

## Морфологические изменения щитовидной железы крыс после введения хлорида магния

*Р.В. Янко, Е.Г. Чака, М.И. Левашов*

Институт физиологии им. А.А. Богомольца Национальной академии наук Украины, Киев, Украина

*Введение.* Магний принимает непосредственное участие в функционировании щитовидной железы. Тем не менее данные о гистоморфологических изменениях железы после введения ионов магния неоднозначны. Это может быть связано с применением различных источников магния в экспериментах, разной дозировкой магниесодержащих препаратов, использованием в опытах животных неодинакового возраста, сезонностью и продолжительностью проведения экспериментов. Цель – исследование морфологических изменений щитовидной железы молодых крыс после введения хлорида магния.

*Материал и методы.* Эксперименты были выполнены на 24 крысах – самцах линии Вистар 3-месячного возраста. Подопытные животные в дополнение к стандартному рациону питания ежедневно в течение 21 суток получали хлорид магния в дозе 50 мг/кг массы тела. Из ткани щитовидной железы изготавливали гистологические препараты по стандартной методике. Морфометрию железы осуществляли на цифровых изображениях с помощью компьютерной программы Image J. В сыворотке крови и суспензии эритроцитов определяли содержание катионов магния.

*Результаты.* Полученные данные свидетельствуют о том, что 21-суточное введение хлорида магния крысам приводит к снижению площади поперечного сечения фолликулов и коллоида, росту фолликулярно-коллоидного индекса, количества тиреоцитов в фолликуле, резорбционных вакуолей в коллоиде, увеличению численности интерфолликулярных островков, снижению индекса накопления коллоида, уменьшению относительной площади стромы в железе. У подопытных крыс выявлено умеренное повышение содержания магния в суспензии эритроцитов.

*Заключение.* Введение хлорида магния сопровождается появлением морфологических признаков активации синтетической активности щитовидной железы.

**Ключевые слова:** магний, щитовидная железа, морфометрические показатели

**Для корреспонденции:** Роман Васильевич Янко. E-mail: biolag@ukr.net

**Для цитирования:** Р.В. Янко, Е.Г. Чака, М.И. Левашов. Морфологические изменения щитовидной железы крыс после введения хлорида магния. Клини. эксп. морфология. 2019;8(3):41-47. DOI: 10.31088/СЕМ2019.8.3.41-47

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках государственного задания Института физиологии им. А.А. Богомольца НАН Украины (№ 0116U004472).

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 07.08.2019. Получена после рецензирования 27.08.2019. Принята в печать 18.09.2019.

## Morphological changes in the thyroid gland of rats after magnesium chloride ingestion

*R.V. Yanko, E.G. Chaka, M.I. Levashov*

Bogomoletz Institute of Physiology National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

*Introduction.* Magnesium is directly involved in the thyroid gland function. However, the data about the thyroid gland histomorphological changes after magnesium ions influence are often ambiguous. This may be due to the use of the various magnesium sources of in experiments, differences in the magnesium-containing compounds dosage of, animals ages, seasonality and duration of the experiments. The aim of the study was to investigate the morphological changes in the thyroid of young rats after the magnesium chloride ingestion.

*Materials and methods.* The experiments were performed on 24 Wistar male rats of 3 months of age. Animals of the experimental group, in addition to the standard diet, received magnesium chloride daily for 21 days at a dose of 50 mg/kg of body weight. Histological slides were made from the thyroid tissue according to the standard method. The gland morphometry was performed on digital images using the computer program Image J. The magnesium cations level in the serum and suspension of red blood cells was determined.

*Results.* The data indicate that the 21 daily magnesium chloride ingestion in rats leads to a decrease in cross-sectional area of thyroid follicles and colloid, to the increase of follicular-colloidal index, the number of thyro-

cytes in the follicle and resorption vacuoles in the colloid. Also, the growth of the interfollicular islets number, the reduction of the colloid accumulation index, the decrease of the relative gland stromal area were observed. The rats of the experimental group revealed a moderate growth in the magnesium content in the erythrocyte suspension.

**Conclusions.** Thus, the magnesium chloride ingestion is succeeded by the appearance histomorphological features of the synthetic activity in the thyroid gland.

