

УДК [612.11+616-092]:616-71

DOI: 10.37482/2687-1491-Z047

**ВОЗМОЖНОСТИ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ АНАЛИЗАТОРОВ
В ОЦЕНКЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И ПАТОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ
ОРГАНИЗМА (обзор)**

*А.Р. Шамратова** ORCID: [0000-0001-8574-2617](https://orcid.org/0000-0001-8574-2617)

*В.Г. Шамратова** ORCID: [0000-0002-7633-4264](https://orcid.org/0000-0002-7633-4264)

*А.Ф. Каюмова** ORCID: [0000-0003-1983-1392](https://orcid.org/0000-0003-1983-1392)

*К.Р. Зиякаева** ORCID: [0000-0002-3923-2736](https://orcid.org/0000-0002-3923-2736)

*Башкирский государственный медицинский университет
(Республика Башкортостан, г. Уфа)

Гематологические анализаторы надежно вошли в современную врачебную практику и используются специалистами различных областей клинической медицины для диагностики заболеваний, прогноза их течения и исхода. В настоящее время показатели данных приборов востребованы также в экспериментальных науках: биологии и медицине, токсикологии и ветеринарии. В обзоре рассматриваются возможности современных моделей гематологических анализаторов и перспективы их применения. Новые технические приемы в сочетании с уже известными методами, использование статистических расчетных параметров позволили значительно расширить спектр выдаваемых аппаратами показателей. Введение программ статистических расчетов большого количества индексов, параметров распределения клеточных популяций по их объемам открывает новые перспективы для описания и оценки не только патологических, но и физиологических состояний организма. Проанализирована отечественная и зарубежная литература по диагностике сердечно-сосудистой и других патологий с использованием эритроцитарных и тромбоцитарных индексов. Учет показателей корпускулярного объема клеток крови по их гистограммам, анализ статистических параметров их распределения расширяют представление о структуре популяции клеток крови, существенно повышают информативность исследований и могут служить дополнительным критерием количественной оценки состояний организма и диагностики заболеваний. Такие статистические характеристики, как коэффициент асимметрии, коэффициент эксцесса и стандартное отклонение эмпирических эритрограмм и лейкограмм, позволяют оценить степень анизоцитоза клеток, степень гетерогенности клеточных популяций, соотношение разных популяций. Изучение объемных характеристик клеток крови на основе анализа гистограмм существенно увеличивает эффективность использования гематологических анализаторов при оценке различных патологических и физиологических состояний организма.

Ключевые слова: гематологический анализатор, индексы клеток крови, объем клеток крови, гистограмма клеток крови.

Ответственный за переписку: Шамратова Алия Радиковна, адрес: 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Пушкина, д. 96/98, корп. 7; e-mail: arshamratova@gmail.com

Для цитирования: Шамратова А.Р., Шамратова В.Г., Каюмова А.Ф., Зиякаева К.Р. Возможности гематологических анализаторов в оценке физиологических и патологических состояний организма (обзор) // Журн. мед.-биол. исследований. 2021. Т. 9, № 1. С. 89–101. DOI: 10.37482/2687-1491-Z047

Исследование показателей крови давно стало необходимым звеном процесса диагностики многих заболеваний в различных областях клинической медицины [1–5]. Использование лабораторных показателей крови позволяет осуществлять дифференциальную диагностику заболеваний и прогнозировать их течение [6–9]. Появление гематологических анализаторов для общего анализа крови, их широкое внедрение в лабораторную практику способствовало не только облегчению выполнения необходимых измерений и существенному уменьшению времени проведения анализов, но и расширению набора показателей, на которые может опереться клиницист [10, 11]. Возможности некоторых современных гематологических анализаторов позволяют успешно оценивать различные физиологические состояния, исследовать патогенез заболеваний [5, 12], а также прогнозировать исход заболеваний и критических состояний [7, 13]. Гематологические анализаторы незаменимы в современной трансплантологии и онкологии [14–16]. Они нашли свое применение не только в сфере диагностики, но также в экспериментальной медицине [17, 18] и токсикологических исследованиях [19–21].

Использование при работе с современными гематологическими анализаторами новых знаний и технических методов позволило значительно увеличить количество клеток, обнаруживаемых в сосудистом русле. Так, удается выявить ядродержащие эритроциты (нормобласты), незрелые ретикулоциты и тромбоциты, а также атипичные клетки, в т. ч. бласты и атипичные лимфоциты. Способность анализаторов к выявлению таких редких для периферической крови видов клеток к настоящему моменту характеризуется высокой клинической чувствительностью и позволяет дифференцировать лейкозы [10] и другие миелопролиферативные заболевания (МПЗ) [8], проводить эффективный сбор гемопоэтических клеток-предшественников для их последующей трансплантации [10], оценивать состояние гемопоэза

[12, 22], служить прогностическим критерием исхода ряда заболеваний [8, 23].

