

ЛЕКЦИЯ / LECTURE

УДК616-002-008.953-091

<https://doi.org/10.22328/2413-5747-2023-9-4-7-15>**ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КЛИНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КРОВИ.
ЧАСТЬ 1. НЕЙТРОФИЛЬНЫЕ ГРАНУЛОЦИТЫ**¹В. В. Базарный*, ²Д. Ю. Соснин¹Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия²Пермский государственный медицинский университет, г. Пермь, Россия

ВВЕДЕНИЕ. Последние десятилетия характеризуются бурным внедрением в клиническую лабораторную диагностику современных автоматизированных аналитических систем – гематологических анализаторов, которые обеспечивают высокую точность результата и предоставляют врачу дополнительную (в сравнении с рутинными тестами) и часто ценную информацию. Автоматизация анализа крови сделала актуальной проблему интерпретации как новых тестов, так и «рутинных» параметров, которая важна в любом разделе клинической медицины. Поэтому данная лекция предназначена для врачей разных специальностей.

ЦЕЛЬ. Провести интерпретацию клинического анализа крови.

ОБСУЖДЕНИЕ. В рамках одной лекции сложно рассмотреть все аспекты гематологического анализа, поэтому в первой части будет исследована одна из популяций лейкоцитов – нейтрофильные гранулоциты, которые включают палочкоядерные и сегментоядерные нейтрофилы. В лекции приводятся довольно известные данные о нейтрофильных лейкоцитозах и нейтропениях. Акцент сделан на новых параметрах автоматизированного анализа крови – IG (незрелые гранулоциты), Neut-RI (индекс реактивности), Neut-GI (индекс гранулярности), MNV (средний объем нейтрофила), структурно-дисперсных характеристиках (NE-WX, NE-SFL, NE-WZ) и некоторых других. Наряду с современными параметрами отмечено значение традиционного цитологического исследования мазка крови, позволяющего выявить аномалии нейтрофилов (дегенеративно-дистрофические изменения цитоплазмы, апоптоз, патология ядер). В целом, в последние годы заметно расширились возможности лабораторной диагностики реактивных изменений (при воспалении, травме и т. д.) и болезней крови (анемии, миелодиспластические синдромы, гемобластозы и другие) на основе накопления новых знаний в области лабораторной гематологии, в том числе и о клинической значимости оценки нейтрофилов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, клинический анализ крови, нейтрофильные гранулоциты

*Для корреспонденции: Базарный Владимир Викторович, e-mail: vlad-bazarny@yandex.ru

*For correspondence: Vladimir V. Bazarny, e-mail: vlad-bazarny@yandex.ru

Для цитирования: Базарный В.В., Соснин Д.Ю. Интерпретация клинического анализа крови. Часть 1. Нейтрофильные гранулоциты // Морская медицина. 2023. Т. 9, № 4. С. 7-15, doi: <https://doi.org/10.22328/2413-5747-2023-9-4-7-15> EDN: <https://elibrary.ru/ADBIIIH>

For citation: Bazarny V.V., Sosnin D.Yu. Clinical blood test interpretation. Part 1. Neutrophil granulocytes // *Marine medicine*. 2023. Vol. 9, № 4. P. 7-15, doi: <https://doi.org/10.22328/2413-5747-2023-9-4-7-15> EDN: <https://elibrary.ru/ADBIIIH>

**CLINICAL BLOOD TEST INTERPRETATION.
PART 1. NEUTROPHIL GRANULOCYTES**¹Vadimir V. Bazarnyi, ²Dmitriy Yu. Sosnin¹Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia²Perm State Medical University, Perm, Russia

INTRODUCTION. Recent decades are characterized by a rapid introduction of modern automated analytical systems in clinical laboratory diagnostics such as hematology analyzers, which provide a high accuracy of results as well as additional (compared to routine tests) and often more valuable information. Automated blood test has made urgent the problem of

© Авторы, 2023. Издатель Индивидуальный предприниматель Симакина Ольга Евгеньевна. Данная статья распространяется на условиях «открытого доступа», в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 («Attribution-NonCommercial-ShareAlike» / «Атрибуция-Некоммерчески-Сохранение Условий» 4.0), которая разрешает неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии указания автора и источника. Чтобы ознакомиться с полными условиями данной лицензии на русском языке, посетите сайт: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ru>

interpreting both new tests and “routine” parameters that is relevant to any section of clinical medicine. Therefore, this lecture is aimed at doctors of different specialties.

