



ОНЛАЙН-КАЛЬКУЛЯТОРЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ТУЧНЫХ КЛЕТОК

^{1, 2}Козлов В.А., ¹Ильина Л.Ю., ¹Дьячкова И.М., ^{1, 2}Гурьянова Е.А., ²Никифоров Е.О.

¹Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова;

²Институт усовершенствования врачей, Чебоксары, Россия; e-mail: lileaseae@mail.ru

Резюме

ВВЕДЕНИЕ. Существует проблема объективной количественной оценки реакции тучных клеток на изменения внутренней среды организма, вызванные как внутренними, так и внешними причинами.

ЦЕЛЬ. Ранее разработанные алгоритмы подсчета индексов дегрануляции и сульфатирования были использованы для разработки онлайн-калькуляторов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. На основании разработанных ранее алгоритмов подсчета индексов дегрануляции и сульфатирования созданы, защищены свидетельствами о регистрации программы для ЭВМ и размещены в интернет онлайн-калькуляторы, позволяющие осуществить автоматический расчет искомым индексам для оценки статуса популяции тучных клеток в клинико-гистологической диагностике, судебно-медицинской экспертизе и медико-биологических экспериментах.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Получаемые статистические величины позволяют сопоставимо и независимо от видовой или объектной (орган или ткань) принадлежности количественно оценить влияние на популяцию тучных клеток ксенобиотиков и веществ естественного происхождения, физических полей и различных типов электромагнитного излучения, звуковых объектов, а также болезненных процессов, что позволяет объективно оценить тяжесть реакции организма на аллергическое, аутоиммунное, инфекционное, токсическое или физическое воздействие в клинической практике, так и лечебное или повреждающее действие исследуемых веществ и физических явлений в эксперименте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Разработанные нами и размещенные в свободном доступе в интернет онлайн-калькуляторы могут использоваться для объективизации реакции тучно-клеточной популяции на изменения гомеостаза, индуцированные широким спектром внутренних и внешних причин.

Ключевые слова тучные клетки, индекс сульфатирования, индекс дегрануляции, онлайн-калькулятор, гистология.

Для цитирования Козлов В.А., Ильина Л.Ю., Дьячкова И.М., Гурьянова Е.А., Никифоров Е.О. Онлайн-калькуляторы для оценки функциональной активности тучных клеток. Морфологические ведомости. 2026;34(3):994. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2026.34\(3\).994](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2026.34(3).994)

Статья поступила в редакцию 23 января 2026
Статья принята к публикации 30 сентября 2026



ONLINE CALCULATORS FOR EVALUATING THE FUNCTIONAL ACTIVITY OF MAST CELLS

^{1, 2}Kozlov VA, ¹Ilyina LY, ¹Dyachkova IM, ^{1, 2}Gur'yanova EA, ²Nikiforov EO

¹Ulyanov Chuvash State University; ²Postgraduate Doctors' Training Institute, Cheboksary, Russia; e-mail: lileaceae@mail.ru

Abstract

INTRODUCTION. Objectively quantifying the response of mast cells to homeostasis shifts caused by both intrinsic and extrinsic factors remains a significant challenge.

OBJECTIVE. The aim of this study was to develop and implement web-based calculators for the automated evaluation of mast cell functional activity.

MATERIALS AND METHODS. Online calculators were developed based on previously established algorithms for computing degranulation and sulfation indices. These calculators are officially registered as proprietary software and are publicly accessible online. They enable the automated calculation of mathematical indices required to assess mast cell population status in clinical pathology, histology, forensic medical examinations, and biomedical experiments.

RESULTS. The obtained statistical parameters enable independent quantification and comparison of the effects of xenobiotics, natural compounds, physical fields, electromagnetic radiation, and acoustic stimuli on mast cell populations and pathological processes. This approach ensures an objective assessment of host responses to allergic, autoimmune, infectious, toxic, and physical impacts in clinical practice. Furthermore, it allows for the experimental evaluation of the therapeutic or damaging effects of studied substances and physical phenomena.

CONCLUSION. The developed freely accessible online calculators provide an objective tool for measuring mast cell responses to homeostatic changes induced by diverse internal and external factors.