**Key words:** magnesium, thyroid, morphometric indicators

**Corresponding author:** Roman V. Yanko, E-mail: biolag@ukr.net

**For citation:** R.V. Yanko, E.G. Chaka, M.I. Levashov. Histomorphological changes in the thyroid gland of rats after magnesium chloride ingestion. Clin. exp. morphology. 2019;8(3):41-47. (In Russ.). DOI: 10.31088/CEM2019.8.3.41-47

**Funding.** The work is done in the framework of the state assignment of Bogomoletz Institute of Physiology National Academy of Sciences of Ukraine (No 0116U004472).

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Received 07.08.2019. Received in revised forms 27.08.2019. Accepted 18.09.2019.**

Заболевания щитовидной железы (ЩЖ) широко распространены среди жителей многих стран. Около 8% взрослого населения земного шара имеет данную патологию, и число больных ежегодно увеличивается [1]. Особое место среди различных патологических процессов ЩЖ занимает дисбаланс макро- и микроэлементов в организме. Дефицит или избыток таких элементов как йод, селен, магний, литий, кальций, кобальт, медь, железо и т.д. влияют на ЩЖ, нарушая синтез тиреоидных гормонов.

Магний – один из 12 структурных элементов, составляющих 99% элементного состава организма человека. Он является основным внутриклеточным ионом, который участвует в углеводном, белковом и жировом обмене, регулирует аккумуляцию и высвобождение энергии в АТФ. Магний участвует в контроле важнейших функций многих органов и систем – нервной, эндокринной, сердечно-сосудистой, костно-мышечной, пищеварительного тракта и т.д. [2].

В последнее время дисбаланс магния в организме (преимущественно его дефицит) стал распространенным явлением, присущим населению практически всего современного мира. Сказываются низкое содержание магния в пище, широкое использование рафинированных продуктов, препятствующих усвоению магния, внедрение системы питания фаст фуд, употребление алкоголя и напитков, содержащих кофеин, увеличивающих потерю магния через почки. Даже если пищевой рацион не обеднен магнием, но богат жирами и белками, с которыми магний образует сложные комплексы, не утилизирующиеся в желудочно-кишечном тракте, может развиваться магнидефицитное состояние [3]. К сожалению, диагностика содержания магния в организме проводится нечасто.

Магний принимает непосредственное участие в функционировании ЩЖ. Он повышает ее активность, увеличивает синтез тироксина, а также участвует в преобразовании тироксина в трийодтиронин. Наряду с этим магний принимает участие в усвоении йода ЩЖ [4].

Заболевания ЩЖ и метаболизм магния взаимосвязаны. При токсическом зобе почти в 100% случаев развивается скрытая или явная недостаточность магния в организме. При гипотиреозе тоже возникает дефицит магния, только причины его иные, чем при тиреотоксикозе. При дефиците тиреоидных гормонов магний не вступает в ферментативные реакции. В свою очередь, дефицит магния приводит к снижению функции ЩЖ за счет синергетической функции паразитовидной железы, которая регулирует абсорбцию магния [5, 6].

В связи с применением в экспериментах различных источников магния, разной дозировкой магниесодержащих препаратов, использованием в опытах животных неодинакового возраста, сезонностью и различной продолжительностью проведения экспериментов данные литературы о гистоморфологических изменениях ЩЖ после введения ионов магния часто неоднозначны [7–9].

Цель работы – исследовать гистоморфологические изменения щитовидной железы молодых крыс после введения хлорида магния.

## Материалы и методы

Исследование проведено в весенний период года на 24 крысах – самцах линии Вистар в возрасте 3 месяцев. В качестве естественного источника ионов магния использовали хлорид магния, который встречается в природе в виде минерала бишофита и входит в состав некоторых минеральных вод. Хлорид магния широко применяется в медицинской практике в профилактических и лечебных целях.

Крысы были разделены на две группы по 12 животных в каждой: группа I – контрольные животные, группа II – крысы, которые ежедневно (в 10 часов утра) получали перорально хлорид магния ( $MgCl_2 \times 6 H_2O$ ) в дозе 50 мг/кг в течение 21 суток. С учетом того, что биодоступность хлорида магния не превышает 50%, такая доза может рассматриваться как профилактическая, так как не приводит к существенному повышению

его содержания в крови, но является достаточной для коррекции возможного дефицита магния в организме до значений физиологической нормы. Животные обеих групп находились в унифицированных условиях со стандартным рационом питания. По завершении эксперимента крыс декапитировали под эфирным наркозом. Исследования проводили в соответствии с положениями Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей (Страсбург, 1986), а также комитета по биомедицинской этике Института физиологии им. А.А. Богомольца НАН Украины.