OBJECTIVE. Interpret a clinical blood test.

DISCUSSION. It is hard to review all aspects of hematological analysis within the scope of one lecture, thus part 1 will investigate one of leukocyte populations – neutrophil granulocytes, which include stab and segmented neutrophils. The lecture presents well-known data about neutrophilic leukocytosis and neutropenia. The emphasis is placed on new parameters of automated blood test – IG (immature granulocytes), Neut-RI (reactivity index), Neut-GI (granularity index), MNV (the average volume of neutrophil), structurally dispersed characteristics (NE-WX, NE-SFL, NE-WZ) and some others. Along with modern parameters it was noted the importance of the traditional cytological examination of blood smear, enabling to detect anomalies of neutrophil (degenerative-dystrophic changes of cytoplasm, apoptosis, nucleus pathology).

Overall, recent years have shown a significant improvement in laboratory diagnostic capabilities of reactive changes (with inflammation, injury, etc.) and blood diseases (anemia, myelodysplastic syndromes, hemoblastosis, etc.), based on accumulated knowledge in the field of laboratory hematology, including clinical significance in evaluating neutrophils.

KEYWORDS: marine medicine, clinical blood test, neutrophil granulocytes

Введение. Клинический анализ крови – совокупность информативных показателей содержания в крови клеток и форменных элементов, а также их определенных характеристик – определяемых параметров или расчетных индексов. Это один из наиболее распространенных видов лабораторных исследований. Он позволяет оценить все ростки кроветворения, а в ряде случаев сделать предварительное заключение о возможном характере патологического процесса.

Последние десятилетия характеризуются бурным внедрением в клиническую лабораторную диагностику современных автоматизированных аналитических систем – гематологических анализаторов, которые обеспечивают высокую точность результата и предоставляют врачу дополнительную (в сравнении с рутинными тестами) и часто ценную информацию. Залогом корректности выполнения лабораторного теста является соблюдение правил преаналитического этапа, но данный вопрос выходит за рамки данной лекции. Автоматизация анализа крови сделала актуальной проблему интерпретации как новых тестов, так и «рутинных» параметров, которая важна в любом разделе клинической медицины. Поэтому данная лекция предназначена для врачей разных специальностей.

В рамках одной лекции сложно рассмотреть все аспекты гематологического анализа, поэтому в первой части будет рассмотрена одна из популяций лейкоцитов – нейтрофильные гранулоциты, которые включают палочкоядерные и сегментоядерные нейтрофилы.

Нормальное содержание нейтрофилов в крови. Интерпретация анализа крови в значительной степени основана на сопоставлении результата пациента с «нормальными» вели-

чинами гематологических показателей. Хотя понятие «лабораторной нормы» дискутируется, рассмотрим значения, приведенные в литературе данные по этому поводу (табл. 1). Основным источником информации для врача в Российской Федерации, мы считаем, – Национальное руководство по клинической лабораторной диагностике, где указаны традиционно сформировавшиеся в отечественной практике референтные значения содержания палочкоядерных и сегментоядерных нейтрофилов в абсолютных и относительных величинах. Поскольку в современной клинической практике основным методом стал автоматизированный подсчет клеток, то в большинстве гематологических анализаторов осуществляется суммарный подсчет обеих фракций. Данный параметр в автоматизированном анализе чаще обозначается как ANC (absolute neutrophil count). Поэтому в табл. 1 в основном представлен именно этот показатель.

Данные, кроме цитирующих Национальное руководство и сайт клиники Мейо, – это в основном результаты когортных исследований в виде медианы и межквартильного диапазона. Они позволяют сделать заключение о том, что существуют крайне незначительные региональные особенности обсуждаемого показателя, половые различия также несущественны. Имеются возрастные колебания содержания нейтрофилов у детей: лейкоцитоз в постнатальном периоде и относительное уменьшение до 6 лет, когда в лейкоцитарной формуле увеличено содержание лимфоцитов.

