

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И СТРУКТУРА ТРАХЕОБРОНХИАЛЬНОГО ЛИМФОУЗЛА ПРИ СТАРЕНИИ И ПОСЛЕ ФИТОКОРРЕКЦИИ

В.Н. Горчаков^{1,2*}, Ю.П. Колмогоров², О.В. Горчакова²

¹ Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Россия

² Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной лимфологии – филиал ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия

РЕЗЮМЕ. В эксперименте с помощью РФА СИ определены и проанализированы уровни содержания биоэлементов (Cu, Zn, Fe, Mn, Se) и структурно-клеточная организация трахеобронхиального лимфоузла в период старения и после фитокоррекции. Установлено, что старение приводит к развитию дефицита Zn, Se и избыточности содержания Mn на фоне инволюции лимфоидной ткани, снижения клеточной пролиферации, минимизации компартментов лимфоузла, провоцируя возраст-индуцированную иммунную недостаточность. Фитонутриционная поддержка восстанавливает микроэлементный баланс и оказывает структурно-модифицирующий эффект на структуру лимфоузла. В результате фитотерапии повышается функциональная активность лимфоузла, что обеспечивает повышение неспецифической резистентности организма на этапе позднего онтогенеза.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: микроэлементы, лимфоузел, геронтология, фитотерапия.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема активного долголетия населения является приоритетной в медицине из-за обозначенной правительством пенсионной реформы. Возможное решение проблемы в предотвращении коморбидности и повышении иммунной защиты и неспецифической резистентности организма в пожилом и старческом возрасте. Одной из ответственных за это систем является лимфатическая система с ее лимфоузлом – индикатором любого воздействия на организм (Бородин, 2011). В процессе старения в лимфатических регионах длительно контактирующих с внешней средой (например, бронхолегочная система), лимфоузел претерпевает инволюцию, что снижает его защитную роль в организме (Топорова, 2003; Горчакова и др., 2015, 2017). При этом мало изучена роль микроэлементов в патогенезе возрастной трансформации лимфоузла.

Для противодействия старению необходимо использовать лимфатическую систему как инструмент обеспечения дренажа и детоксикации эндоэкологического пространства (Топорова,

2003; Левин, 2006) с учетом концепции лимфатического региона (Suami, 2017; Бородин и др., 2018). Оптимально это можно достичь фитотерапией, так как лекарственные растения содержат микроэлементы, флавоноиды и другие биоактивные вещества, что и определяет их значение в медицинской практике оздоровления и антистарения (Martins et al., 2009; Popescu et al., 2011; Skalny, 2011; Горчакова и др., 2015).

Цель исследования – изучение взаимосвязи между содержанием микроэлементов и структурно-клеточной организацией трахеобронхиального лимфоузла при старении и после фитотерапии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эксперимент на животных был проведен в соответствии с принципами биоэтики, правилами лабораторной практики, изложенных на Женевской конференции (1971), а также в документах «О гуманном обращении с экспериментальными животными» (Минздрав РФ № 775 от 12.08.1977, № 267 от 19.06.2003), «Международные рекомен-

* Адрес для переписки:

Горчаков Владимир Николаевич

E-mail: vgorchak@yandex.ru, lymphology@niikel.ru

дации по проведению медико-биологических исследований с использованием животных» (1985).

