

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИВНОСТЬ IL-17 ПРИ НЕЙРОИНТОКСИКАЦИИ ПАРАМИ РТУТИ

Бодиенкова Г.М., Боклаженко Е.В.

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», г. Ангарск, Иркутская обл., Россия

Резюме. Известно, что при хроническом воздействии паров металлической ртути наблюдаются изменения в клеточном и гуморальном звеньях иммунной системы. В динамике развития и течения хронической ртутной интоксикации (ХРИ) в предыдущих исследованиях нами выявлены выраженные закономерные изменения медиаторов воспаления (IL-1, IL-2, IL-4, IL-6, IL-8, IL-10, TNF α), показана важная роль аутоиммунных реакций относительно белков нервной ткани. В последние годы возрастает интерес к открытому в начале XXI века интерлейкину 17 (IL-17) при ряде воспалительных и аутоиммунных заболеваний. Однако сведения о роли его при нейроинтоксикации ртутью отсутствуют. Учитывая, что IL-17 обладает провоспалительной активностью и стимулирует выработку отдельных цитокинов, на следующем этапе исследований целью работы явилось выявление изменений концентрации IL-17 в сыворотке крови у пациентов с нейроинтоксикацией ртутью различной степени выраженности для обоснования дополнительных критериев ранней и эффективной диагностики заболевания. Проведено обследование мужчин, подвергавшихся хроническому воздействию паров металлической ртути и имеющих ранние признаки нейроинтоксикации парами металлической ртути (n = 37), лиц с установленным диагнозом ХРИ (n = 40) и «условно здоровых» мужчин (n = 34). Критериями включения в основные группы являлось наличие установленного во время работы в контакте с вредным производственным фактором диагноза, отсутствие коморбидной патологии. Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета прикладных программ STATISTICA 6.0 (StatSoft, США). В результате исследования установлено статистически значимое возрастание сывороточных концентраций IL-17 как у пациентов с ранними проявлениями нейроинтоксикации парами металлической ртути, так и у лиц с ХРИ при сопоставлении с группой сравнения, что свидетельствует о его активации и согласуется с результатами отдельных авторов, свидетельствующих о возрастании IL-17 при иммуновоспалительных заболеваниях. Результаты корреляционного анализа продемонстрировали связь между IL-17 и медиаторами воспаления (у пациентов с ранними признаками нейроинтоксикации возрастание продукции IL-17 сопровождалось нарастанием противовоспалительного IL-10, а у лиц с ХРИ при увеличении концентрации IL-17 наблюдалось снижение провоспалительного TNF α), что подтверждает его роль в иммунопатогенезе нейроинтоксикации парами ртути. Дальнейшее изучение участия IL-17 в инициации и поддержании хронического воспаления будет не только способствовать лучшему пониманию природы болезни, но и, самое главное, появлению новых, более эффективных методов лечения.

Ключевые слова: IL-17, иммунная система, диагностика, ртуть, ранние проявления нейроинтоксикации, хроническая ртутная интоксикация

Адрес для переписки:

Бодиенкова Галина Михайловна
ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований»
665827, Россия, Иркутская обл., г. Ангарск, 12а микрорайон, 3
Тел.: 8 (3955) 58-69-10 (доб. 1411).
E-mail: immun11@yandex.ru

Address for correspondence:

Bodienkova Galina M.
East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research
665827, Russian Federation, Irkutsk Region, Angarsk, District 12a, 3.
Phone: 7 (3955) 58-69-10 (доб. 1411).
E-mail: immun11@yandex.ru

Образец цитирования:

Г.М. Бодиенкова, Е.В. Боклаженко «Диагностическая информативность IL-17 при нейроинтоксикации парами ртути» // Медицинская иммунология, 2021. Т. 23, № 2. С. 395-400.
doi: 10.15789/1563-0625-DVO-2139

© Бодиенкова Г.М., Боклаженко Е.В., 2021

For citation:

G.M. Bodienkova, E.V. Boklazhenko "Diagnostic value of IL-17 in neurointoxication with mercury", Medical Immunology (Russia)/Meditsinskaya Immunologiya, 2021, Vol. 23, no. 2, pp. 395-400.
doi: 10.15789/1563-0625-DVO-2139

DOI: 10.15789/1563-0625-DVO-2139

DIAGNOSTIC VALUE OF IL-17 IN NEUROINTOXICATION WITH MERCURY

Bodienkova G.M., Boklazhenko E.V.