Нейтрофильные гранулоциты является одной из наиболее реактивных систем организма, поэтому неудивительно, что их содержание часто изменяется при патологических процессах

Таблица 1

Содержание нейтрофильных гранулоцитов у здоровых людей

Table 1

The content of neutrophilic granulocytes in healthy people

Когорта обсл	Содержание нейтрофилов в крови	Регион, страна	Ссылка
Взрослые мужчины и женщины	Палочкоядерные Нейтрофилы: 1–6 %, (0,04–0,30 · 10 ⁹ /л). Сегментоядерные Нейтрофилы: 47–72 %, (2,0–5,53 · 10 ⁹ /л)	Россия	Луговская С.А. и соавт. Национальное руководство по клинической лабораторной диагностике, 2013
Взрослые мужчины и женщины	1,56– 6,45 · 10 ⁹ /л	США	Сайт клиники Мейо
Взрослые мужчины и женщины	1,8– 7,2 · 10 ⁹ /л	Канада	Adeli K., et al., 2015.
Взрослые мужчины	1,78–6,94 · 10 ⁹ /л	Франция	Shaheen N. A., et al., 2022
Взрослые женщины	0,75–7,50 · 10 ⁹ /л		
Взрослые мужчины	0,55–5,90 · 10 ⁹ /л	Бразилия	
Взрослые женщины	0,59–6,55 · 10 ⁹ /л		
Взрослые мужчины и женщины	3,40 (2.35–4,0) · 10 ⁹ /л	Польша	Kowalska-Kępczyńska A., et al., 2022
Дети 3–14 лет, мальчики и девочки	32–64 %	Корея	Nah E. H., et al., 2018
Взрослые	37–70 %		
Взрослые мужчины и женщины	3,8 (1,8–7,0) · 10 ⁹ /л	Марокко	Bakrim S., et al., 2018.
Взрослые мужчины	3,17(1,76–4,57) · 10 ⁹ /л	Катар	Yassin M.A., et al., 2022
Взрослые женщины	2,78 (1,7–4,6) · 10 ⁹ /л		

в виде известных лабораторных симптомов – лейкоцитоза и лейкопении.

Нейтрофильный лейкоцитоз (нейтрофилез) – увеличение содержания нейтрофилов. Является, как правило, следствием усиленной продукции клеток в костном мозге и повышенной миграцией из костного мозга в кровь.

Выделяют физиологические и патологические нейтрофилезы, последние подразделяют на реактивные и опухолевые.

Физиологический нейтрофильный лейкоцитоз наблюдается кратковременно после приема пищи, физических нагрузок, у беременных и новорожденных.

Причинами реактивных нейтрофильных лейкоцитозов являются инфекционно-воспалительные заболевания (аппендицит, флегмоны, пневмония, острый холецистит, перитонит, бактериальный эндокардит, остеомиелит, пи-

щевые токсикоинфекции, дифтерия, скарлатина и многие другие), неинфекционные заболевания (инфаркт миокарда, интоксикации, травмы), оперативные вмешательства (как результат массивного повреждения тканей, нейтрофилез сохраняется от 12 до 36 ч).

Особое внимание нейтрофильной реакции уделяют в диагностике сепсиса, что является предметом отдельного разговора. Но важно отметить, что в ряде исследований показана корреляционная связь уровня нейтрофильного лейкоцитоза со смертностью при инфекционно-воспалительных процессах.

Нередко нейтрофилез встречается при опухолевых процессах, в том числе при метастазах в костный мозг. Наиболее характерен он для миелопролиферативных новообразований: хронический миелолейкоз (ХМЛ), хронический нейтрофильный лейкоз и других.