Эксперимент проведен на 160 белых крысах-самцах Wistar с выделением условных возрастных групп – «молодые» (возраст 3–5 месяцев) и «старые» (возраст 1,5–2 года), исходя из продолжительности жизни крысы и человека. Животные, получавшие при свободном доступе к воде стандартную диету (экструдированный комбикорм ПК-120-1), составили контрольную группу в соответствии с возрастом. В опытной группе дополнительно давали в течение месяца животным разного возраста гранулы биоактивного фитосбора (БАФ), включавшего измельченные лекарственные растения – корневища и листья копеечника чайного (*Hedysarum theinum* Krasnob.), бадана (*Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch.), родиолы розовой (*Rhodiola rosea* L.), листья черники (*Vaccinium myrtillus* L.), брусники (*Vaccinium vitisidaea* L.), смородины черной (*Ribes nigrum* L.), плоды шиповника (*Rosa majalis* Herrm.), траву чабреца (*Thymus serpyllum* L.) и компаунд пищевых волокон виде пшеничных отрубей, толокна овсяного (или муки овсяной). Средняя суточная доза фитосбора составляла 0,1–0,2 г/кг. Фитосбор – дополнительный источник биоактивных веществ – флавоноидов, арбутина, пищевых волокон, микроэлементов (Горчаков и др., 2002; Fu et al., 2017; Liu et al., 2017; Бородин и др., 2018).

В качестве объекта исследования были выбраны трахеобронхиальные лимфоузлы. Лимфоузлы фиксировали в 10%-ном нейтральном формалине. Далее следовала классическая схема проводки и заливки материала в парафин с последующим приготовлением гистологических срезов. Часть лимфоузлов заливали в эпоксидные смолы для приготовления полутонких срезов. Гистологические срезы окрашивали гематоксилин-эозином, азур-эозином, толуидиновым синим, трихромным красителем по С. Masson. Морфометрический анализ структурных компонентов лимфоузла осуществляли с помощью морфометрической сетки. Число клеток в зонах лимфоузла подсчитывали на стандартной площади с дифференцировкой их на лимфобласты, средние и малые лимфоциты, плазмциты, макрофаги, ретикулярные клетки и другие по морфологическим признакам.

В работе уделено внимание таким элементам, как марганец, цинк, медь, селен, железо, которые

относятся к разряду эссенциальных и в виде ионов и соединений с белками, ферментами активно участвуют в процессах общего обмена, а также в работе иммунной системы (Гончаренко и др., 2012, 2015; Skalny et al., 2016; Steiger et al., 2016). Для определения микроэлементов (Mn, Fe, Cu, Zn, Se) в лимфоузле был применен рентгенфлуоресцентный анализ с использованием синхротронного излучения (РФА СИ) на станции микроэлементного анализа ВЭПП-3 Института ядерной физики имени Г.И. Будкера РАН (Новосибирск).

Статистическую обработку результатов исследования проводили с помощью лицензионной программы StatPlus, AnalystSoft Inc. Выполняли расчет средней арифметической с определением ее стандартной (среднеквадратической) ошибки. Проверку принадлежности к нормальному распределению осуществляли с помощью построения гистограммы и для большей уверенности производили расчет критерия Колмогорова–Смирнова и сопутствующих показателей. В работе использовали корреляционный анализ с определением коэффициента корреляции Брауэ–Пирсона. Уровень статистической значимости различий между данными двух групп признавали при $p \leq 0,05$, что является достаточным для медико-биологических исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристика микроэлементов и структуры лимфоузла в молодом возрасте. Для молодых животных считается оптимальным содержание микроэлементов в лимфоузле для обеспечения его функции (табл. 1). Отмечена определенная специфика количества и структуры связей между содержанием микроэлементов лимфоузла молодых животных (рис. 1). Все микроэлементы по своей концентрации связаны между собой непосредственно через марганец. Исключением является содержание селена, который демонстрирует связь через цинк. У молодых животных образованы корреляционные связи в виде функциональных «треугольников» – Mn–Zn–Fe, Mn–Zn–Cu или последовательные связи между микроэлементами Mn–Zn–Se, Cu–Zn–Se, Fe–Zn–Se (рис. 1), которые отражают особенности микроэлементного обмена в лимфоузле. Также у молодых животных структурно-клеточная организация трахеобронхиального лимфоузла достигает наибольшего развития, что подтверждают морфометрические данные (табл. 2).