Так, гематологические 5-diff-анализаторы позволяют получать скатерограммы распределения лейкоцитов [10, 24]. Кроме дифференцировки клеток на 5 основных популяций (нейтрофилы, базофилы, эозинофилы, лимфоциты и моноциты) данные приборы, используя цитохимическую реакцию к миелопероксидазе (МПО) в сочетании с оптическими и электрическими методами, могут находить большие, МПО-негативные клетки (LUC – large unstained cells) [25, 26], что сигнализирует о появлении бластных (BLASTS) или атипичных (АТYP) клеток. Чувствительность выявления данных клеток при острых лейкозах достигает 84–100 %, специфичность – 49–75 % [24, 27]. Бластные клетки могут обнаруживаться и во фракции незрелых гранулоцитов (IG) [10]. Чаще всего появление незрелых гранулоцитов в периферической крови в количестве более 2 % свидетельствует о развитии сепсиса [28, 29].

Выявление бластных клеток (в количестве 1 % или более) в периферической крови характерно и для других МПЗ [8]. При этих патологиях наблюдаются также нарушения в эритроцитарном, лейкоцитарном и тромбоцитарном звеньях периферической крови, что делает показатели гематологических анализаторов обязательными клинико-гематологическими критериями диагностики МПЗ [25]. По данным параметрам определяется схема лечения и осуществляется мониторинг терапии. Длительная нормализация показателей периферической крови (тромбоцитов и лейкоцитов, а также эритроцитарных индексов), отсутствие лейкоэритробластоэза отражают эффективность проводимого лечения [8].

Ядродержащие эритроциты (NRBCs) в норме в небольших количествах обнаруживаются в пуповинной крови здоровых новорожденных, тогда как их выявление в крови взрослых больных является плохим прогностическим признаком исхода операций на сердце (смертность пациентов достигает 21 %) [30]. У пациентов же с трансплантацией стволовых

клеток при увеличении концентрации NRBCs в крови от $0,2 \cdot 10^9/\text{л}$ смертность достигает 100 %.

Диагностическая значимость анализаторов для целого ряда нозологий увеличилась и благодаря усовершенствованию программного обеспечения. Современные модели анализаторов предлагают дополнительные критерии оценки эритроцитарного, лейкоцитарного и тромбоцитарного звеньев гемостаза, рассчитывая различные индексы [3, 31, 32]. Исследование изменений данных параметров при физиологических и патологических состояниях организма открывает большие перспективы как для клинической гематологии, так и для экспериментальной медицины.

Так, показатели MCV, RDW и SD (индекс гетерогенности, ширина распределения эритроцитов и стандартное отклонение от среднего), наряду с учетом количества микро-, макро- и нормоцитов, позволяют судить о гетерогенности популяции эритроцитов и используются для дифференциальной диагностики анемий [33]. Кроме того, индекс RDW успешно применяется для прогнозирования течения ряда заболеваний [31, 34–37], в частности, при патологии сердечно-сосудистой системы [35, 38–40]. При этом прогностическая ценность показателя RDW превышает значимость других известных маркеров [37]. Так, установлено, что увеличение RDW является значимым независимым маркером сердечной недостаточности и смертности от данной патологии [41]. При росте RDW у пожилых пациентов с острой сердечной недостаточностью достоверно возрастает риск смерти [37]. Увеличение данного индекса у пациентов с хронической сердечной недостаточностью считается маркером неблагоприятного долгосрочного прогноза, отражающего состояние независимо от других гематологических и кардиологических показателей [42]. У пациентов с острой декомпенсированной хронической сердечной недостаточностью наиболее информативно определение показателя RDW-SD (по сравнению с RDW-CV): увеличение RDW-SD коррелирует с биохимическими и кардиографическими данными [35].

Вместе с тем информационная емкость спектра параметров крови, выдаваемых большинством стандартных гематологических анализаторов, используется пока лишь частично. Помимо учета общепринятых в клинической практике показателей, данные приборы предлагают кривые распределения клеток крови по объему. В то же время информация, содержащаяся в выводимых на дисплей анализатора гистограммах, специалистами практически не используется. В большинстве случаев исследователи ограничиваются констатацией сдвигов положения максимумов гистограмм [43, 44], описанием границ варьирования, установлением по форме кривой микро- или макроцитоза [2, 11, 45]. Значительно увеличить диагностический потенциал таких гистограмм позволяет количественная оценка состояния клеточных популяций путем статистического расчета по этим кривым параметров распределения клеток (ПРК). В частности, по диапазону варьирования показателей, отражаемому стандартным отклонением, можно оценить степень анизоцитоза клеток; по расхождению коэффициентов асимметрии, иллюстрирующих смещение вершин кривых распределения, – соотношение разных субпопуляций; по расхождению коэффициентов эксцесса, характеризующих выраженность остро- и плосковершинности гистограмм, – степень гетерогенности клеточных популяций [46–48]. Полученные статистические ПРК дают более полное и объективное представление о структуре популяций клеток и позволяют использовать найденные характеристики для количественных сопоставлений. Так, при железодефицитной анемии в периферической крови наблюдается снижение корпускулярного объема тромбоцитов. По мере усиления тяжести анемии происходит нарастание выраженности сдвигов. Изменения состава популяции тромбоцитов по их размерам проявляются в уменьшении доли крупных клеток и увеличении гетерогенности совокупности [47]. У больных бронхиальной астмой, хроническим бронхитом и пневмонией патологические сдвиги в бронхолегочной системе сопро-

вождаются значимым ростом среднего размера лимфоцитов. Кроме того, изменяются степень гетерогенности популяции, соотношение лейкоцитов разного объема и уменьшается интервал варьирования размеров клеток. В наибольшей степени описанные сдвиги выражены при бронхиальной астме и пневмонии [48].