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, Irkutsk Region, Russian Federation

Abstract. It is known that sufficient changes are observed in cellular and humoral links of immune system upon chronic exposure vapors of metallic mercury. In previous studies, upon development and in the course of the chronic mercury intoxication (CMI) we revealed pronounced regular changes of inflammatory mediators (IL-1, IL-2, IL-4, IL-6, IL-8, IL-10, TNF α), and showed an important role of autoimmune reactions affecting nervous tissue proteins. Over last 20 years, an increased interest was shown for interleukin 17 (IL-17) and its role in a number of inflammatory and autoimmune diseases. However, there is no data on its role in neurointoxication with mercury. Considering that IL-17 has proinflammatory activity and stimulates production of the individual cytokines, the goal of our work at the next stage of research, was to identify quantitative changes of serum IL-17 in patients with mercury neurointoxication of various severity, aiming to substantiate additional criteria for early and effective diagnosis of the disease.

The study was performed in males chronically exposed to metallic mercury vapors with early signs of neurointoxication (n = 37), individuals diagnosed with CMI (n = 40), and “conditionally healthy” men (n = 34). Proper diagnosis confirmed by history of working contacts with a harmful industrial factor, and absence of comorbid pathologies served as inclusion criteria. Statistical processing of the results was carried out using the STATISTICA 6.0 application package (StatSoft, USA). The study has revealed a statistically significant increase in serum IL-17 concentrations, both in the patients with early signs of neurointoxication with metallic mercury vapors, and individuals with CMI, when compared with the comparison group, thus indicating its activation, and being consistent with results of several workers who showed an IL-17 increase in immunoinflammatory diseases. Correlation analysis has shown an association between IL-17 and inflammatory mediators, i.e., the patients with early signs of neurointoxication had an increased production of IL-17 accompanied by an increase in anti-inflammatory IL-10, whereas the CMI patients with an increase in IL-17 concentration showed a decrease in pro-inflammatory TNF α , thus confirming its role in immunopathogenesis of mercury neurointoxication. Further study of IL-17 involvement in the initiation and maintenance of chronic inflammation will not only contribute to better understanding of the disease origin, but also, most importantly, implication of novel, more effective treatments.

Keywords: IL-17, immune system, diagnostics, mercury, early manifestations of neurointoxication, chronic mercury intoxication

Введение

До настоящего времени ртуть продолжает оставаться значимым фактором риска нарушений здоровья человека [6]. Согласно современным представлениям, развитие и течение клинической картины ХРИ зависит от продолжительности, интенсивности воздействия, индивидуальных особенностей организма. При этом определенные трудности вызывает разграничение стадий заболевания [4]. Нарушения в нервной системе при хроническом воздействии паров ртути сопровождаются изменениями как в клеточном, так и гуморальном звеньях иммунитета. В предыдущих исследованиях нами выявлены выраженные закономерные изменения медиаторов воспаления (IL-1, IL-2, IL-4, IL-6, IL-8, IL-10, TNF α) [12], а также показана важная роль аутоиммунных реакций в динамике развития хронической ртутной интоксикации (ХРИ) [11]. В по-

следние годы отмечен рост интереса к открытому в начале XXI века IL-17, однако сведения о роли его при нейроинтоксикации ртутью отсутствуют. Известно, что IL-17 продуцируется различными иммунокомпетентными клетками, однако наиболее выраженный синтез его осуществляют Т-хелперы 17-го типа (Th17). IL-17 относится к провоспалительным цитокином и способен стимулировать выработку различных хемокинов [9]. В последние годы установлено, что Th17-клетки играют важную роль в патогенезе аутоиммунных и аллергических заболеваний [8, 15]. Чрезмерная продукция этого цитокина ассоциирована с иммуновоспалительными, аутоиммунными заболеваниями (псориаз, псориазный артрит, ревматоидный артрит, рассеянный склероз, системная красная волчанка) [7, 10]. IL-17 стал важной терапевтической мишенью при лечении различных хронических воспалительных заболе-

ваний человека [5]. Учитывая, что IL-17 проявляет выраженную провоспалительную активность, способен индуцировать синтез различных цитокинов, в том числе TNF α , IL-1, IL-6, тем самым способствуя развитию аутоиммунных патологических реакций, актуальным является изучение роли IL-17 в патогенезе ХРИ для обоснования дополнительных критериев ранней и эффективной диагностики заболевания.