При тяжелых инфекционных процессах лейкоцитарная формула меняется за счет увеличения количества палочкоядерных, метамиелоцитов и миелоцитов. Такое изменение лейкограммы с увеличением процентного содержания молодых форм нейтрофилов называют «сдвигом влево»; увеличение же в основном за счет сегментоядерных и полисегментоядерных форм – «сдвигом вправо», который иногда называют «дегенеративным» сдвигом, так как он обусловлен не активацией гранулоцитопоэза в костном мозге, а постепенным созреванием молодых форм. Появление в крови увеличенного количества миелоцитов, миелобластов при воспалительных процессах называют лейкомоидной реакцией миелоидного типа (т. е. напоминающей лейкоз).

Степень выраженности нейтрофильного лейкоцитоза зависит от реактивности организма, вирулентности возбудителя, характера патологического процесса, объема повреждения тканей, активности костномозговой продукции клеток.

Нейтропения – содержание нейтрофилов в крови ниже $2,0 \cdot 10^9/\text{л}$ или относительное количество $< 35\%$, а снижение менее $1 \cdot 10^9/\text{л}$ – агранулоцитоз (требует особого внимания и нередко – экстренных мер!).

Основные причины нейтропений связаны со следующими факторами.

1. Угнетение гранулоцитопоэза при воздействии вирусов, бактериальных токсинов, активации макрофагов при различных инфекциях: вирусные инфекции (грипп, вирусный гепатит, вирус Эпштейна–Барр), туберкулез, сепсис и другие;

2. Недостаточность кроветворения, связанная с поражением клеток-предшественников и кроветворного микроокружения: гипо и апластические анемии, гемобластозы;

3. Аутоиммунная нейтропения: диффузные болезни соединительной ткани, лимфопролиферативные заболевания, лекарственная болезнь;

4. Миелотоксические нейтропении – лучевая болезнь, химиотерапия, отравление бензолом и другие;

5. Недостаточность витамина В12, фолиевой кислоты и других гемопоэзстимулирующих факторов: мегалобластические анемии, алиментарная дистрофия;

6. Перераспределительная нейтропения – анафилактический шок, доброкачественная лейкопения;

7. Наследственные нейтропении: циклическая нейтропения, синдром Чедиаки–Хигаси, наследственная доброкачественная лейкопения, наследственная нейтропения Костманна.

Новые параметры автоматизированного гематологического анализа

В настоящее время автоматические аналитические системы – гематологические анализаторы – определяют суммарное количество зрелых нейтрофилов, не выделяя фракцию палочкоядерных. Учитывая высокую диагностическую ценность уровня «молодых» клеток в клинической практике, в некоторых моделях гематологических анализаторов имеется функция определения незрелых гранулоцитов (IG). Эта фракция включает метамиелоциты, миелоциты и промиелоциты. В норме они в крови практически отсутствуют (референтный интервал 0–0,2%), но их содержание увеличивается при тяжелых воспалительных процессах. Преимуществом данного параметра является то, что он выступает в качестве высокочувствительного признака воспаления (cut off $> 3\%$) в сравнении с увеличением палочкоядерных нейтрофилов. Установлена высокая корреляция фракции незрелых гранулоцитов с содержанием С-реактивного белка (СРБ) и других острофазовых реактантов в сыворотке.

В ряде гематологических анализаторов доступна опция абсолютное количество незрелых гранулоцитов (AIGA). Ее оценка важна при резком отклонении общего количества лейкоцитов в сторону повышения или понижения, иначе может быть сделано ошибочное заключение на основании только относительных величин (%) уровня нейтрофилов в крови. Некоторые авторы предлагают рассчитывать соотношение незрелые гранулоциты : все нейтрофилы, а его увеличение $> 0,5$ рассматривают как чувствительный признак неонатального сепсиса. Данный показатель меняется и при неинфекционных заболеваниях, например, может указывать на риск развития острого коронарного синдрома.

Гематологические анализаторы, благодаря использованию различных технологий проточной цитометрии, позволяют оценивать интенсивность флуоресценции, соответствующую содержанию РНК/ДНК в клетках. Это обусловило появление новых морфо-функциональных параметров нейтрофильных гранулоцитов (табл. 2).