Keywords

mast cells, sulfation index, degranulation index, online calculator, histology.

For the citation

Kozlov VA, Ilyina LY, Dyachkova IM, Gur'yanova EA, Nikiforov EO. Online calculators for evaluating the functional activity of mast cells. *Morfologicheskie Vedomosti – Morphological newsletter*. 2026;34(3):994. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2026.34\(3\).994](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2026.34(3).994)

Article received 23 January 2026
Article accepted 30 September 2026

ВВЕДЕНИЕ

Одной из проблем морфометрии является трудоемкость обработки полученных количественных данных, связанная с необходимостью статистического анализа больших численных массивов. Тем не менее, морфометрический анализ в гистологии, особенно когда удастся оценить функциональную активность клеток, позволяет выявить закономерности биологической реакции клеток на внешние воздействия, которые другими способами установить не получается.

Ранее были разработаны и внедрены в практику такие статистические величины, как индекс дегрануляции [1] и индекс сульфатирования тучных клеток (ТК) [2]. На основе использования этих индексов сотрудниками ГАУ ДПО «Институт

усовершенствования врачей» Минздрава Чувашской Республики разработаны, защищены свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ [3–4], внедрены в практику и размещены на сайте ГИДУВа два онлайн-калькулятора для расчета индекса дегрануляции ТК и индекса сульфатирования ТК [5–7]. Калькуляторы позволяют в онлайн режиме рассчитать соответствующие индексы ТК, что позволяет осуществить объективную оценку статуса популяции ТК в клинко-гисто-логической диагностике, судебно-медицинской экспертизе и медико-биологических экспериментах для оценки влияния ксенобиотиков и веществ естественного происхождения, физических полей и различных типов электромагнитного излучения, звуковых объектов и т.п. на популяцию ТК органов и

серозных оболочек. Это позволяет объективизировать оценку тяжести реакции организма на аллергическое, аутоиммунное, инфекционное, токсическое или физическое воздействие в клинической практике, лечебное или повреждающее действие исследуемых веществ и физических явлений в эксперименте.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: оценка функционального состояния популяций тучных клеток различных органов с помощью онлайн-калькуляторов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Первичным статистическим материалом для расчета индексов послужили данные по подсчету числа ТК в гистологических срезах, окрашенных толуидиновым синим по А. Унна. Для проведения исследования авторами разработаны, защищены свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ и размещены на сайте ГАУ ДПО «Институт усовершенствования врачей» Минздрава Чувашии два онлайн-калькулятора для расчета индекса дегрануляции ТК [6] и расчета индекса сульфатирования ТК [7]. Методами исследования послужили разработанные он-лайн калькуляторы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Онлайн-калькуляторы расчета индексов дегрануляции и сульфатирования ТК представляют собой сетевые инструменты, позволяющие быстро и легко получить статистические величины (индексы), сопоставимые вне зависимости от объекта исследования (человек, или лабораторное животное).

Онлайн-калькулятор для расчета индекса дегрануляции ТК основан на подсчете ТК по формуле Д.П. Линднера и соавт. [1]:

$$\text{ИДГ} = \frac{A \times 0 + B \times 1 + B \times 2 + G \times 3}{n},$$

где ИДГ – индекс дегрануляции ТК; А – неактивные ТК; Б – слабо дегранулирующие ТК; В – ТК с умеренной дегрануляцией; Г – ТК с сильной дегрануляцией; n – общее число ТК.

По Д.П. Линднер и соавт. [1], по степени дегрануляции ТК разделяют на четыре группы:

1-я – очень плотно равномерно окрашенные темно-синие ТК, цитоплазма которых настолько плотно заполнена метакроматическими гранулами, что ни отдельные гранулы, ни клеточное ядро неразличимы;

2-я – темно-синие ТК, плотно заполненные отдельно различимыми метакроматическими гранулами, клеточное ядро частично визуализируется;

3-я – светлые ТК, рыхло заполненные хорошо различимыми гранулами с менее интенсивной метакромазией, ядро визуализируется;

4-я – очень светлые ТК с небольшим количеством слабометакроматических гранул и опустошенные клетки с единичными гранулами и со слабой метакромазией цитоплазмы (рис. 1).