После выделения ЩЖ из ее центральных участков брали образцы ткани, из которых изготавливали гистологические препараты по стандартной методике: фиксировали в жидкости Буэна, обезвоживали в спиртах возрастающей концентрации, заливали в парафин. Парафиновые срезы толщиной 5–6 мкм изготавливали на санном микротоме, окрашивали гематоксилином Беймера и эозином. Для визуализации элементов соединительной ткани применяли методы двух- и трехцветной окраски по ван Гизону и Массону [10]. Микропрепараты фотографировали на микроскопе Nikon (Япония) с использованием цифровой камеры. Морфометрию осуществляли с помощью компьютерной программы Image J.

На гистологических срезах щитовидной железы измеряли площадь поперечного сечения фолликулов, коллоида и фолликулярного эпителия; внешний и внутренний диаметры фолликулов; высоту фолликулярного эпителия. Подсчитывали среднее количество тиреоцитов в фолликулах. Определяли фолликулярно-коллоидный индекс и индекс накопления коллоида. С использованием метода наложения точечных морфометрических сеток вычисляли относительную площадь соединительной ткани, паренхимы железы и определяли стромально-паренхиматозный индекс. Измеряли ширину прослоек междольевой, междольковой и межфолликулярной соединительной ткани [11, 12].

Содержание катионов магния (ммоль/л) в суспензии эритроцитов и сыворотке крови определяли фотометрическим методом с использованием стандартных наборов реактивов фирмы Diagnosticum (Венгрия). Принцип метода заключался в измерении интенсивности окраски комплекса красного цвета, образовавшегося при взаимодействии магния с титановым желтым в присутствии гидросиламина, который стабилизирует окраску [13].

Статистическую обработку осуществляли методами вариационной статистики с помощью компьютерной программы Statistica 6.0. Нормальность распределения цифровых массивов проверяли, используя критерий Пирсона. При нормальности распределения для оценки коэффициента различий достоверности разницы между контрольной и подопытной группой использовали *t*-критерий Стьюдента. Различия считали достоверными при значении  $p < 0,05$ .

## Результаты исследования

Существенных различий в содержании магния в сыворотке крови между контрольной и подопытной группой крыс не обнаружено. В суспензии эритроцитов животных, получавших хлорид магния, содержание магния было на 17% ( $p < 0,05$ ) выше, чем у контрольных животных (табл. 1).

Выявлено, что ЩЖ крыс, получавших хлорид магния, содержит фолликулы овальной и удлиненной формы разной величины. Фолликулы мелкого и среднего размера локализуются в центральной части железы, а большого размера – по периферии. В ЩЖ интактных животных группы I коллоид умеренной или плотной консистенции с резорбционными вакуолями (рис. 1 А). Коллоид фолликулов крыс группы II умеренной плотности, реже пенистый с многочисленными вакуолями, что свидетельствует о высвобождении гормонов (рис. 1 Б).

В ЩЖ животных, получавших хлорид магния, площадь поперечного сечения фолликулов и коллоида была достоверно меньше – на 11% и 18%, соответственно, по сравнению с контролем (табл. 2). Внешний и внутренний диаметры фолликулов в ЩЖ подопытных крыс имели тенденцию к снижению на 6% и 11%, соответственно, по сравнению с контрольной группой. Среднее количество тиреоцитов в фолликуле подопытных крыс было достоверно больше – на 17% (табл. 2). При этом тиреоциты имели кубическую форму, реже призматическую.

Фолликулярно-коллоидный индекс (отношение площади поперечного сечения фолликулярного эпителия к площади коллоида) у крыс после введения хлорида магния был достоверно больше – на 13% по сравнению с контрольным показателем, тогда как индекс накопления коллоида (отношение внутреннего диаметра фолликула к двойной высоте фолликуляр-

Таблица 1 / Table 1

Содержание катионов магния (ммоль/л) в суспензии эритроцитов и сыворотке крови (n=12, M±m)  
The content of magnesium cations (mmol/l) in the suspension of red blood cells and blood serum (n=12, M±m)

Показатели Indicators	Контроль Control	Опыт Experience
Содержание магния в сыворотке крови / Serum magnesium	1,84±0,08	1,82±0,04
Содержание магния в эритроцитах / Red blood cell magnesium	1,78±0,07	2,09±0,08*

Здесь и в таблице 2 \* $p < 0,05$  – достоверность различий по сравнению с контролем.  
Here and in table 2 \* $p < 0,05$  – significance of differences compared with control group.