Neut-RI – индекс реактивности. Представляет собой среднее значение интенсивности флуоресценции и увеличивается пропорционально содержанию нуклеиновых кислот в клетке. Является индикатором метаболической активности, коррелирует с тяжестью заболевания. Увеличивается при бактериальных инфекциях, сепсисе, синдроме диссеминированного внутрисосудистого свертывания крови (ДВС). Снижается этот показатель на фоне антибиотикотерапии.

Neut-GI – индекс гранулярности, коррелирует с зернистостью нейтрофилов в мазке крови и уровнем СРБ. Данный параметр повышен при гиперсегментации ядер нейтрофилов, токсической (токсигенной) зернистости (о ней речь пойдет ниже), а снижен при МДС, пельгеризации.

NE-WX – структурная дисперсия нейтрофилов. Отражает дисперсию диспластичности измененных нейтрофилов (в отличие от нормальный нейтрофилов с гипогранулярностью). Показатель повышен при МДС в сочетании с гипогранулярностью нейтрофилов. Он также увеличен при сепсисе. Аналогичны данным параметрам по значению и другие новые показатели.

NE-SFL (ширина распределения флуоресценции нейтрофилов по отношению к интенсивности флуоресценции нейтрофилов) и NE-WZ (ширина распределения прямого рассеянного света нейтрофилами), которые определяются немногими приборами (например, Sysmex XN 9000). Они могут быть повышены не только при сепсисе, но и при тяжелом COVID-19, ДВС, при этом установлена корреляционная связь NE-SFL с выживаемостью пациентов. Аналогич-

ные параметры на других анализаторах могут отличаться обозначениями.

Автоматизированный анализ клеток крови позволяет определять параметры объема, проводимости и рассеяния (VCS) нейтрофилов. Примером этого является показатель MNEV (MNV) – средний объем нейтрофилов. Он повышен при В12-дефицитной анемии, ХМЛ. В последние годы появилось мнение о том, что данный параметр может быть использован в качестве раннего индикатора сепсиса в дополнение к клиническому диагнозу у подозрительных пациентов. Однако его использование может быть ограничено тем, что он доступен только в некоторых гематологических анализаторах. Аналогичен этому параметру показатель NE-FSC – средняя интенсивность прямого рассеяния нейтрофилов, он также отражает размер нейтрофилов.

Пандемия COVID-19 предъявила новые требования ко всем системам здравоохранения, в том числе и в области лабораторной диагностики. Незрелые гранулоциты в ходе пандемии показали себя как инновационный биомаркер тяжести COVID-19. В контексте данной статьи необходимо отметить, что практически все описанные выше новые показатели автоматического анализа нейтрофилов были повышены у пациентов в соответствии с тяжестью состояния. В качестве примера использования новых показателей можно привести повышение величины Neut-RI, которая позволяла предсказать необходимость легочной вентиляции у пациентов с ожирением (отношение шансов, RR = 6,55) или смерть у пациентов с сопутствующим сахарным диабетом (RR=4,11).

Таблица 2

Структурно-функциональные параметры нейтрофильных гранулоцитов в автоматизированном анализе крови

Table 2

Structural and functional parameters of neutrophilic granulocytes in automated blood analysis

Показатель	Название	Референтный интервал
Neut-RI	индекс реактивности	45,8–56,2 (Cornet E., et al., 2015), 42,7–45,2 (Kowalska-Kępczyńska A., et al., 2022)
Neut-GI	индекс гранулярности	140–160 (Zimmermann, M., 2015).
NE-WX	структурная дисперсии нейтрофилов	223–327 (Schillinger F., et al., 2018) 277–352 (Zhu J., et al., 2022)
MNEV (MNV)	средний объем нейтрофилов	126,0±8,6 (Gaspar B.L., et al., 2019)

При анализе любых новых показателей, появившихся в клинической практике, очень важно оценить их диагностическую (клиническую) ценность с позиций доказательной медицины. Истинными ее критериями являются диагностическая чувствительность, диагностическая специфичность и интегральная характеристика – площадь под характеристической кривой зависимости чувствительности и специфичности (AUC). Примеры диагностического значения параметров нейтрофильных гранулоцитов приведены в табл. 3.