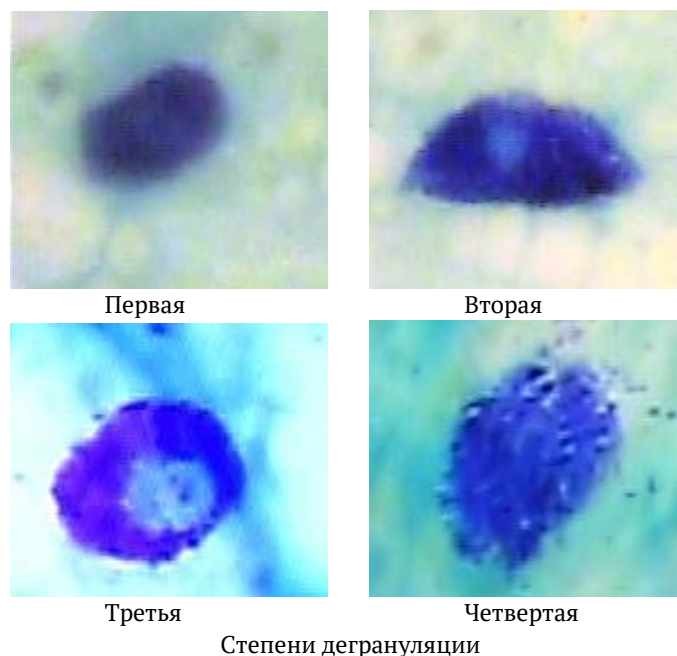


Рис. 1. Микрофотографии. ТК в капсуле почки крысы линии Вистар. Разделение ТК по степени дегрануляции. Окраска толуидиновым синим по А. Унна. Ув. 40×

Fig. 1. Photomicrographs. MCs in the kidney capsule of a Wistar rat. Separation of MCs by degree of degranulation. Stained with toluidine blue according to A. Unna. Magnification 40×

К четвертой степени дегрануляции мы также относим случаи полной дегрануляции ТК, когда клеточная мембрана ТК разрушена, а сама ТК

представлена компактной группой гранул, свободно расположенных в тканевом пространстве. Формула Д.П. Линднера и соавт. [1] многократно апробирована в медико-биологических экспериментах, где оценивалось состояние тучно-клеточной популяции разных органов и серозных оболочек. Достоинством формулы Д.П. Линднера и соавт. [1] является получение вторичной статистической величины – безразмерного индекса дегрануляции ТК, количественные параметры которого независимы как от видового происхождения объекта исследования, так и от морфологического (орган или серозная оболочка). В результате коэффициент дегрануляции позволяет получить количественно сопоставимые данные, независимые от числа ТК в объекте исследования, которое может различаться в разы, что затрудняет интерпретацию данных о влиянии однородного воздействия на состояние ТК у разных видов живых объектов и/или их органов и серозных оболочек. Тем не менее, использование формулы Д.П. Линднера и соавт. [1] для неавтоматизированного подсчета ТК является достаточно трудоемким, что ограничивает ее применение в исследовательской и клинической практике. В целях оптимизации расчета индекса дегрануляции нами разработан онлайн-калькулятор, размещаемый на сервере в теле интернет-портала и используемый в свободном доступе.

Интерфейс онлайн-калькулятора для индекса дегрануляции представляет собой интернет-страницу, на которой представлены:

1) полные библиографические данные о публикации Д.П. Линднера и соавт. (1980), содержащей формулу для расчета индекса дегрануляции и ее обоснование;

2) краткие инструкции о различиях ТК в зависимости от степени их дегрануляции;

3) собственно калькулятор для расчета индекса дегрануляции, в который количественные данные о числе ТК с разной степенью дегрануляции вводятся последовательно в ячейки для клеток с данной степенью дегрануляции, а после окончания ввода осуществляется расчет индекса дегрануляции по нажатию кнопки «Рассчитать».