Таблица 1. Содержание микроэлементов в трахеобронхиальном лимфоузле молодых и старых животных после приема биоактивного фитосбора (БАФ) и без него, мкг/г

Микроэлементы	Молодые животные (3–5 мес.)		Старые животные (1,5–2 года)	
	Без БАФ (n=20)	Прием БАФ (n=20)	Без БАФ (n=20)	Прием БАФ (n=20)
	1	2	3	4
Mn	2,54±0,15	1,42±0,08*	3,34±0,25*°	2,02±0,30°
Fe	221,4±12,12	181,2±8,12	226,4±14,64	185,5±8,67
Cu	5,27±0,17	4,74±0,11	5,37±0,14	4,89±0,16
Zn	58,26±2,30	61,22±1,05	47,36±2,83*°	58,74±1,46°
Se	1,25±0,06	1,21±0,03	0,81±0,04*°	1,08±0,04

П р и м е ч а н и е : * – $p_{1-2,3} < 0,05$; ° – $p_{1-3,3-4} < 0,05$ – уровень статистической значимости различий.

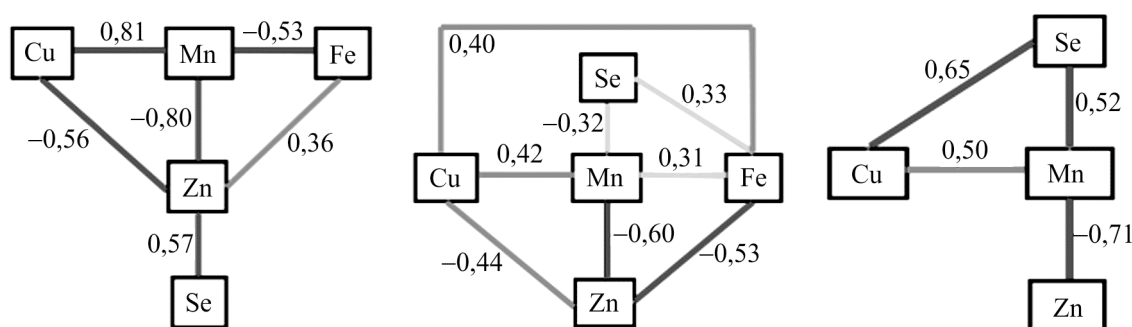


Рис. 1. Корреляционные связи микроэлементов в трахеобронхиальном лимфатическом узле молодых (слева) и старых (в центре) животных, а также после фитотерапии у старых животных (справа)

Таблица 2. Площадь структур трахеобронхиального лимфоузла молодых и старых животных после приема биоактивного фитосбора (БАФ) и без него, %

Структуры лимфоузла	Молодые животные (3–5 мес., n = 20)	Старые животные (1,5–2 года, n = 20)	Старые животные после приема БАФ (n = 20)	p
	1	2	3	
Капсула	1,56±0,15	4,7±0,26	4,16±0,28	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{2-3} > 0,05$
Субкапсулярный синус	1,45±0,17	1,44±0,16	2,09±0,16	$p_{1-2} > 0,05$ $p_{2-3} < 0,01$
Корковое плато	4,94±0,62	3,98±0,21	3,73±0,16	$p_{1-2} < 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$
Лимфоидные узелки без герминативного центра	1,97±0,12	2,07±0,14	1,68±0,09	$p_{1-2} > 0,05$ $p_{2-3} < 0,05$
Лимфоидные узелки с герминативным центром	3,85±0,20	1,42±0,14	3,04±0,21	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{2-3} < 0,01$
Паракортекс	9,01±0,76	6,7±0,55	6,43±0,31	$p_{1-2} < 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$
Мозговые тяжи	8,33±0,29	6,06±0,33	5,81±0,41	$p_{1-2} < 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$
Мозговой синус	1,47±0,34	1,04±0,14	1,74±0,26	$p_{1-2} > 0,05$ $p_{2-3} < 0,05$