Параметры распределения корпускулярного объема – фундаментальной характеристики клеток – способны реагировать на изменение состояния организма. Объем клеток крови определяет, кроме всего прочего, их поведение в потоке, играет важную роль в поддержании реологических свойств крови [49]. Степень агрегации тромбоцитов коррелирует с количеством крупных (незрелых) тромбоцитов и их средним объемом (MPV) [43]. В связи с этим показатель MPV используется для оценки активации тромбоцитов и выявления лиц группы риска развития сердечно-сосудистых заболеваний [50]. Повышение MPV ассоциируют с плохим клиническим исходом и увеличением риска развития сердечно-сосудистых осложнений в дальнейшем [22, 51, 52].

Повышение MPV наблюдается и при хронической обструктивной болезни легких, причем рост показателя отмечается не только при обострении заболевания, но и указывает на тяжесть заболевания и наличие сопутствующих сердечно-сосудистых заболеваний. При этом увеличенный MPV у больных сопряжен с общим снижением количества тромбоцитов [53].

Известно, что размеры эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов свидетельствуют о функциональных особенностях клеток и зависят от возраста и пола человека [43, 54]. В настоящее время установлено, что средний объем тромбоцитов с возрастом увеличивается, тогда как тромбокрит, наоборот, уменьшается [55]. Выявлены половые различия показателей: у женщин количество тромбоцитов и тромбокрит выше, а средний объем тромбоцитов и другие тромбоцитарные индексы: ширина распределения тромбоцитов по объему (PDW), средняя концентрация компонентов тромбоцитов (MPC), ширина распределения тромбоцитов по кон-

центрации компонентов (PCDW) – ниже, чем у мужчин [43, 56]. Установлен ряд генетических причин, определяющих высокий уровень MPV у мужчин и женщин [54]. Также выявлено, что характер корреляций объемных параметров лейкоцитов разных типов с показателями эритроцитов имеет гендерные особенности [57]. Связей между содержанием клеток разных типов и их корпускулярным объемом выявлено больше у мужчин. Установлены и взаимные влияния эритроцитов и лейкоцитов на функциональное состояние этих клеток [12, 58–60].

Высокая чувствительность ПРК выявлена при беременности: на 3-4-й неделе происходит уменьшение среднего объема эритроцитов, с 20-й недели изменения характера гистограмм распределения эритроцитов по объему проявляются в увеличении степени гетерогенности популяции [61].

Кроме того, ПРК чувствительны к изменениям физиологического состояния организма, например при физических нагрузках, эмоциональном напряжении. В частности, при экзаменационном стрессе обнаружены корреляции характера кривых распределения эритроцитов и тромбоцитов по объему с уровнем тревожности. На основе анализа коэффициентов асимметрии и эксцесса гистограмм гематологических анализаторов показано, что при сдаче экзамена у обучающихся увеличивается доля тромбоцитов с более высоким объемом в общей популяции клеток крови и возрастает ее гетерогенность. В условиях эмоционального стресса в структуре эритроцитарных популяций уже до экзамена обнаружено преобразование кривой распределения эритроцитов по корпускулярному объему [62].

Таким образом, высокая информативность показателей клеток крови, получаемых с помощью гематологических анализаторов, позволяет проводить диагностику заболеваний организма и оценивать различные его состояния, определять тактику проводимой терапии и прогнозировать исход заболеваний. Возможности современных автоматизированных гематологических анализаторов, основанные на сочетании

новых технологических приемов и расчета статистических индексов, требуют умения ориентироваться в принципах лабораторной гематологии и глубокого понимания гемопоэтических процессов. Изучение объемных характеристик клеток крови на основе анализа гистограмм существенно увеличивает эффективность ис-