В связи с вышеизложенным, **целью работы** явилось выявление изменений концентрации IL-17 в сыворотке крови у пациентов с нейротоксикацией ртутью различной степени выраженности для обоснования дополнительных критериев ранней и эффективной диагностики заболевания.

Материалы и методы

Проведено обследование пациентов, подвергавшихся хроническому воздействию паров металлической ртути, которые находились на обследовании и лечении в клинике института. В первую группу включены мужчины ($n = 37$) в возрасте $49,2 \pm 4,4$ лет и стажем работы в контакте с ртутью $18,1 \pm 5,6$ лет, имеющие ранние признаки нейротоксикации парами металлической ртути, проявляющиеся в основном ($80,0 \pm 8,9\%$ случаев) астеническим расстройством, которое сопровождалось в $56,7 \pm 7,5\%$ синдромом вегетативной дистонии. Вторая группа состояла из мужчин ($n = 40$) с установленным диагнозом хронической ртутной интоксикации, у которых в 100% случаев выявлена токсическая энцефалопатия и в $74,2 \pm 8,6\%$ органическое расстройство личности. Средний возраст обследованных составил $53,4 \pm 0,8$ года, стаж — $15,6 \pm 0,8$ лет. Критериями включения в основные группы являлось наличие установленного во время работы в контакте с вредным производственным фактором диагноза, отсутствие коморбидной патологии, которая могла бы повлиять на обмен цитокинов (ожирение, сахарный диабет, артериальная гипертензия). Постановка диагноза осуществлялась в соответствии с Международной классификацией болезней 10-го пересмотра (МКБ-10). В группу сравнения включены мужчины ($n = 34$) сопоставимые по возрасту ($47,2 \pm 4,7$ года) и общему трудовому стажу ($14,2 \pm 1,2$ года), не имеющие клинических признаков острых или хронических заболеваний любой природы и контакта в условиях производства с веществами нейротоксического действия. Забор крови у пациентов проводили до проведения лечения. Концентрации IL-17 в сыворотке крови определяли методом иммуноферментного анализа (ИФА) с использованием наборов реагентов производства ЗАО «БиоХимМак»: (ИФА-IL-17), кат. № BMS2017,

чувствительность: 2 пг/мл, диапазон измерений: 0–500 пг/мл. Оценивали корреляционные зависимости между IL-17 и другими цитокинами (IL-1 β , TNF α , IL-2, IL-4, IL-6, IL-10). Исследования выполнены на автоматическом анализаторе Alisei Q.S. (SEAC, Италия). Полученные результаты выражали в пг/мл. Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета прикладных программ STATISTICA 6.0 (StatSoft, США). Межгрупповые различия оценивали с использованием непараметрического критерия Манна-Уитни с поправкой Бонферрони. За уровень статистической значимости различий принимали $p < 0,05$. Результаты исследований представлены в виде медианы нижнего (25%) и верхнего (75%) квартилей — Me ($Q_{0,25}$ - $Q_{0,75}$). Возраст и стаж работы обследованных пациентов представлены в виде средней (M) и ее ошибки (m). Корреляционный анализ проводили методом ранговой корреляции Спирмена (r). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Обследование пациентов соответствовало этическим стандартам в соответствии с Хельсинской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (2000) и «Правилами клинической практики в РФ», утвержденными Приказом Минздрава РФ № 266 от 19.06.2003 г. Исследования выполнены с информированного согласия пациентов на участие в них и одобрены Этическим комитетом ВСНЦ ЭЧ СО РАМН (Протокол № 5 от 14.11.12).

Результаты и обсуждение

Предыдущими исследованиями выявлены особенности функционирования иммунной системы у обследованных пациентов с нейротоксикацией парами ртути, характеризующиеся возрастанием количества CD3⁺T-лимфоцитов, CD4⁺ лимфоцитов-хелперов, CD16⁺ натуральных киллеров, CD9⁺ пре-B-лимфоцитов, CD20⁺ лимфоцитов с одновременным повышением концентрации провоспалительных цитокинов — IL-1 β , TNF α , IL-2, IL-6 и противовоспалительного IL-4 относительно группы сравнения [2, 3]. Учитывая заинтересованность компонентов иммунной системы, в частности гиперактивацию CD4⁺ клеток и усиленную выработку провоспалительных цитокинов, а также современные представления о выраженной провоспалительной активности IL-17, способного индуцировать синтез различных медиаторов воспаления, на следующем этапе исследования определен интерес представляла оценка его концентрации в сыворотке крови пациентов с начальными проявлениями нейротоксикации парами ртути и лиц с установленным диагнозом ХРИ (табл. 1).