Фитокорригирующая терапия трахеобронхиального лимфоузла, претерпевшего возрастные изменения. Существует насущная потребность в научном обосновании немедикаментозных средств профилактики и терапии старения. Прежде всего, это касается лиц пожилого и старческого возраста, у которых страдает структура и функция лимфатической (лимфоидной) системы (Топорова, 2003; Левин, 2006; Бородин, 2011). Они нуждаются в оптимизации дренажно-детоксикационной и иммунной функций лимфоузлов. Оказалось, что достичь этого возможно при использовании фитотерапии (Lutchman et al., 2016). Прием оригинального растительного средства положительно сказывается на микроэлементном балансе и структурно-клеточной организации трахеобронхиального лимфоузла.

Фитотерапия оказывает модулирующее действие на содержание микроэлементов в лимфоузле старых животных (табл. 1). Происходит повышение содержания дефицитных микроэлементов – цинка (в 1,2 раза), селена (в 1,3 раза) и понижение избыточной концентрации марганца (в 1,6 раза) в трахеобронхиальном лимфоузле. После фитотерапии наблюдается тенденция к снижению концентрации железа и меди. Также меняются корреляционные связи между содержанием микроэлементов в лимфоузле, что качественно отличает их от молодых и старых животных (рис. 1). Уменьшение марганца при увеличении цинка и меди может стать условием для усиления пролиферации иммунокомпетентных клеток (Carpuis et al., 1998; Сизова и др., 2010) и реорганизации структуры лимфоузла.

Фитостимуляция приводит к возникновению герминативных центров в лимфоидных узелках. В лимфоидных узелках старых животных происходит увеличение лимфобластов (в 1,4 раза), средних (в 1,3 раза) и малых (в 1,4 раза) лимфоцитов после курса фитотерапии. После фитотерапии число плазмочитов и малых лимфоцитов увеличивается в мозговых тяжах. Увеличение популяции лимфоидных клеток происходит и в других структурно-функциональных зонах, меняя их размер внутри лимфоузла, при сохранении компактного морфотипа. При этом величина корково-мозгового соотношения составляет $2,39 \pm 0,08$ (без коррекции – $2,86 \pm 0,08$, $p < 0,05$). Прием фитосбора приводит к увеличению площади лимфоидных узелков с герминативным центром (в 2,1 раза), синусной системы в

(1,4–1,6 раза) при тенденции к уменьшению размера межузелковой части коры – коркового плато (табл. 2). Остальные структуры лимфоузла (паракортикальная область, мозговые тяжи) мало изменились, судя по занимаемой площади, в результате фитотерапии.

Характер изменения структурно-клеточной организации трахеобронхиального лимфоузла связан со структурно-модифицирующим эффектом фитотерапии (Горчакова и др., 2015, 2017) при условии восстановления микроэлементного обеспечения, что подтверждает значимость растений как источника эссенциальных биоактивных веществ в жизни человека (Martins et al., 2009; Popescu et al., 2011). Фитонутритивная поддержка является важным фактором в повышении иммунной функции лимфоузла и, следовательно, неспецифической резистентности на уровне лимфатического региона бронхолегочной системы на позднем этапе онтогенеза.

ВЫВОДЫ

1. В молодом возрасте трахеобронхиальный лимфоузел отличает оптимальное содержание микроэлементов при развитых структурно-функциональных зонах лимфоузла, что определяет его высокую иммунореактивность на внешние воздействия в соответствии с концепцией лимфатического региона (Бородин и др., 2018).
2. Проявлением старения со стороны трахеобронхиального лимфоузла является уменьшение содержания Zn, Se и увеличение Mn, сочетающиеся с инволюцией лимфоидной ткани, снижением клеточной пролиферации, минимизацией компартментов лимфоузла. Этот факт обуславливает развитие возраст-индуцированной иммунной недостаточности лимфоузла.
3. Фитотерапия положительно влияет на морфофункциональный статус старчески измененных лимфоузлов, оказывая структурно-модифицирующий эффект и восстанавливая содержание микроэлементов (модулирующий эффект). Совокупный эффект фитотерапии приводит к повышению функции лимфоузла и неспецифической резистентности стареющего организма, что является научным обоснованием применения фитосредств как источников эссенциальных биоактивных веществ, в том числе и микроэле-

ментов, в программах по улучшению качества жизни и уровня здоровья населения пенсионного возраста.