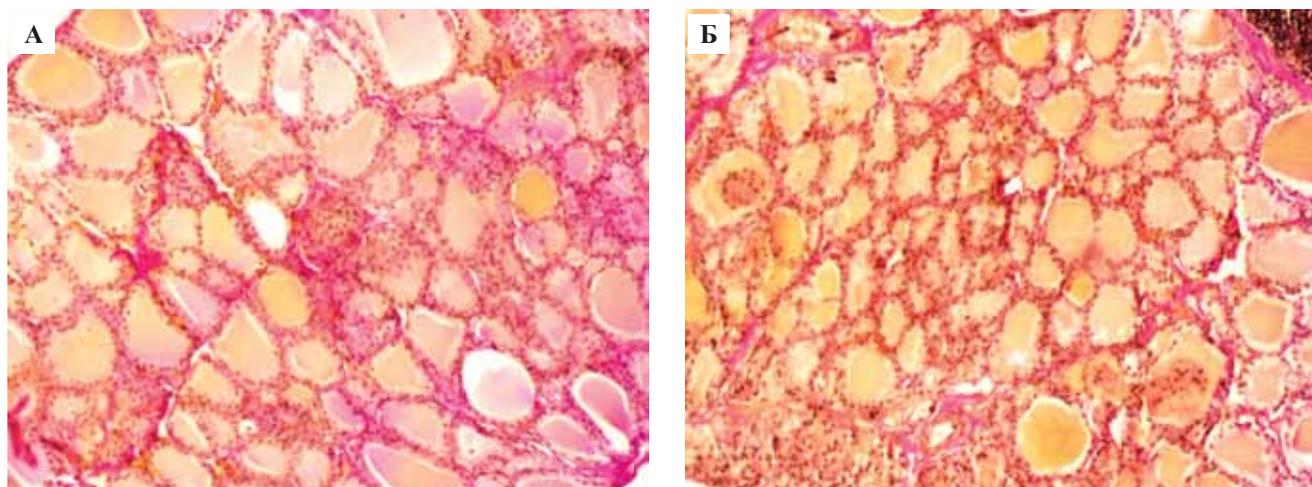


Рис. 1. Микрофотография щитовидной железы I – контрольной (А) и II – подопытной (Б) крысы.  
Окраска по ван Гизону.  $\times 200$

Fig 1. A micrograph of the thyroid gland of the I – control group (A) and II – experimental group (B) of rats.  
van Gieson stain.  $\times 200$

ного эпителия), наоборот, снизился на 13% ( $p < 0,05$ ) (табл. 2). У подопытных крыс наблюдали тенденцию к увеличению количества интерфолликулярных островков, что можно считать признаком активации процессов регенерации ЩЖ.

В состав соединительнотканного остова железы входят капсула и строма. В последний различают междольковую, междольковую, межфолликулярную и паравазальную соединительную ткань [14]. Выявлено, что у животных после введения им хлорида магния относительная площадь стромы в ЩЖ была меньше на 13% по сравнению с контролем. Это привело к снижению стромально-паренхиматозного индекса на 16%. Также в ЩЖ подопытных крыс наблюдали достоверное уменьшение ширины прослоек междольковой и межфолликулярной соединительной ткани на 11% и 19%, соответственно, по сравнению с контрольными показателями (табл. 2).

### Обсуждение

Впервые показано, что 21-суточное введение хлорида магния (в дозе 50 мг/кг) приводит к изменениям в структуре ЩЖ молодых крыс. В ЩЖ крыс, получавших хлорид магния, достоверно уменьшились размеры фолликулов и их коллоида. Это может указывать на повышение активности железы, в первую очередь связанную с высвобождением гормонов в кровеносное русло. В малоактивном состоянии железа представлена фолликулами преимущественно большого размера из-за депонирования гормонов в середине фолликула, увеличения объема коллоида [11]. Коллоид в фолликулах подопытных крыс был умеренной плотности, иногда пенный, с многочисленными резорбционными вакуолями. Тиреоциты имели кубическую или призматическую форму. Форма

тиреоцитов зависит от функционального состояния железы. При нормальной функции им свойственна кубическая форма, при гипофункции клетки становятся плоскими, а при гиперфункции приобретают призматическую форму [15].