Результаты сравнительного анализа сывороточных концентраций IL-17 у пациентов, в зави-

симости от степени выраженности нейроинтоксикации, позволили установить статистически значимое ($p = 0,008$) возрастание уровней IL-17 в сыворотке крови пациентов с ранними проявлениями нейроинтоксикации парами металлической ртути при сопоставлении с группой сравнения. У пациентов с установленным диагнозом ХРИ также наблюдалось увеличение уровня IL-17 ($p = 0,0003$). В зависимости от степени выраженности интоксикации ртутью статистически значимых различий концентрации IL-17 между группами отмечено не было, хотя имела место тенденция к его нарастанию у лиц с ХРИ. Данные наших исследований согласуются с результатами других авторов, свидетельствующих об активации IL-17 при других иммуновоспалительных заболеваниях [7, 8, 9, 15]. Ингибирование иммунных реакций, зависимых от IL-17 в последние годы, представляет собой перспективное направление в лечении широкого круга хронических заболеваний, в связи с чем актуальным являлось выявление взаимосвязи IL-17 с другими медиаторами воспаления. Результаты корреляционного анализа между IL-17 и IL-1 β , IL-2, IL-4, IL-6, IL-10, TNF α , IFN γ в группе сравнения позволили выявить прямую статистически значимую ($r = 0,767$; $p = 0,015$) зависимость между IL-17 и противовоспалительным IL-4. В группах лиц с ранними проявлениями нейроинтоксикации и ХРИ происходит ее рассогласование и у первых появляется новая взаимосвязь с другим противовоспалительным цитокином – IL-10 ($r = -0,388$; $p = 0,017$). Следует отметить, что IL-10 относится к основному иммуносупрессивному цитокину, который редуцирует реакции воспаления, но одновременно ослабляет

противовирусный иммунитет [13]. Особого внимания заслуживает появление у пациентов с ХРИ сильной патогенетически значимой отрицательной зависимости между IL-17 и TNF α ($r = -0,796$; $p = 0,042$). Исследованиями Просековой Е.В. и соавт. [8] показано, что семейству IL-17, наряду со значительным количеством иммунорегуляторных функций, свойственна инициация и стимуляция провоспалительных реакций. Способствуя воспалению, IL-17 действует совместно с фактором некроза опухолей [15]. Синергетический эффект TNF α и IL-17 на мРНК детально изучен на примере мРНК хемокина CXCL1 [14]. Показано, что TNF α стимулирует инициацию транскрипции мРНК, а IL-17 стабилизирует уже синтезированную мРНК. Авторами были также найдены еще 12 генов с таким же механизмом регуляции их экспрессии.

Зарегистрированный факт зависимости у пациентов с ХРИ между повышением продукции IL-17 и снижением фактора некроза опухоли согласуется и с ранее выполненными исследованиями, свидетельствующими о том, что при хроническом воздействии паров металлической ртути у стажированных работников и лиц с начальными проявлениями нейроинтоксикации установлена гиперпродукция TNF α , а с нарастанием тяжести патологического процесса при ХРИ наблюдается снижение его концентрации, способствующее поддержанию патологического процесса и прогрессивному течению нейроинтоксикации [1].

Таким образом, у пациентов с ранними проявлениями нейроинтоксикации парами ртути и лиц с хронической ртутной интоксикацией установлено повышение сывороточной концентрации

ТАБЛИЦА 1. КОНЦЕНТРАЦИИ IL-17 В СЫВОРОТКЕ КРОВИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ВЫРАЖЕННОСТИ НЕЙРОИНТОКСИКАЦИИ ПАРАМИ РТУТИ

TABLE 1. SERUM IL-17 CONCENTRATIONS DEPENDING ON SEVERITY OF NEUROINTOXICATION WITH MERCURY VAPOR

Обследуемые группы Survey samples	Количество обследованных Number of surveyed	Me ($Q_{0,25}$ - $Q_{0,75}$), пг/мл Me ($Q_{0,25}$ - $Q_{0,75}$), pg/ml	Показатель статистической значимости (p) Indicator of the statistical importance (p)
Пациенты с ранними признаками нейроинтоксикации парами ртути Patients with early signs of neurointoxication with mercury vapor	37	14,07 (0,01-30,90)*	$p_{1-3} = 0,008$
ХРИ ChMI	40	17,5 (0,01-32,55)*	$p_{2-3} = 0,0003$
Группа сравнения Group of comparison	34	0,01 (0,01-11,10)	

Примечание. * – различия при сопоставлении с группой сравнения статистически значимы при $p < 0,05$.