ЛИТЕРАТУРА

- Бородин Ю.И. Лимфатическая система и старение. Фундаментальные исследования. 2011. Вып. 5. С. 11–15.
- Бородин Ю.И., Горчакова О.В., Суховершин А.В., Горчаков В.Н., Фартуков А.В., Колмогоров Ю.П., Демченко Г.А. Концепция лимфатического региона в профилактической лимфологии. Новосибирск: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 73 с.
- Гончаренко А.В., Гончаренко М.С. Изучение механизмов повреждающего действия токсических концентраций марганца на клеточном и субклеточном уровне. Микроэлементы в медицине. М., 2012. Т. 13. Вып. 4. С. 32–37.
- Гончаренко М.С., Гончаренко А.В., Андрейко Г.П., Чикало Т.М. Динамика элементных перераспределений в органах и тканях крыс линии Вистар в эксперименте с нагрузкой хлоридом марганца. Микроэлементы в медицине. М., 2015. Т. 16. Вып. 1. С. 41–47.
- Горчаков В.Н., Саранчина Э.Б., Анохина Е.Д. Фитолимфонутрициология. Практическая фитотерапия. 2002. № 2. С. 6–9.
- Горчакова О.В., Колмогоров Ю.П., Горчаков В.Н. Микроэлементная характеристика брыжеечных лимфоузлов на разных этапах онтогенеза и после фитотерапии. Микроэлементы в медицине. 2015. Т. 16. Вып. 1. С. 22–27.
- Горчакова О.В., Бородин Ю.И., Горчаков В.Н. Лимфоузлы разной локализации: старение и коррекция. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2017. 350 с.
- Левин Ю.М. Прорыв в эндоэкологическую медицину. М.: Медицина, 2006. 199 с.
- Сизова Е.А., Лебедев С.В., Полякова В.С., Глущенко Н.Н. Структурно-функциональная реорганизация селезенки крыс при внутримышечном введении наночастиц меди типа Cu10x. Вестник ОГУ. 2010. № 2 (108). Февраль. С. 129–133.
- Топорова С.Г. Особенности системы окологлобулярного гуморального транспорта при старении. Альманах «Геронтология и гериатрия». М. 2003. № 2. С. 90–94.
- Cappuis P., Aral B., Ceballos-Picot I. Copper related diseases. Metal Ions in Biology and Medicine / Eds Ph. Collery, P. Bratter, V. Negretti de Bratter, L. Khassanova, J.C. Etienne. Paris: John Libbey Eurotex. 1998, 5:729–736.
- Dulgaszek M., Skrzeczanowski W., Kaszczuk M. Age-related mineral status of females and males hair in human health risk assessment. Trace Elem Elec. 2014, 31(3):131–140.
- Fu M., Xu Y., Chen Y., Wu J. et al. Evaluation of bioactive flavonoids and antioxidant activity in Pericarpium Citri Reticulatae (Citrus reticulata Chachi) during storage. Food chemistry. 2017, 230(1):649–656.
- Liu K., Xiao X., Wang J. et al. Polyphenolic composition and antioxidant, antiproliferative, and antimicrobial activities of mushroom Inonotus sanghuang. LWT-food science and technology. 2017, 82(1):154–161.
- Lutchman V., Medkour Y., Samson E., Arlia-Ciommo A. [et al.] Discovery of plant extracts that greatly delay yeast chronological aging and have different effects on longevity-defining cellular processes. Oncotarget. 2016, 7(13):16542–16566. DOI: 10.18632/oncotarget.7665.
- Martins A.S., Alves C.N., Lameira O.A., Santos A.S., Müller R.C.S. Avaliação de minerais em plantas medicinais amazônicas. Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian Journal of Pharmacognosy. 2009, 19(2B):621–625.
- Popecu M., Danciu H., Danciu E., Ivopol G., Manea S. Natural Antioxidants, Free-radical-scavengers and Minerals, in Fresh Juices and Vegetables. Rev Chim (Bucharest). 2011, 62(8):761–765.
- Skalny A.V. Bioelementology as an interdisciplinary integrative approach in life sciences: terminology, classification, perspectives. J Trace Elem Med Biol. 2011, 25(Suppl. 1):S3–S10.
- Skalny A.V., Berezkina E.S., Grabeklis A.R., Tinkov A.A., Kiyeva E.V. Hair trace elements in women with alcohol abuse and their offspring. Trace Elem Elec. 2016, 33(4):144–147.
- Steiger T.K., Weiskopf N., Bunzeck N. Iron Level and Myelin Content in the Ventral Striatum Predict Memory Performance in the Aging Brain. J Neurosci. 2016, 36(12):3552–3558. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.3617-15.2016.
- Suami H. Lymphosome concept: Anatomical study of the lymphatic system. J Surg Oncol. 2017, 115(1):1–5. DOI: 10.1002/jso.24332
- Vercelotti G.M. A balanced budget – evaluating the iron economy. Clin Chem. 1996, 42:657–660.