После чего цикл расчета индекса дегрануляции ТК может быть повторен. Полученные коэффициенты накапливаются в видимой области калькулятора и могут быть как скопированы в буфер обмена, для последующего переноса в текстовые или табличные процессоры (Word или Excel, например), так и импортированы в Google таблицы для опосредованного импорта в табличный процессор или статистической обработки материала онлайн. После завершения работы буфер обмена калькулятора обнуляется нажатием на кнопку «Очистить», либо выходом из калькулятора путем закрытия интернет-страницы, на которой он расположен. Интерфейс онлайн-калькулятора для расчета индекса дегрануляции ТК представлен на скриншоте (рис. 2). Онлайн-калькулятор для расчета индекса сульфатирования ТК имеет аналогичное дизайнерское решение.

Онлайн-калькулятор
Расчет индекса дегрануляции тучных клеток

Формула

Описание и источники

Расчет 2

А - число неактивных клеток:

Б - число слабо дегранулирующих клеток:

В - число клеток с умеренной дегрануляцией:

Г - число клеток с сильной дегрануляцией:

Число клеток

4

14

12

6

36

следующий

Таблица с результатами:

№ n/n	А	Б	В	Г	ИДГ
1	5	8	13	9	15.25
2					

Рис. 2. Интерфейс онлайн-калькулятора для расчета индекса дегрануляции ТК в процессе ввода данных

Fig. 2. Online calculator interface for calculating the TC degranulation index during data entry

Подсчет индекса сульфатирования ТК, основанный на визуальной оценке зрелости гепарина в их цитоплазме (рис. 3), производят по формуле Л.Ю. Ильиной и соавт. [2].

$$ИС = \frac{\alpha \times 0 + \beta_1 \times 1 + \beta_2 \times 2 + \beta_3 \times 3 + \gamma \times 4}{n},$$

где ИС – индекс сульфатирования ТК; α – число α – ортохроматических ТК; β_1 – число β_1 – метахроматических ТК; β_2 – число β_2 – метахроматических ТК; β_3 – число β_3 – метахроматических ТК; γ – число γ – метахроматических ТК; n – общее число ТК.

Калькуляторы для расчета индексов дегрануляции или сульфатирования ТК можно использовать в клинко-гистологической лабораторной диагностике и судебно-медицинской экспертизе для оценки биопсийного и аутопсийного материала, в медико-биологических экспериментах для оценки влияния лекарственных и токсичных веществ, органических веществ естественного происхождения, а также физических полей и различных типов электромагнитного излучения, звуковых объектах и т.п. на тучно-клеточную популяцию органов и серозных оболочек, что позволяет оценить эффективность лечебного или повреждающего воздействия исследуемых веществ и физических явлений.

Это тем более важно, что появились сведения об участии ТК в патогенезе полиорганных повреждений при COVID-19. А их морфологические параметры (степень дегрануляции) коррелируют со степенью поражения внутренних органов и определяют прогноз летальности [8–9]. Локальное увеличение более чем в 9 раз числа ТК в области синовио тазобедренного сустава наблюдается у постковидных больных [10–11]. Несмотря на то, что ТК, как правило, не определяются в крови, тем не менее, их предшественники образуются в селезенке и мигрируют из нее в ткани по сосудистому руслу. Следовательно, можно ожидать, что при локальных тканевых мастоцитозах по числу предшественников ТК в периферической крови может менять в ту или иную сторону. Кроме того, миграция ТК в ткани, очевидно, связана с локальным выделением клеток ткани факторов хемотаксиса ТК, соответственно, эти факторы хемотаксиса ТК могут быть определены как патологические маркеры повреждения тканей.