Note. *, differences compared with the comparison group are statistically significant at $p < 0.05$.

IL-17 при сопоставлении с группой сравнения, что свидетельствует о его информативной значимости в качестве дополнительного диагностического критерия. Полученные результаты продемонстрировали связь между IL-17 и медиаторами воспаления, что подтверждает его роль в иммуннопатогенезе нейротоксикации парами ртути.

Выполненные пилотные исследования свидетельствуют о перспективности дальнейшего изучения участия IL-17 в инициации и поддержании хронического воспаления, которое будет не только способствовать лучшему пониманию природы болезни, но и, самое главное, появлению новых, более эффективных методов лечения.

Список литературы / References

1. Бодиенкова Г.М., Боклаженко Е.В. Динамика изменений цитокинового профиля при воздействии паров металлической ртути в условиях производства // Российский аллергологический журнал, 2012. № S5. С. 30-31. [Bodienkova G.M., Boklazhenko E.V. Dynamics of changes in cytokine profile when exposed to vapors of metallic mercury in the production of. *Rossiyskiy allergologicheskiy zhurnal = Russian Allergy Journal*, 2012, no. S5, pp. 30-31. (In Russ.)]
2. Бодиенкова Г.М., Рукавишников В.С., Боклаженко Е.В. Оценка иммунорегуляторных маркеров в течении нейротоксикации ртутью в постконтактном периоде // Гигиена и санитария, 2016. Т. 95, № 12. С. 1138-1141. [Bodienkova G.M., Rukavishnikov V.S., Boklazhenko E.V. The evaluation of immunoregulatory markers in the course of neurointoxication by mercury over the post-exposure period. *Gigiena i sanitariya = Hygiene and Sanitation*, 2016, Vol. 95, no. 12, pp. 1138-1141. (In Russ.)]
3. Боклаженко Е.В., Бодиенкова Г.М. Влияние хронической ртутной интоксикации в постконтактном периоде на фенотипический состав лимфоцитов периферической крови // Гигиена и санитария, 2019. Т. 98, № 10. С. 1091-1095. [Boklazhenko E.V., Bodienkova G.M. Phenotypic composition of peripheral blood lymphocytes and their cooperation in patients with chronic mercury intoxication in a post-contact period. *Gigiena i sanitariya = Hygiene and Sanitation*, 2019, Vol. 98, no. 10, pp. 1091-1095. (In Russ.)]
4. Катаманова Е.В., Шевченко О.И., Лахман О.Л. Некоторые итоги изучения нейропсихологических особенностей лиц, подвергавшихся хроническому воздействию ртути в условиях химического производства // Медицина труда и промышленная экология, 2010. № 1. С. 19-23. [Katamanova E.V., Shevchenko O.I., Lakhman O.L. Neuropsychologic traits in individuals with chronic exposure to mercury at work. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya = Occupational Medicine and Industrial Ecology*, 2010, no. 1, pp.19-23. (In Russ.)]
5. Костарева О.С., Габдулхаков А.Г., Коляденко И.А., Гарбер М.Б., Тищенко С.В. Интерлейкин-17: функциональные и структурные особенности; использование в качестве терапевтической мишени // Успехи биологической химии, 2019. Т. 59. С. 393-349. [Kostareva O.S., Gabdulkhakov A.G., Kolyadenko I.A., Garber M.B., Tishchenko S.V. Interleukin-17: functional and structural features; use as a therapeutic target. *Uspekhi biologicheskoy khimii = Advances in Biological Chemistry*, 2019, Vol. 59, pp. 393-349. (In Russ.)]
6. Малов А.М., Сибиряков В.К., Муковский Л.А., Семенов Е.В. Ртуть как фактор риска для здоровья человека. Известия Самарского научного центра Российской академии, 2014. Т. 16, № 5 (2). С. 907-910. [Malov A.M., Sibiryaev V.K. Mukovskiy L.A., Semenov E.V. Mercury as risk factor for human health. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii = News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2014, Vol. 16, no. 5 (2), pp. 907-910. (In Russ.)]
7. Мельников М.В., Белоусова О.О., Жетишев Р.Р., Пашенков М.В., Бойко А.Н. Влияние катехоламинов на Th17-клетки при рассеянном склерозе // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова, 2016. Т. 116, № 10-2. С. 16-20. [Melnikov M.V., Belousova O.O., Zhetishev R.R., Pashenkov M.V., Boyko A.N. The influence of catecholamines on Th17-cells in multiple sclerosis. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova = S Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*, 2016, Vol. 116, no. 10-2, pp. 16-20. (In Russ.)]
8. Просекова Е.В., Турянская А.И., Долгополов М.С. Семейство интерлейкина-17 при атопии и аллергических заболеваниях // Тихоокеанский медицинский журнал, 2018. № 2. С. 15-20. [Prosekova E.V., Turyanskaya A.I., Dolgoplov M.S. Interleukin-17 family in atopy and allergic diseases. *Tikhookeanskiy meditsinskiy zhurnal = Pacific Medical Journal*, 2018, no. 2, pp. 15-20. (In Russ.)]
9. Шилова Л.Н., Паньшина Н.Н., Чернов А.С., Трубенко Ю.А., Хортиева С.С., Морозова Т.А., Паншин Н.Г. Иммунопатологическое значение интерлейкина-17 при псориазическом артрите // Современные проблемы науки и образования, 2015. № 6. Режим доступа: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23040>. [Shilova L.N., Panshina N.N., Chernov A.S., Trubenko Yu.A., Khortieva S.S., Morozova T.A., Panshin N.G. Immunopathological significance of interleukin-17 in psoriatic arthritis. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya = Modern Problems of Science and Education*, 2015, no. 6. (In Russ.)] Access mode: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23040>.
10. Beringer A., Noack M. IL-17 in chronic inflammation: from discovery to targeting. *Trends Mol. Med.*, 2016, Vol. 22, no. 3, pp. 230-241.
11. Bodienkova G.M., Boklazhenko E.V. Changes in antibodies against nervous tissue proteins in patients with chronic mercury intoxication in the post-contact period. *Neurochem. J.*, 2020, Vol. 14, no. 1, pp. 108-115.