ANALYSIS OF THE TRACE ELEMENTS CONTENT AND STRUCTURE OF THE TRACHEOBRONCHIAL LYMPH NODE DURING AGING AND AFTER PHYTCORRECTION

V.N. Gorchakov ^{1,2}, Ju.P. Kolmogorov ², O.V. Gorchakova ²

¹ Novosibirsk State University, 2 Pirogov str., Novosibirsk, 630090, Russia

² Institute of clinical and experimental lymphology – branch of Institute of Cytology and Genetics SB RAS, 2, Timakov str., Novosibirsk, 630060, Russia

ABSTRACT. The levels of bioelements (Cu, Zn, Fe, Mn, Se) and the structural and cellular organization of the tracheobronchial lymph node were determined and analyzed during aging and after phytocorrection using roentgenfluorescence analysis with synchrotron radiation in the experiment. It was found that aging is accompanied by the development of Zn, Se deficiency and Mn redundancy, lymphoid tissue involution, cell proliferation reduction, lymph node compartments minimization, and provokes age-induced immune deficiency. Phytotherapy restores the microelement balance and has a structural-modifying effect on the lymph node. There is an increase in the functional activity of the lymph node after phytotherapy. This provides an increase in nonspecific resistance of the body at the stage of late ontogenesis.

KEYWORDS: lymph node, trace elements, gerontology, phytotherapy.