К сожалению, на сегодняшний день данные о диагностической значимости обсуждаемых показателей несколько ограничены, но, бесспорно, что в ближайшее время мы будем иметь более точное представление о их значении в практике.

При выявлении патологических или «неопределенных» параметров содержания количества клеток или их морфологии, выходящих за пределы установленных границ, гематологические анализаторы подают «сигналы тревоги» или «флаги», которые отражены в бланке и должны обратить на себя внимание врача, например:

DIFF – атипичные лимфоциты > 5 % от всех лимфоцитов, аномальные моноциты > 3 %, незрелые гранулоциты, бласты;

BAND – палочкоядерные нейтрофилы > 12,5 % от всех лейкоцитов или палочкоядерные нейтрофилы > 5 % от всех нейтрофилов;

BLAST – бласты > 1 %, атипичные лимфоциты > 5 %, моноциты > 20 %, незрелые гранулоциты > 3 %; часто указывают на лейкоз;

Negative (отрицательные) – обнаружение патологических изменений лейкоцитов, например, отсутствие миелопероксидазы (МПО).

Здесь приведены лишь некоторые примеры, которыми не исчерпывается весь перечень «флагов», они могут иметь другие обозначения, что определяется типом гематологического анализатора. При наличии «флагов», а также других признаков возникает необходимость микроскопического исследования («пересмотра») надлежащим образом приготовленного и хорошо окрашенного мазка периферической крови.

Таким образом, современные методы автоматизированного гематологического анализа представляют врачу большое количество дополнительной информации в виде увеличивающегося набора параметров нейтрофильных гранулоцитов, которые, бесспорно, можно использовать в качестве дополнительных критериев диагностики МДС, сепсиса, ХМЛ, В12-дефицитной анемии и некоторых других заболеваний. Пока большинство этих параметров носит статус исследовательских, но тем интереснее могут быть полученные в будущем результаты.

Очень важно отметить, что современный гематологический анализатор дает врачу информацию не только о количестве клеток, но и о их морфо-функциональном статусе. Тем не менее, цитологический анализ мазка крови и костного мозга остается «золотым стандартом» в лабораторной гематологии.

Морфологические особенности нейтрофилов при патологии

Цитологические аномалии нейтрофилов включают изменения цитоплазмы и ядра.

Изменения цитоплазмы нейтрофилов достаточно разнообразны, в общем виде это

Таблица 3

Клиническая ценность новых параметров нейтрофилов

Table 3

The clinical value of new neutrophil parameters

Параметр	Патология	AUC
IG	Сепсис	0,90
Neut-GI	Аутоиммунный гепатит	0,89
Neut-RI	Сепсис	0,75
	Смерть от COVID-19 при сахарном диабете	0,67
NE-SFL	Сепсис	0,80
NE-WX	Сепсис	0,72

- усиление, ослабление или появление аномальной грануляции цитоплазмы;
- вакуолизация цитоплазмы;
- появлению необычных включений (микрорганализмов, пигментов, паразитов, форменных элементов) в цитоплазму.

Наиболее известным изменением морфологии цитоплазмы нейтрофилов является формирование токсической (токсической) зернистости нейтрофилов. Она нередко появляется раньше ядерного сдвига влево. Ее нарастание при гнойно-септических заболеваниях, пневмонии, скарлатине и ряде других воспалительных заболеваний указывает на прогрессирование патологического процесса и возможность неблагоприятного исхода. Токсическая зернистость появляется при различных повреждениях тканей, выражена при распаде опухолевой ткани под влиянием лучевой терапии, при нормальной беременности, терапии цитокинами и т. д. Важное значение этот признак имеет в диагностике острого живота (например, гангренозного аппендицита, протекающего с незначительно повышенной температурой тела, и нередко при отсутствии лейкоцитоза). Она наблюдается при интоксикациях, преэклампсии, лекарственной (цитостатической) болезни.

Аномалии ядра чаще всего проявляются в виде гипер- или гипосегментации, крайней формой которых является пельгеризация. Они встречаются при нарушениях синтеза ДНК, влекущих за собой изменение дифференцировки клеток. Гиперсегментация встречается при В12-дефицитной анемии, гипосегментация – при МДС.