пользования гематологических анализаторов в оценке состояния организма не только при патологии, но и при функциональных нагрузках, спортивной деятельности, а также в токсикологических экспериментах.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Агарков Н.М., Головченко О.В., Блинков Ю.А., Кулабухов А.С., Яковлев С.А., Будник И.В., Афанасова Е.П. Диагностика острого эндометрита по гематологическим показателям и с учетом дискриминантных моделей // Клиническая лабораторная диагностика. 2018. Т. 63, № 6. С. 361–364.
2. Козинец Г.И., Высоцкий В.В. Кровь. М.: Практик. медицина, 2014. 208 с.
3. Павлова В.Ю. Возможности исследования показателей общего анализа крови на современных гематологических анализаторах // Фундаментальная и клиническая медицина. 2016. Т. 1, № 1. С. 98–108.
4. Патент 2314534 С1 Российская Федерация, МПК G01N 33/53 (2006.01), G01N 33/52 (2006.01). Способ диагностики ревматических увеитов: № 2006142430/15: заявл. 22.11.2006: опубл. 10.01.2008 / Шамратова А.Р., Мальханов В.Б., Зайнутдинова Г.Х. 5 с.
5. Худякова Н.В., Пчелин И.Ю., Шишкин А.Н., Кулибаба Т.Г. Оценка взаимосвязи инсулинорезистентности и сывороточного уровня гомоцистеина с гематологическими показателями пациентов с абдоминальным ожирением // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2015. Т. 10, № 2. С. 647–648.
6. Патент 2264627 С1 Российская Федерация, МПК G01N 33/52 (2000.01). Способ прогноза клинического течения хламидийного конъюнктивита: № 2004114070/14: заявл. 07.05.2004: опубл. 20.11.2005 / Азнабаев М.Т., Латыпова Э.А., Мальханов В.Б., Шамратова А.Р. 5 с.
7. Зубрихина Г.Н., Блиндарь В.Н., Матвеева И.И. Возможности современного автоматизированного клинического анализа крови в дифференциальной диагностике истинного и перераспределительного (функционального) дефицита железа при анемическом синдроме у онкологических больных // Клиническая лабораторная диагностика. 2014. Т. 59, № 5. С. 21–25.
8. Меликян А.Л., Ковригина А.М., Суборцева И.Н., Шуваев В.А., Афанасьев Б.В., Агеева Т.А., Байков В.В., Виноградова О.Ю., Голеньков А.К., Грицаев С.В., Зарицкий А.Ю., Капланов К.Д., Ломаиа Е.Г., Мартынкевич И.С., Морозова Е.В., Поспелова Т.И., Соколова М.А., Судариков А.Б., Туркина А.Г., Шатохин Ю.В., Савченко В.Г. Национальные клинические рекомендации по диагностике и терапии рh-негативных миелопролиферативных заболеваний (истинная полицитемия, эссенциальная тромбоцитемия, первичный миелофиброз) (редакция 2018 г.) // Гематология и трансфузиология. 2018. № 63(3). С. 275–315.
9. Kahng J., Kim Y., Kim M., Oh E.J., Park Y.J., Han K. Flow Cytometric White Blood Cell Differential Using CytoDiff Is Excellent for Counting Blasts // Ann. Lab. Med. 2015. Vol. 35, № 1. P. 28–34. DOI: [10.3343/alm.2015.35.1.28](https://doi.org/10.3343/alm.2015.35.1.28)
10. Мининкова А.И., Луговская С.А., Почтарь М.Е., Хуажева Н.К., Тлевцежева А.А., Воробьев В.И., Лаврентьев И.С., Емельянова Э.Б., Долгов В.В. Диагностический скрининг острых лейкозов с использованием новых технологий автоматизированного анализа крови // Клиническая лабораторная диагностика. 2018. Т. 63, № 4. С. 228–233.
11. Пиянзин А.И., Жилин С.И., Ивченко Е.В., Миллер Ю.В., Федоров А.В., Аникина З.Ф., Малахова Т.И. Оценка кроветворения у недоношенных новорожденных по показателям современного гематологического анализатора с использованием различных математических методов // Современная перинатология: организация, технологии, качество: материалы X Ежегод. конгр. специалистов перинат. медицины. М.: Династия, 2015. С. 15–16.
12. Патракеева В.П. Взаимосвязь функционального состояния эритроцитов и лимфоцитов периферической крови у практически здоровых людей // Вестн. урал. мед. акад. науки. 2018. Т. 15, № 2. С. 205–210. DOI: [10.22138/2500-0918-2018-15-2-205-210](https://doi.org/10.22138/2500-0918-2018-15-2-205-210)