REFERENCES

- Borodin Yu.I. Lymphatic system and aging. *Fundamental research*. 2011, 5:11–15 (in Russ.).
- Borodin Yu.I., Gorchakova O.V., Suhovershin A.V., Gorchakov V.N., Fartukov A.V., Kolmogorov Yu.P., Demchenko G.A. The concept of lymphatic region in a preventive lymphology]. Novosibirsk: Palmarium Academic Publishing, 2018. 1–73 (in Russ.).
- Goncharenko A.V., Goncharenko M.S. A study on mechanisms of the damaging effect of toxic concentrations of manganese at the cellular and subcellular levels. *Trace Elements in Medicine (Moscow)*. 2012, 13(4):32–37 (in Russ.).
- Goncharenko M.S., Goncharenko A.V., Andreyko G.P., Chikalo T.M. Dynamics of the elemental redistribution in organs and tissues of Wistar rats in the experiment with the load of chloride of manganese. *Trace Elements in Medicine (Moscow)*. 2015, 16(1):41–47 (in Russ.).
- Gorchakov V.N., Saranchina E.B., Anokhina E.D. Phytolymphonutriciology. *Practical phytotherapy*. 2002, 2:6–9 (in Russ.).
- Gorchakova O.V., Kolmogorov Yu.P., Gorchakov V.N. The trace element characteristics of the mesenteric lymph nodes at different stages of ontogenesis and after phytotherapy. *Trace Elements in Medicine (Moscow)*. 2015, 16(1):22–27 (in Russ.).
- Gorchakova O.V., Borodin Yu.I., Gorchakov V.N. Lymph nodes of different localization: aging and correction. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2017. 1–350 (in Russ.).
- Levin Yu.M. Breakthrough in endoecological medicine. *M. Medicina*, 2006. 1–199 (in Russ.).
- Sizova E.A., Lebedev S.V., Polyakova V.S., Glushchenko N.N. Structural and functional reorganization of the rat spleen in intramuscular introduction of copper nanoparticles type Cu10x. *Vestnik OGU*. 2010, 2(108). 129–133 (in Russ.).
- Toporova S.G. Peculiarities of the system of extracellular humoral transport during aging. *Gerontology and geriatrics*. M. 2003, 2:90–94 (in Russ.).
- Cappuis P., Aral B., Ceballos-Picot I. Copper related diseases. *Metal Ions in Biology and Medicine / Eds Ph. Collery, P. Bratter, V. Negretti de Bratter, L. Khassanova, J.C. Etienne*. Paris: John Libbey Eurotex. 1998, 5:729–736.
- Duġaszek M., Skrzeczanowski W., Kaszczuk M. Age-related mineral status of females and males hair in human health risk assessment. *Trace Elem Elec*. 2014, 31(3):131–140.
- Fu M., Xu Y., Chen Y., Wu J. et al. Evaluation of bioactive flavonoids and antioxidant activity in *Pericarpium Citri Reticulatae* (*Citrus reticulata* Chachi) during storage. *Food chemistry*. 2017, 230(1):649–656.
- Liu K., Xiao X., Wang J. et al. Polyphenolic composition and antioxidant, antiproliferative, and antimicrobial activities of mushroom *Inonotus sanghuang*. *LWT-food science and technology*. 2017, 82(1):154–161.
- Lutchman V., Medkour Y., Samson E., Arlia-Ciommo A. [et al.] Discovery of plant extracts that greatly delay yeast chronological aging and have different effects on longevity-defining cellular processes. *Oncotarget*. 2016, 7(13):16542–16566. DOI: 10.18632/oncotarget.7665.
- Martins A.S., Alves C.N., Lameira O.A., Santos A.S., Müller R.C.S. Avaliação de minerais em plantas medicinais amazônicas. *Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian Journal of Pharmacognosy*. 2009, 19(2B):621–625.
- Popecu M., Danciu H., Danciu E., Ivopol G., Manea S. Natural Antioxidants, Free-radical-scavengers and Minerals, in *Fresh Juices and Vegetables*. *Rev Chim (Bucharest)*. 2011, 62(8):761–765.
- Skalny A.V. Bioelementology as an interdisciplinary integrative approach in life sciences: terminology, classification, perspectives. *J Trace Elem Med Biol*. 2011, 25(Suppl. 1):S3–S10.
- Skalny A.V., Berezkina E.S., Grabeklis A.R., Tinkov A.A., Kiyaveva E.V. Hair trace elements in women with alcohol abuse and their offspring. *Trace Elem Elec*. 2016, 33(4):144–147.
- Steiger T.K., Weiskopf N., Bunzeck N. Iron Level and Myelin Content in the Ventral Striatum Predict Memory Performance in the Aging Brain. *J Neurosci*. 2016, 36(12):3552–3558. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.3617-15.2016.
- Suami H. Lymphosome concept: Anatomical study of the lymphatic system. *J Surg Oncol*. 2017, 115(1):1–5. DOI: 10.1002/jso.24332
- Vercelotti G.M. A balanced budget – evaluating the iron economy. *Clin Chem*. 1996, 42:657–660.