У крыс, получавших хлорид магния, наблюдали возрастание фолликулярно-коллоидного индекса, в то же время индекс накопления коллоида, наоборот, снижался. Изменение этих показателей свидетельствует об усилении секреции тиреоидных гормонов в кровеносное русло [11].

После введения хлорида магния в ЩЖ наблюдали тенденцию к увеличению количества интерфолликулярных островков, что можно рассматривать как активацию фолликулогенеза. Интерфолликулярные островки содержат малодифференцированные клетки, которые могут быть источником для формирования новых фолликулов [16].

У подопытных животных также отмечено уменьшение относительной площади стромы, стромально-паренхиматозного индекса, снижение ширины прослоек междольковой и межфолликулярной соединительной ткани. Это свидетельствует об относительном уменьшении массы соединительной ткани в железе, что, в свою очередь, улучшает межфолликулярный обмен веществ и проникновение гормонов через гистогематический барьер в кровь [14].

Основная часть магния в организме находится в клетках и костных тканях. Только 1% его общей концентрации локализуется во внеклеточных жидкостях, и около 0,3% общего магния присутствует в сыворотке [17]. Тем не менее определение его концентрации в сыворотке крови и эритроцитах наиболее часто используется в лабораторной практике. Нами показано, что после введения хлорида магния его концентрация

Таблица 2 / Table 2

**Морфометрические показатели щитовидной железы (n=12, M±m)**  
**Morphometric parameters of the thyroid gland (n=12, M±m)**

Показатели Indicators	Контроль Control	Опыт Experience
Относительная площадь паренхимы,% / The relative area of the parenchyma, %	80,3±1,9	82,8±2,4
Площадь, мкм <sup>2</sup> / Area, μm <sup>2</sup> :		
фолликула / follicle	4538±109	4021±117*
коллоида / colloid	1940±105	1594±107*
фолликулярного эпителия / follicular epithelium	2598±92	2427±102
Диаметр фолликула, мкм / Follicle diameter, microns		
внешний / external	71,5±2,4	67,2±2,2
внутренний / interior	43,1±2,8	38,4±1,8
Высота тиреоцитов, мкм / The height of thyrocytes, microns	14,2±0,9	14,4±0,3
Фолликулярно-коллоидный индекс / Follicular colloid index	1,34±0,06	1,52±0,03*
Индекс накопления коллоида / Colloid accumulation index	1,52±0,04	1,33±0,05
Количество тиреоцитов в фолликуле, шт / The number of thyrocytes in the follicle, pcs	20,5±0,3	23,9±0,5*
Соединительная ткань / Connective tissue		
Относительная площадь стромы,% / The relative area of the stroma, %	19,7±1,7	17,2±1,1
Стромально-паренхиматозный индекс / Stromal-parenchymal index	0,25±0,03	0,21±0,04
Ширина прослоек соединительной ткани, мкм / The width of the interlayers of the connective tissue, microns		
междолевой / interlobar	23,9±1,8	23,9±1,5
междольковой / interlobular	12,2±0,2	10,9±0,3*
межацинусной / interacinous	1,80±0,10	1,45±0,06*

в сыворотке крови крыс не изменялась. Это можно объяснить тем, что молодым животным при сбалансированном рационе питания магния вполне достаточно, поэтому излишек его выводится из организма и он не накапливается в сыворотке крови. Содержание же магния в суспензии эритроцитов подопытных крыс умеренно повышалось.

В то же время нами был проведен эксперимент по изучению влияния хлорида магния на структуру ЩЖ зрелых крыс (15-месячных). У этих крыс также были выявлены морфологические признаки повышения активности железы под воздействием ионов магния [18].