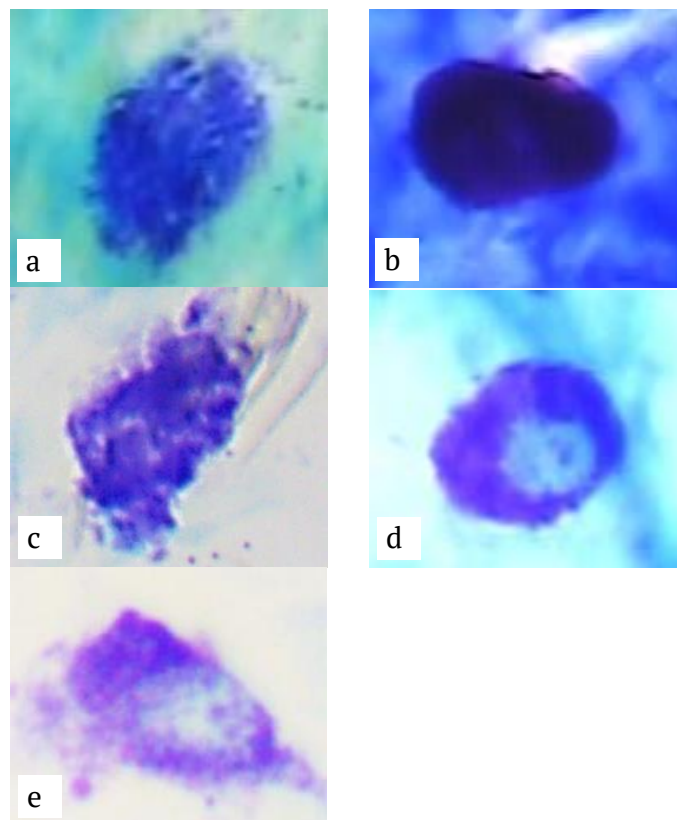


Рис. 3. Микрофотографии. ТК разной степени сульфатирования в капсуле почки крысы линии Вистар. Окраска толуидиновым синим по А. Унна. Ув. 40×: **a** – α – ортохроматические ТК, голубая цитоплазма с несulfатированным незрелым гепарином, метахромазии нет; **b** – β_1 – метахроматические ТК, фиолетовая цитоплазма с гранулами более сульфатированного незрелого гепарина; **c** – β_2 – метахроматические ТК, фиолетовая цитоплазма с красноватым оттенком с сульфатированным созревающим гепарином; **d** – β_3 – метахроматические ТК метахромазия, красно-фиолетовая цитоплазма с почти зрелым гепарином; **e** – γ – метахроматические ТК, метахромазия, пурпурные гранулы со зрелым полностью сульфатированным гепарином

Fig. 3. Photomicrographs. MCs with the different degree of sulfation in the Wistar rat kidney capsule. Staining with toluidine blue according to A. Unna. Magnification 40×: **a** – α – orthochromatic MCs, blue cytoplasm with unsulfated immature heparin, no metachromasia; **b** – β_1 – metachromatic MCs, violet cytoplasm with granules of more sulfated immature heparin; **c** – β_2 – metachromatic MCs, violet cytoplasm with a reddish tint with sulfated maturing heparin; **d** – β_3 – metachromatic MCs metachromasia, red-violet cytoplasm with almost mature heparin; **e** – γ – metachromatic TC, metachromasia, purple granules with mature fully sulfated heparin

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанные нами и размещенные в свободном доступе в интернет онлайн-калькуляторы могут использоваться для объективизации

реакции тучно-клеточной популяции на изменения гомеостаза, индуцированные широким спектром внутренних и внешних причин.