13. Устьянцева И.М., Хохлова О.И., Голошумов Н.П., Агаджанян В.В. Инновационные лабораторные технологии в диагностике сепсиса // Политравма. 2018. № 1. С. 52–59.
14. Савченко В.Г., Паровичникова Е.Н., Афанасьев Б.В., Грицаев С.В., Семочкин С.В., Бондаренко С.Н., Троицкая В.В., Соколов А.Н., Кузьмина Л.А., Клясова Г.А., Гапонова Т.В., Баранова О.Ю., Латин В.А., Константинова Т.С., Самойлова О.С., Капорская Т.С., Шатохин С.В. Национальные клинические рекомендации по диагностике и лечению острых миелоидных лейкозов взрослых // Гематология и трансфузиология. 2014. Т. 59, № 1-S2. С. 2–29.
15. Ключкова Г.Н., Беляева С.С., Тикунова Т.С. Гематологические показатели системы крови больных лейкозом // Науч. результат. Сер.: Физиология. 2016. Т. 2, № 2. С. 34–40.
16. Arber D.A., Orazi A., Hasserjian R., Thiele J., Borowitz M., Le Beau M.M., Bloomfield C.D., Cazzola M., Vardiman J.W. The 2016 Revision to the World Health Organization Classification of Myeloid Neoplasms and Acute Leukemia // Blood. 2016. Vol. 127. P. 2391–2405. DOI: [10.1182/blood-2016-03-643544](https://doi.org/10.1182/blood-2016-03-643544)
17. Вишневская Т.Я., Абрамова Л.Л. К вопросу о взаимосвязи структуры лимфоидной ткани селезенки с гематологическими показателями кроликов при стрессе // Актуальные проблемы незаразной патологии животных: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. М.С. Сеитова. Оренбург: Изд. центр ОГАУ, 2014. С. 146–150.
18. Федулова Л.В., Сорокина А.А. Взаимосвязь экспериментального гастрита с гематологическими показателями крови // Евраз. Союз Ученых. 2015. № 7-6(16). С. 117–120.
19. Зиякаева К.Р., Габдулхакова И.Р., Зайнетдинова А.Т., Шамратова В.Г., Каюмова А.Ф., Фазлыяхметова М.Я. Динамика количественных и морфофункциональных показателей красной крови при длительном воздействии медно-цинковой колчеданной руды в эксперименте // Современ. проблемы науки и образования. 2017. № 6. С. 31. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=27141> (дата обращения: 17.06.2020).
20. Каримов Р.Р., Габдулхакова И.Р., Шамратова А.Р., Фазлыяхметова М.Я., Зиякаева К.Р., Самоходова О.В., Каюмова А.Ф. Исследование механизмов развития анемии при воздействии полихлорированных бифенилов // Современные проблемы системной регуляции физиологических функций: материалы Четвертой междунар. междисциплинар. конф. (Москва, 17–18 сентября 2015 г.). М.: Перо, 2015. С. 298–302.
21. Мясоедов Ю.М. Автоматизированный анализ параметров крови лабораторных животных // Вестн. Курск. гос. с.-х. акад. 2017. № 5. С. 25–28.
22. Ball S., Arevalo M., Wongsangsak S., Nugent K., Dennis J.A. Implications of Mean Platelet Volume in Health and Disease: A Large Population Study on Data from National Health and Nutrition Examination Survey // Thromb. Res. 2019. Vol. 175. P. 90–94. DOI: [10.1016/j.thromres.2019.01.011](https://doi.org/10.1016/j.thromres.2019.01.011)
23. Пучинская М.В., Почтацев А.Ю. Клиническое значение тромбоцитарных индексов в кардиологии // Воен. медицина. 2011. № 2. С. 77–81.
24. Depoorter M., Goletti S., Latinne D., Defour J. Optimal Flagging Combinations for Best Performance of Five Blood Cell Analyzers // Int. J. Lab. Hematol. 2015. Vol. 37, № 1. P. 63–70. DOI: [10.1111/ijlh.12238](https://doi.org/10.1111/ijlh.12238)
25. Busque L., Porwit A., Day R., Olney H.J., Leber B., Éthier V., Sirhan S., Foltz L., Prchal J., Kamel-Reid S., Karsan A., Gupta V. Laboratory Investigation of Myeloproliferative Neoplasms (MPNs): Recommendations of the Canadian MPN Group // Am. J. Clin. Pathol. 2016. Vol. 146, № 4. P. 408–422. DOI: [10.1093/ajcp/aqw131](https://doi.org/10.1093/ajcp/aqw131)
26. Rabizadeh E., Pickholtz I., Barak M., Isakov E., Zimra Y., Froom P. Acute Leukemia Detection Rate by Automated Blood Count Parameters and Peripheral Smear Review // Int. J. Lab. Hematol. 2015. Vol. 37, № 1. P. 44–49. DOI: [10.1111/ijlh.12225](https://doi.org/10.1111/ijlh.12225)
27. Shelat S.G., Canfield W., Shibutani S. Differences in Detecting Blasts Between ADVIA 2120 and Beckman–Coulter LH750 Hematology Analyzers // Int. J. Lab. Hematol. 2010. Vol. 32, № 1, pt. 2. P. 113–116. DOI: [10.1111/j.1751-553X.2008.01113.x](https://doi.org/10.1111/j.1751-553X.2008.01113.x)
28. Iddles C., Taylor J., Cole R., Hill F.G.H. Evaluation of the Immature Granulocyte Counts in the Diagnosis of Sepsis Using the Sysmex XE-2100 Analyzer // Sysmex J. Intern. 2007. Vol. 17, № 1. P. 20–29.
29. Петрова О.В., Шашиш С.А., Тарасов Д.Г. Значение незрелых гранулоцитов в диагностике инфекционно-воспалительных процессов у кардиохирургических больных // Клин. лаб. диагностика. 2014. № 5. С. 25–40.
30. Schaefer M., Rowan R.M. The Clinical Relevance of Nucleated Red Blood Cell Counts // Sysmex J. Int. 2000. Vol. 10, № 2. P. 59–61.
31. Левина А.А., Мецереякова Л.М., Цыбульская М.М., Соколова Т.В. Дифференциальная диагностика анемий // Клин. лаб. диагностика. 2015. № 12. С. 26–30.