Изучение влияния магнийсодержащих соединений на состояние ЩЖ проводили и другие исследователи. Выявлено, что введение сульфата магния в различных дозах (0,5, 1 и 1,5 г/кг) крысам линии Вистар в течение 60 суток стимулировало щитовидную пероксидазу и Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-АТФазу, изменяло актив-

ность йодтиронин-дейодиназы 1-го типа, повышало в сыворотке крови содержание тироксина, приводило к гипертрофии фолликулярного эпителия, то есть вызвало гипертиреоз [7]. Другими авторами выявлено, что низкое содержание магния в сыворотке крови тесно взаимосвязано с повышенным риском появления положительных антител против тиреоглобулина и возникновения гипотиреоза [19]. Stachura J.A. et al. исследовали дефицит и избыток магния на С-клетки ЩЖ. Показано, что дефицит магния приводил к гипертрофии и гиперплазии С-клеток, гиперплазии рибосом и эндоплазматической сети в них. Все это сопровождалось пониженной активностью холинэстеразы, увеличением синтеза и секреции кальцитонина. При избытке магния С-клетки ЩЖ в размерах не увеличивались, однако активность холинэстеразы, синтез и хранение дофамина повышались [8]. Доказана лечебно-терапевтическая роль магния при повреждении ЩЖ. Так, выявлено, что пероральное введение магния способно

вызывать частичное восстановление функции ЩЖ у экспериментальных крыс с диабетом 2-го типа [20].

### Заключение

21-суточное введение в стандартный пищевой рацион молодых крыс дополнительного количества хлорида магния (в дозе 50 мг/кг) приводило к гистоморфологическим изменениям в их щитовидной железе. Характер и степень выраженности изменений основных гистоморфометрических показателей щитовидной железы крыс указывали на наличие морфологических признаков повышения ее активности. Об этом свидетельствовали уменьшение размеров фолликулов, рост фолликулярно-коллоидного индекса, количества тиреоцитов в фолликуле, наличие резорбционных вакуолей в коллоиде фолликулов, рост численности интерфолликулярных островков, уменьшение относительной площади стромы в железе. Введение дополнительного количества магния особенно целесообразно использовать при комплексном лечении гипотиреоза.

### Вклад авторов

Концепция и дизайн исследования – М.И. Левашов.

Сбор и обработка материала – Р.В. Янко.

Написание текста – Р.В. Янко.

Редактирование – М.И. Левашов, Е.Г. Чака.

### Author contributions

Conceived the study and designed the experiment – M.I. Levashov.

Collected the data and performed the analysis – R.V. Yanko.

Wrote the paper – R.V. Yanko.

Edited the manuscript – M.I. Levashov, E.G. Chaka.