К другим аномалиями ядра относят кольцевидные ядра, которые крайне редко встречаются у здоровых людей, чаще — при злоупотреблении алкоголем, остром миелобластном лейкозе, хроническом нейтрофильном лейкозе (ХНЛ), мегалобластной анемии, МДС.

При хронических воспалительных процессах в нейтрофилах появляются дегенеративно-дистрофические признаки – вакуолизация цитоплазмы, апоптоз и другие.

Кистевидные (пучковые) ядра нейтрофилов описаны при гипертермии свыше 41 °С, причиной которой могут быть разнообразны (тепловой удар, геморрагический шок, энцефалопатический синдром, аутоиммунный энцефалит, злокачественная гипертермия анестезии, передозировка метамфетамина или кокаина и другие).

Тельца Дёле представляют собой небольшие слабо базофильные включения, состоящие из уплотненной эндоплазматической сети. Они наблюдаются иногда во время беременности, параллельно с лейкоцитозом. В других случаях они указывают на патологический процесс: инфекции, воспаления, ожоги и другие повреждения тканей. Характерно наличие телец Дёле при аномалии Мея–Хегглина и при ХНЛ.

Некоторые из этих аномалий представлены в табл. 4.

Особенности статуса нейтрофильных гранулоцитов при повышенных психофизических нагрузках

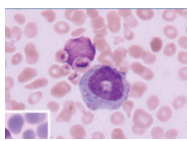
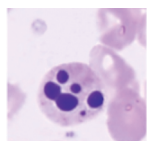
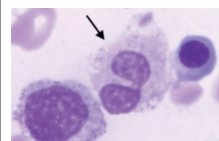
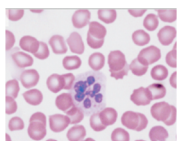
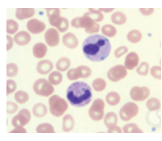
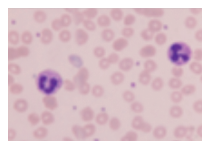
Исследование физиологических и когнитивных изменений у морских пехотинцев Кор-

Таблица 4

Морфологические аномалии нейтрофилов

Table 4

Morphological abnormalities of neutrophils

Кольцевые ядра нейтрофилов	Апоптоз нейтрофилов	Некробиоз пельгероидного нейтрофила	Кистевидные ядра*	Тельца Дёле**	Токсическая зернистость нейтрофилов
					

Примечание: приведены личные фото авторов или из общедоступных источников:* *N. Engl J Med*, 2013. Vol. 368. №17. ** *сайт hematology.org*.

Note: personal photos of the authors or from publicly available sources are provided:* *N. Engl J Med*, 2013. Vol. 368. No.17. ** *website hematology.org*.

пуга морской пехоты США после обучения боевым искусствам показало изменение ряда иммунологических параметров и повышение нейтрофилов крови непосредственно после тренировки. Аналогичный факт умеренного нейтрофилиза обнаружен и в другом исследовании при занятиях боевыми искусствами. То есть исследования последних лет подтвердили развитие кратковременного нейтрофильного лейкоцитоза у молодых мужчин при повышенных физических нагрузках, что коррелировало с системными нейроиммуноэндокринными реакциями. В то же время практически отсутствуют данные об особенностях нейтрофильной реакции у моряков гражданских и военно-морских судов. Хотя в одном из немногих исследований отмечено, что гематологические изменения у моряков при COVID-19 не отличались от общеизвестных.

Заключение. Лабораторные параметры системы нейтрофильных гранулоцитов, входящие в клинический анализ крови, позволяют выявить как реактивные изменения (при воспалении, травме и т. д.), так и болезни крови (анемии, МДС, лейкозы и другие). Особое их значение состоит в том, что они позволяют врачу выявить пациентов, подозрительных в отношении развития тяжелых жизнеугрожающих состояний (прежде всего, сепсиса, в том числе неонатального). Поэтому знание базовых основ лабораторной гематологии, понимание гематологической нормы и клинико-диагностического значения изменений в клиническом анализе крови является одной из важнейших компетенций врача любой специальности. Это в полной мере относится и к лабораторной оценке нейтрофильных гранулоцитов.