32. Скородумова Е.Г., Костенко В.А., Скородумова Е.А., Рысев А.В. Ширина распределения эритроцитов – потенциально новый маркер острой декомпенсации сердечной недостаточности // Кардиология: новости, мнения, обучение. 2017. № 1(12). С. 40–43.
33. Егорова Е.Н., Пустовалова Р.А., Горшкова М.А. RDW (Red Cell Distribution Width) – как маркер гипоксического состояния тканей // Клини. лаб. диагностика. 2014. № 9. С. 14.
34. Егорова Е.Н., Пустовалова Р.А., Горшкова М.А. Клинико-диагностическое значение эритроцитарных индексов, определяемых автоматическими гематологическими анализаторами // Верхневолж. мед. журн. 2014. Т. 12, вып. 3. С. 34–41.
35. Костенко В.А., Ситникова М.Ю., Скородумова Е.А., Скородумова Е.Г., Федоров А.Н. Прогностическое значение коэффициента анизотропии эритроцитов у пациентов, госпитализированных по поводу острой декомпенсированной хронической сердечной недостаточности // Рос. кардиол. журн. 2017. № 12(152). С. 26–30.
36. Урванцева И.А., Николаев К.Ю., Саламатина Л.В., Сеутов А.А., Милованова Е.В., Николаева А.А. Ассоциации вариабельности объема эритроцитов с клинико-лабораторными характеристиками острого инфаркта миокарда // Атеросклероз. 2013. Т. 9, № 3-4. С. 31–37.
37. Melchio R., Rinaldi G., Testa E., Giraud A., Serraino C., Bracco C., Spadafora L., Falcetta A., Leccardi S., Silvestri A., Fenoglio L. Red Cell Distribution Width Predicts Mid-Term Prognosis in Patients Hospitalized with Acute Heart Failure: The RDW in Acute Heart Failure (RE-AHF) Study // Intern. Emerg. Med. 2019. Vol. 14, № 2. P. 239–247. DOI: [10.1007/s11739-018-1958-z](https://doi.org/10.1007/s11739-018-1958-z)
38. Смирнова М.П., Чижов П.А., Баранов А.А. С-реактивный белок, показатели обмена железа и эритроцитарные индексы у пациентов с хронической сердечной недостаточностью // Соврем. проблемы науки и образования. 2018. № 5. С. 72. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=28102> (дата обращения: 17.06.2020).
39. Testa E., Melchio R., Rinaldi G., Leccardi S., Silvestri A., Serraino C., Bracco C., Spadafora L., Giraud A., Fenoglio L.M. Red Cell Distribution Width (RDW) Predicts Long Term Prognosis in Patients Hospitalized with Acute Heart Failure: The RDW in Acute Heart Failure (REAHF) Study // Eur. J. Heart Fail. 2016. Vol. 18, suppl. 1. P. 10.
40. Turcato G., Cervellin G., Bonora A., Prati D., Zorzi E., Ricci G., Salvagno G.L., Maccagnani A., Lippi G. Red Blood Cell Distribution Width Improves Reclassification of Patients Admitted to the Emergency Department with Acute Decompensated Heart Failure // J. Med. Biochem. 2018. Vol. 37, № 3. P. 299–306. DOI: [10.1515/jomb-2017-0054](https://doi.org/10.1515/jomb-2017-0054)
41. Felker G.M., Allen L.A., Pocock S.J., Shaw L.K., McMurray J., Pfeffer M.A., Swedberg K., Wang D., Yusuf S., Michelson E.L., Granger C.B. Red Cell Distribution Width as a Novel Prognostic Marker in Heart Failure: Data from the CHARM Program and the Duke Databank // J. Am. Coll. Cardiol. 2007. Vol. 50, № 1. P. 40–47. DOI: [10.1016/j.jacc.2007.02.067](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2007.02.067)
42. Cauthen C.A., Tong W., Jain A., Tang W.H. Progressive Rise in Red Cell Distribution Width Is Associated with Disease Progression in Ambulatory Patients with Chronic Heart Failure // J. Card. Fail. 2012. Vol. 18, № 2. P. 146–152. DOI: [10.1016/j.cardfail.2011.10.013](https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2011.10.013)
43. Мининкова А.И. Аналитические возможности гематологических анализаторов в оценке тромбоцитов (обзор литературы) // Клини. лаб. диагностика. 2012. № 3. С. 27–34.
44. Погорелов В.М., Иванова Л.А., Козинец Г.И. Эффективность и информативность гематологических анализаторов // Гематология и трансфузиология. 2012. Т. 57, № 3. С. 30–37.
45. Кравченко И.Н., Ржевский Д.И., Пахомова И.А., Кравченко Н.Н., Мурашев А.Н. Использование результатов автоматизированного анализа крови в токсикологических исследованиях на грызунах // Вестн. новых мед. технологий. 2012. Т. 19, № 3. С. 88–90.
46. Космовский С.Ю., Васин С.Л., Розанова И.Б., Севастьянов В.И. Математическая обработка распределения тромбоцитов человека по размерам для выявления гетерогенности клеток // Мед. техника. 1999. № 6. С. 41–43.
47. Матюшичев В.Б., Шамратова В.Г. Изменения показателей тромбоцитов периферической крови при железодефицитной анемии // Гематология и трансфузиология. 2005. Т. 50, № 2. С. 29–32.
48. Матюшичев В.Б., Шамратова В.Г., Музафарова Д.А. Изменения параметров объема лейкоцитов крови при заболеваниях органов дыхания // Пульмонология. 2000. № 3. С. 38–40.
49. Халиулин А.В., Гусякова О.А., Козлов А.В., Габрильчак А.И. Процессы метаболизма и механизмы регуляции активности тромбоцитов (обзор литературы) // Клини. лаб. диагностика. 2019. № 3(64). С. 164–169. DOI: [10.18821/0869-2084-2019-64-3-164-169](https://doi.org/10.18821/0869-2084-2019-64-3-164-169)