Литература

References

- 1 Lindner DP, Poherin IA, Rozkin MYa, Efimov VS. Morfometricheskii analiz populyatsii tuchnykh kletok. *Arkhiv patologii*. 1980;6:60–64. *In Russian*
- 2 Il'ina LYu, Sapozhnikov SP, Kozlov VA, D'yachkova IM i dr. Kolichestvennaya otsenka sul'fatirovaniya tuchnykh kletok. *Acta Medica Eurasica*. 2020;2:43–53. *In Russian*
- 3 Kozlov VA, Nikiforov EO, Il'ina LYu, D'yachkova IM. Onlayn-kal'kulyator dlya rascheta indeksa sul'fatirovaniya tuchnykh kletok. Certificate of registration of the computer program RU 2025681582, 08/15/2025. Application No. 2025669976 dated 08/05/2025. *In Russian*
- 4 Kozlov VA, Nikiforov EO, Guryanova EA. Onlayn-kal'kulyator dlya rascheta indeksa degranulyatsii tuchnykh kletok. Certificate of registration of the computer program RU 2025681631, 08/15/2025. Application No. 2025669981 dated 08/05/2025. *In Russian*
- 5 Professorsko-prepodavatel'skiy sostav institute razrabotali i vnedrili v praktiku onlayn-kal'kulyatory dlya rascheta indeksov degranulyatsii i sul'fatirovaniya tuchnykh kletok. URL: <https://giduv.com/novosti/professorsko-prepodavatel'skiy-sostav-instituta-razrabotali-i-vnedrili-v-praktiku-onlajn-kalkulyatoryi-dlya-rascheta-indeksov-degranulyatsii-i-sulfatirovaniya-tuchnykh-kletok>. *In Russian*
- 6 Indeks degranulyatsii tuchnykh kletok. URL: <https://calculator.giduv.com/degranulation-calc.php>. *In Russian*
- 7 Indeks sul'fatirovaniya tuchnykh kletok. URL: <https://calculator.giduv.com/sulfation-calc.php>. *In Russian*
- 8 Yastrebova SA, Sergeeva VE. Mekhanizmy gidrokortizonoynoy immunomodulyatsii bioaminnoy kletochnoy sistemy. *Cheboksary*, 2000. 83 p. *In Russian*
- 9 Budnevsky AV, Avdeev SN, Ovsyannikov ES i dr. K voprosu o roli tuchnykh kletok i ikh proteaz v tyazhelom techenii novoy koronavirusnoy infektsii COVID-19. *Arkhiv vnutrenney meditsiny*. 2024;14(3):181–189. <https://doi.org/10.20514/2226-6704-2024-14-3-181-189>. *In Russian*
- 10 Budnevsky AV, Avdeev SN, Ovsyannikov ES i dr. Ostroe povrezhdenie miokarda pri novoy koronavirusnoy infektsii: vklad tuchnykh kletok. *Byulleten' sibirskoy meditsiny*. 2025;24(3):116–126. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2025-3-116-126>. *In Russian*
- 11 Kuliyeva A, Sereynikova N, Eshmotova G, Teslya Y i dr. Post-COVID-19 Femoral Head Osteonecrosis Exhibits Mast Cell Clusters, Fibrosis, and Vascular Thrombosis: Key Pathological Mechanisms in Long COVID-19 Bone Degeneration. *Pathophysiology*. 2025;32(3):36. <https://doi.org/10.3390/pathophysiology32030036>.

Авторы заявляют об отсутствии каких-либо конфликтов интересов при планировании, выполнении, финансировании и использовании результатов настоящего исследования

The authors declare that they have no any conflicts of interest in the planning, implementation, financing and use of the results of this study

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Козлов Вадим Авенирович, доктор биологических наук, Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, Чебоксары, Россия; ORCID: 0000-0001-7488-1240, e-mail: pooh12@yandex.ru

Ильина Лилия Юрьевна, Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, Чебоксары, Россия; ORCID: 0000-0002-1257-2220, e-mail: lileaceae@mail.ru

Дьячкова Ираида Михайловна, кандидат биологических наук, Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, Чебоксары, Россия; e-mail: iraida-djachkova@rambler.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Vadim A. Kozlov, Doctor of Biological Sciences, Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia; ORCID: 0000-0001-7488-1240, e-mail: pooh12@yandex.ru

Liliya Yu. Il'ina, Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia; ORCID: 0000-0002-1257-2220, e-mail: lileaceae@mail.ru

Iraida M. D'yachkova, Candidate of Biological Sciences, Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia; e-mail: iraida-djachkova@rambler.ru

Гурьянова Евгения Аркадьевна, доктор медицинских наук-Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, Чебоксары, Россия; ORCID: 0000-0003-1519-2319, e-mail: z-guryanova@bk.ru

Никифоров Евгений Олегович, Институт усовершенствования врачей, Чебоксары, Россия; e-mail: giduv-it@med.cap.ru

Evgeniya A. Gur'yanova, Doctor of Medical Sciences, Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia; ORCID: 0000-0003-1519-2319, e-mail: z-guryanova@bk.ru

Evgeniy O. Nikiforov, Postgraduate Doctors' Training Istitute, Cheboksary, Russia; e-mail: giduv-it@med.cap.ru