### Литература/References

1. *Vanderpump MP*. The epidemiology of thyroid disease. *Br Med Bull*. 2011;99:39–51. doi: 10.1093/bmb/ldr030.
2. *Sigel A, Sigel H, Roland KO*. Interrelations between essential metal ions and human diseases. Dordrecht: Springer, 2013. doi:10.1007/978-94-007-7500-83.
3. *Терещенко И.В.* Дефицит магния в практике эндокринолога. *Клиническая медицина*. 2008;7:47–51.  
*Tereshhenko IV*. Magnesium deficiency in the practice of an endocrinologist. *Klinicheskaja medicina*. 2008;7:47–51 (In Russ.).
4. *Corradino RA, Parker HE*. Magnesium and thyroid function in the rat. *The Journal of Nutrition*. 1962;77(4):455–58.
5. *Jones JE, Desper PC, Shane SR, Flink EB*. Magnesium metabolism in hyperthyroidism and hypothyroidism. *J Clin Invest*. 1966;45(6):891–900. doi: 10.1172/JCI105404.
6. *Moncayo R, Moncayo H*. The WOMED model of benign thyroid disease: Acquired magnesium deficiency due to physical and psychological stressors relates to dysfunction of oxidative phosphorylation. *BBA Clin*. 2015;3:44–64. doi: 10.1016/j.bbacli.2014.11.002.
7. *Chandra AK, Goswami H, Sengupta P*. Effects of magnesium on cytomorphology and enzyme activities in thyroid of rats. *Indian J Exp Biol*. 2014;52(8):787–92.
8. *Stachura JA, Pearse AG*. Thyroid C cells in experimental hyper and hypomagnesaemia. *Virchows Arch B*. 1970;5:173.
9. *Tosson R, Brandt G*. Magnesium, zinc and copper concentrations in the normal and diseased thyroid gland. *Mag.-Bull*. 1988; 10:87–90.
10. *Данилов Р.К.* Руководство по гистологии. Том II. СПб.: СпецЛит, 2011.  
*Danilov RK*. Guide to histology. Volume II. St. SPb.: SpecLith, 2011 (In Russ.).
11. *Никишин Д.В.* Морфология и методы исследования щитовидной железы: Методические рекомендации. Пенза: Инф.-изд. центр ПГУ, 2008.  
*Nikishin DV*. Morphology and research methods of the thyroid gland: Methodological recommendations. Penza: Inf.-izd. tsentr PGU, 2008 (In Russ.).
12. *Никоненко А.Г.* Введение в количественную гистологию. Киев: Книга-Плюс, 2013.  
*Nikonenko AG*. Introduction to Quantitative Histology. Kiev: Kniga-Plus, 2013 (In Russ.).
13. *Громова О., Калачева А.Г., Торшин И.Ю., Грустливая У.Е., Прозорова Н.В., Егорова Е.Ю. и др.* О диагностике дефицита магния. Часть 1. Архив внутренней медицины. 2014;16(2):5–10.  
*Gromova O, Kalacheva A, Torshin IJu, Grustlivaja UE, Prozorova NV, Egorova EJu et al*. About the diagnosis of magnesium deficiency. Part 1. *Arhiv vnutrennej mediciny*. 2014;16(2):5–10 (In Russ.).
14. *Ludwig KS*. Structure of the thyroid gland; I. Structure of connective tissue. *Acta Anat (Basel)*. 1952;15(3):300–8.
15. *Veerahanumaiah S, Dakshayani KR, Menasinkai SB*. Morphological variations of the thyroid gland. *International Journal of Research in Medical Sciences*. 2015;3(1):53–7.
16. *Aleshin BV, Brindak OI, Mamina VV*. Correlations between the functional activity and proliferation of the thyroid parenchyma. The proliferative forms of the parenchyma of the thyroid. *Probl Endokrinol (Mosk)*. 1987;33(6):67–72.
17. *Gröber U, Schmidt J, Kisters K*. Magnesium in prevention and therapy. *Nutrients*. 2015;7:8199–8226. doi: 10.3390/nu7095388.
18. *Yanko RV*. Investigation of the influence of magnesium ions on the morphofunctional state of the thyroid gland of adult rats. *Endokrynologia*. 2018;23(3):230–34.
19. *Wang K, Wei H, Zhang W, Li Z, Ding L, Yu T et al*. Severely low serum magnesium is associated with increased risks of positive anti-thyroglobulin antibody and hypothyroidism: A cross-sectional study. *Sci Rep*. 2018;8(1):9904. Published 2018 Jul 2. doi:10.1038/s41598-018-28362-5.
20. *Ige AO, Chidi RN, Egbeluya EE, Jubreel RO, Adele BO, Adewoye EO*. Amelioration of thyroid dysfunction by magnesium in experimental diabetes may also prevent diabetes-induced renal impairment. *Heliyon*. 2019; 5(5): e01660. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01660>.

**Информация об авторах**

Роман Васильевич Янко – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела клинической физиологии соединительной ткани Института физиологии им. А.А. Богомольца НАН Украины.

Елена Георгиевна Чака – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела клинической физиологии соединительной ткани Института физиологии им. А.А. Богомольца НАН Украины.

Михаил Иванович Левашов – доктор медицинских наук, заведующий отделом клинической физиологии соединительной ткани Института физиологии им. А.А. Богомольца НАН Украины.

**Authors Information**

Roman V. Yanko – Cand. Sci. (Bio.), Senior researcher, Department of Clinical Physiology of Connective Tissue, A.A. Bogomoletz Institute of Physiology NAS of Ukraine.  
<http://orcid.org/0000-0002-0397-7517>.

Elena G. Chaka – Cand. Sci. (Bio.), Senior researcher, Department of Clinical Physiology of Connective Tissue, A.A. Bogomoletz Institute of Physiology NAS of Ukraine.  
<http://orcid.org/0000-0001-7425-2751>.

Mikhail I. Levashov – Dr. Sci. (Med.), Senior Researcher; Head of the Department of Clinical Physiology of Connective Tissue, A.A. Bogomoletz Institute of Physiology NAS of Ukraine.  
<http://orcid.org/0000-0003-1354-2047>.