50. Sansanayudh N., Numthavaj P., Muntham D., Yamwong S., McEvoy M., Attia J., Sritara P., Thakkinstian A. Prognostic Effect of Mean Platelet Volume in Patients with Coronary Artery Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Thromb. Haemost.* 2015. Vol. 114, № 6. P. 1299–1309. DOI: [10.1160/TH15-04-0280](https://doi.org/10.1160/TH15-04-0280)
51. Wada H., Tsuboi S., Ogita M., Suwa S., Dohi T., Miyauchi K., Shitara J., Endo H., Doi S., Iwata H., Kasai T., Okazaki S., Isoda K., Daida H. Mean Platelet Volume and Long-Term Cardiovascular Outcomes in Patients with Stable Coronary Artery Disease // *Atherosclerosis*. 2018. Vol. 277. P. 108–112. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021915018313571?via%3Dihub/> (дата обращения: 17.06.2020).
52. Wan Z.F., Zhou D., Wu Y., Wang H., Zhao Y., Zhu L., Yuan Z.Y. Combination of Mean Platelet Volume and the Grace Risk Score Better Predicts Future Cardiovascular Events in Patients with Acute Coronary Syndrome // *Platelets*. 2014. Vol. 25, № 6. P. 447–451. DOI: [10.3109/09537104.2013.830708](https://doi.org/10.3109/09537104.2013.830708)
53. Malerba M., Olivini A., Radaeli A., Ricciardolo F.L.M., Clini E. Platelet Activation and Cardiovascular Comorbidities in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease // *Curr. Med. Res. Opin.* 2016. Vol. 32, № 5. P. 885–891. DOI: [10.1185/03007995.2016.1149054](https://doi.org/10.1185/03007995.2016.1149054)
54. Panova-Noeva M., Schulz A., Hermans M.I., Grossmann V., Pefani E., Spronk H.M.H., Laubert-Reh D., Binder H., Beutel M., Pfeiffer N., Blankenberg S., Zeller T., Münzel T., Lackner K.J., Cate H.T., Wild P.S. Sex-Specific Differences in Genetic and Nongenetic Determinants of Mean Platelet Volume: Results from the Gutenberg Health Study // *Blood*. 2016. Vol. 127, № 2. P. 251–259. DOI: [10.1182/blood-2015-07-660308](https://doi.org/10.1182/blood-2015-07-660308)
55. Giacomini A., Legovini P., Gessoni G., Antico F., Valverde S., Salvadego M.M., Manoni F. Platelet Count and Parameters Determined by the Bayer ADVIA™ 120 in Reference Subjects and Patients // *Clin. Lab. Haematol.* 2001. Vol. 23, № 3. P. 181–186. DOI: [10.1046/j.1365-2257.2001.00391.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2257.2001.00391.x)
56. Ittermann T., Feig M.A., Petersmann A., Radke D., Greinacher A., Völzke H., Thiele T. Mean Platelet Volume Is More Important Than Age for Defining Reference Intervals of Platelet Counts // *PLoS One*. 2019. Vol. 14, № 3. Art. № e0213658. DOI: [10.1371/journal.pone.0213658](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213658)
57. Шамратова В.Г., Тупиневич Г.С. Гендерные особенности соотношения объема и количества клеток крови // *Морфология*. 2019. Т. 155, № 2. С. 322.
58. Осиков М.В., Телешева Л.Ф., Агеев Ю.И. Влияние эритропоэтина на апоптоз лимфоцитов при экспериментальной хронической почечной недостаточности // *Бюл. эксперим. биологии и медицины*. 2015. Т. 159, № 3. С. 326–328.
59. Чумакова С.П., Уразова О.И., Зима А.П., Новицкий В.В. Особенности физиологии эритроцитов. Гемолиз и эриптоз // *Гематология и трансфузиология*. 2018. Т. 63, № 4. С. 343–351.
60. Schotten N., Pasker-de Jong P.C.M., Moretti D., Zimmermann M.B., Geurts-Moespot A.J., Swinkels D.W., van Kraaij M.G.J. The Donation Interval of 56 Days Requires Extension to 180 Days for Whole Blood Donors to Recover from Changes in Iron Metabolism // *Blood*. 2016. Vol. 128, № 17. P. 2185–2188. DOI: [10.1182/blood-2016-04-709451](https://doi.org/10.1182/blood-2016-04-709451)
61. Матюшичев В.Б., Шамратова В.Г. Динамика параметров объема клеток крови при беременности // *Клин. лаб. диагностика*. 2008. № 1. С. 45–47.
62. Шафиева Л.Н., Шамратова В.Г. Особенности структуры популяций эритроцитов и тромбоцитов крови по корпускулярному объему и их взаимоотношения при экзаменационном стрессе // *Соврем. проблемы науки и образования*. 2018. № 4. С. 222. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27898> (дата обращения: 16.06.2020).