12. Bodienkova G., Alekseev R., Boklazhenko E., Kurchevenko S. Inflammation mediators in employees in chronic exposure to neurotoxicants. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*, 2014, Vol. 27, no. 4, pp. 619-626.
13. Guarda G., Braun M., Staehli F., Tardivel A., Mattmann., Forster I., Farlik M., Decker T., du Pasquier R., Tschopp J. Type I interferon inhibits interleukin-1 production and inflammasome activation. *Immunity*, 2011, Vol. 34, no. 2, pp. 2013-223.
14. Hartupee J., Liu C., Novotny M., Li X., Hamilton T. IL-17 enhances chemokine gene expression through mRNA stabilization. *J. Immunol.*, 2007. Vol. 179, pp. 4135-4414.
15. Juszczak M., Głabinski A. Th17 cells in the pathogenesis of multiple sclerosis. *Postepy Hig. Med. Dosw. (Online)*, 2009, Vol. 63, pp. 492-501. (In Polish)

Авторы:

Бодиенкова Г.М. — д.м.н., профессор, заведующая лабораторией иммуно-биохимических и молекулярно-генетических исследований в гигиене ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», г. Ангарск, Иркутская обл., Россия

Боклаженко Е.В. — к.м.н., научный сотрудник лаборатории иммуно-биохимических и молекулярно-генетических исследований в гигиене ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», г. Ангарск, Иркутская обл., Россия

Authors:

Bodienkova G.M., PhD, MD (Medicine), Professor, Head, Laboratory of Immunobiochemical and Molecular Genetic Studies in Hygiene, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, Irkutsk Region, Russian Federation

Boklazhenko E.V., PhD (Medicine), Research Associate, Laboratory of Immunobiochemical and Molecular Genetic Studies in Hygiene, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, Irkutsk Region, Russian Federation

Поступила 08.10.2020
Принята к печати 09.01.2021

Received 08.10.2020
Accepted 09.01.2021