordova V.S. Morphological adaptation of internal organs to the ingestion of a water-soluble silicon compound / V.S. Gordova, V.E. Sergeeva, S.P. Sapozhnikov. Cheboksary: Chuvash Publishing House. Urita, 2021. pp. 49-54.
3. On hygienic rationing of silicon compounds in drinking water (literature review) / Yu. A. Rakhmanin, N. A. Egorova, R. I. Mikhailova, I. N. Ryzhova, M. G. Kochetkova // Hygiene and sanitation. - 2021. – Vol. 100. No. 10. – pp. 1077-1083.
4. Aureli, F. Determination of Total Silicon and SiO₂ Particles Using an ICP-MS Based Analytical Platform for Toxicokinetic Studies of Synthetic Amorphous Silica. Nanomaterials (Basel) / F. Aureli, M. Ciprotti, M. D'Amato et al. // 2020. – N 10 (5):888. – doi:10.3390/nano10050888.
5. Barahona, F. Multimethod approach for the detection and characterisation of food-grade synthetic amorphous silica nanoparticles / F. Barahona, I. Ojea-Jimenez, O. Geiss, D. Gilliland, J. Barrero-Moreno // J Chromatogr A. – 2016. – doi: 10.1016/j.chroma.2015.12.058.
6. Choi, M.K. Dietary Silicon Intake of Korean Young Adult Males and Its Relation to their Bone Status / M.K. Choi, M.H. Kim // Biol Trace Elem Res. – 2017. – N 176 (1). – P. 89-104. – doi: 10.1007/s12011-016-0817-x.
7. Dai, C. Research progress about the relationship between nanoparticles silicon dioxide and lung cancer / C. Dai, Y. Huang, Y. Zhou // Zhongguo Fei Ai Za Zhi. –2014. – N 17(10). – P. 760-4. – doi: 10.3779/j.issn.1009-3419.2014.10.09.
8. Jugdaohsingh, R. Dietary silicon intake and absorption / R. Jugdaohsingh, S.H. Anderson, K.L. Tucker et. al. // Am J Clin Nutr. – 2002. – N 75(5). – P. 887-93. – doi: 10.1093/ajcn/75.5.887. PMID: 11976163.
9. Lotfipour, F. Safety and Toxicity Issues of Therapeutically Used Nanoparticles from the Oral Route / F. Lotfipour, S. Shahi, A. Farjami, S. Salatin et al. // Biomed Res Int. – 2021. – 2021:9322282. – doi: 10.1155/2021/9322282.
10. Martin, K.R. Silicon: the health benefits of a metalloid // Met Ions Life Sci. – 2013. – N 13. –P. 451-73. – doi: 10.1007/978-94-007-7500-8_14.
11. Najda J, Gmiński J, Drózd M, Zych F. The influence of inorganic silicon (Si) on pituitary-thyroid axis. Biol Trace Elem Res. 1993 May-Jun;37(2-3):101-6. doi: 10.1007/BF02783785. PMID: 7688523.
12. Prescha, A. Dietary Silicon and Its Impact on Plasma Silicon Levels in the Polish Population / A. Prescha, K. Zabłocka-Słowińska, H. Grajeta // Nutrients. – 2019. – N 11(5). – P. 980. – doi: 10.3390/nu11050980.
13. Robberecht, H. Dietary silicon intake in Belgium: Sources, availability from foods, and human serum levels / H. Robberecht, R. Van Cauwenbergh, V. Van Vlaslaer, N. Hermans // Sci Total Environ. – 2009. – N. 407(16). – P. 4777-4782. – doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.05.019.
14. Smitha T, Sharada P, Girish H. Morphometry of the basal cell layer of oral leukoplakia and oral squamous cell carcinoma using computer-aided image analysis. J Oral Maxillofac Pathol. 2011; 15(1):26-33. DOI: 10.4103/0973-029X.8003
15. Yoo, N.K. Determination of Two Differently Manufactured Silicon Dioxide Nanoparticles by Cloud Point Extraction Approach in Intestinal Cells, Intestinal Barriers and Tissues. / N.K. Yoo, Y.R. Jeon, S.J. Choi // Int J Mol Sci. – 2021. –N 22(13). – P. 7035. – doi: 10.3390/ijms22137035.