Сведения об авторах:

Базарный Владимир Владимирович – доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник отдела общей патологии ЦНИЛ ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; Россия, 620028, г. Екатеринбург, ул. Репина, д. 3; ORCID: 0000-0003-0966-9571; e-mail: vlad-bazarny@yandex.ru

Соснин Дмитрий Юрьевич – доктор медицинских наук, профессор кафедры факультетской терапии № 2, профпатологии и клинической лабораторной диагностики ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е. А. Вагнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, 614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 26; ORCID: 0000-0002-1232-8826; e-mail: sosnin_dm@mail.ru

Information about the authors:

Vladimir V. Bazarny – Dr of Sci. (Med.), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Chief Researcher of the Department of General Pathology of the Central Research Institute of the Ural State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation; Russia, 620028, Ekaterinburg, Repin str., 3; ORCID: 0000-0003-0966-9571; e-mail: vlad-bazarny@yandex.ru

Dmitry Yu. Sosnin – Dr of Sci. (Med.), Professor of the Department of Faculty Therapy No. 2, Occupational Pathology and Clinical Laboratory Diagnostics of Perm State Medical University named after Academician E. A. Wagner of the Ministry of Health of the Russian Federation; Russia, 614990, Perm, Petropavlovskaya str., 26; ORCID: 0000-0002-1232-8826; e-mail: sosnin_dm@mail.ru

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования — В. В. Базарный, подготовка рукописи — В. В. Базарный, Д. Ю. Соснин.

Authors' contributions. All authors met the ICMJE authorship criteria.

Special contribution: VVB aided in the concept and plan of the study; VVB and DYuS provided writing a manuscript collection and mathematical analysis of data.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Финансирование: исследование проведено без дополнительного финансирования.

Funding: the study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 10.09.2023

Принята к печати/Accepted: 01.12.2023

Опубликована/Published: 20.12.2023

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Базарный В. В., Томилов А. Ф. *Цитологическая диагностика болезней крови*. Екатеринбург, 2017 [Bazarny V. V., Tomilov A. F. *Cytological diagnosis of blood diseases*. Ekaterinburg, 2017 (In Russ.)].
2. Луговская С. А., Почтарь М. Е., Погорелов В. М. *Основные исследования в лабораторной гематологии*. В кн. Клиническая лабораторная диагностика: национальное руководство. 2014. Т. 1. С. 492–519 [Lugovskaya S. A., Pochtars M. E., Pogorelov V. M. *Basic research in laboratory hematology*. In the book. Clinical laboratory diagnostics: national guidelines, Vol. 1, pp. 492–519 (In Russ.)].
3. Луговская С. А., Почтарь М. Е. *Морфология клеток костного мозга в норме и патологии*. М.–Тверь: Издательство «Триада». 2018. 246 с. [Lugovskaya S. A., Pochtars M. E. *Morphology of bone marrow cells in normal and pathological conditions*. Moscow–Tver: Publishing House “Triada”, 2018, 246 p. (In Russ.)].
4. Льюис С. М., Бэйн Б., Бэйтс И. *Практическая и лабораторная гематология*. Пер. с англ. под редакцией А. Г. Румянцева. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2009. 672 с. [Lewis S. M., Bain B., Bates I. *Practical and laboratory hematology*. Per. from English edited by A. G. Rummyantsev. Moscow: GEOTAR-Media, 2009, 672 p. (In Russ.)].
5. International Council for Standardization in Haematology, Writing Group, Briggs C, Culp N, et al. ICSH guidelines for the evaluation of blood cell analysers including those used for differential leucocyte and reticulocyte counting. *Int J Lab Hematol*. 2014, 36, 613– 627.
6. Palmer L, Briggs C, McFadden S, Zini G, Burthem J, Rozenberg G, Proytcheva M, Machin S.J. ICSH recommendations for the standardization of nomenclature and grading of peripheral blood cell morphological features. *Int J Lab Hematol*. 2015, Vol.37, № 3, pp. 287–303.