References

1. Agarkov N.M., Golovchenko O.V., Blinkov Yu.A., Kulabukhov A.S., Yakovlev S.A., Budnik I.V., Afanasova E.P. Diagnostika ostrogo endometrita po gematologicheskim pokazatelyam i s uchetom diskriminantnykh modeley [Diagnosis of Acute Endometritis on Hematologic Indicators, and Given Discriminant Models]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*, 2018, vol. 63, no. 6, pp. 361–364.
2. Kozinets G.I., Vysotskiy V.V. *Krov'* [Blood]. Moscow, 2014. 208 p.
3. Pavlova V.Yu. Vozmozhnosti issledovaniya pokazateley obshchego analiza krovi na sovremennykh gematologicheskikh analizatorakh [How to Interpret Complete Blood Count Using the Possibilities of Modern Hematology Analyzers]. *Fundamental'naya i klinicheskaya meditsina*, 2016, vol. 1, no. 1, pp. 98–108.
4. Shamratova A.R., Mal'khanov V.B., Zaynutdinova G.Kh. *Methods for Diagnosing Rheumatoid Uveitis*. Patent RF no. 2314534, 2006. 5 p. (in Russ.).

5. Khudyakova N.V., Pchelin I.Yu., Shishkin A.N., Kulibaba T.G. Otsenka vzaimosvyazi insulinorezistentnosti i syvorotochnogo urovnya gomotsisteina s gematologicheskimi pokazatelyami patsientov s abdominal'nym ozhireniem [Evaluation of Interrelation Between Insulin Resistance, Serum Homocysteine Level and Hematologic Parameters of Patients with Abdominal Obesity]. *Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya*, 2015, vol. 10, no. 2, pp. 647–648.

6. Aznabaev M.T., Latypova E.A., Mal'khanov V.B., Shamratova A.R. *Method for Predicting the Clinical Course of Chlamydial Conjunctivitis*. Patent RF no. 2264627, 2005. 5 p. (in Russ.).

7. Zubrikhina G.N., Blindar' V.N., Matveeva I.I. Vozmozhnosti sovremennogo avtomatizirovannogo klinicheskogo analiza krovi v differentsial'noy diagnostike istinnogo i pereraspredelitel'nogo (funktsional'nogo) defitsita zheleza pri anemicheskome sindrome u onkologicheskikh bol'nykh [The Possibilities of Modern Automated Clinical Blood Analysis in Differentiated Diagnostic of True and Redistributing (Functional) Iron Deficiency Under Anemic Syndrome in Oncologic Patients]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*, 2014, vol. 59, no. 5, pp. 21–25.

8. Melikyan A.L., Kovrigina A.M., Subortseva I.N., Shuvaev V.A., Afanasiev B.V., Ageeva T.A., Baikov V.V., Vinogradova O.Yu., Golenkov A.K., Gritsaev S.V., Zaritskiy A.Yu., Kaplanov K.D., Lomaia E.G., Martynkevich I.S., Morozova E.V., Pospelova T.I., Sokolova M.A., Sudarikov A.B., Turkina A.G., Shatokhin Yu.V., Savchenko V.G. National Clinical Recommendations for Diagnosis and Therapy of Ph-Negative Myeloproliferative Neoplasms (Polycythemia Vera, Essential Thrombocythemia, Primary Myelofibrosis) (Edition 2018). *Russ. J. Hematol. Transfus.*, 2018, no. 63, pp. 275–315 (in Russ.).

9. Kahng J., Kim Y., Kim M., Oh E.J., Park Y.J., Han K. Flow Cytometric White Blood Cell Differential Using CytoDiff Is Excellent for Counting Blasts. *Ann. Lab. Med.*, 2015, vol. 35, no. 1, pp. 28–34. DOI: [10.3343/alm.2015.35.1.28](https://doi.org/10.3343/alm.2015.35.1.28)

10. Mininkova A.I., Lugovskaya S.A., Pochtar' M.E., Khuazheva N.K., Tlevtsezheva A.A., Vorob'ev V.I., Lavrent'ev I.S., Emel'yanova E.B., Dolgov V.V. Diagnosticheskiy skringing ostrykh leykozov s ispol'zovaniem novykh tekhnologiy avtomatizirovannogo analiza krovi [The Diagnostic Screening of Acute Leukemia Using New Technologies of Automated Blood Analysis]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*, 2018, vol. 63, no. 4, pp. 228–233.

11. Piyanzin A.I., Zhilin S.I., Ivchenko E.V., Miller Yu.V., Fedorov A.V., Anikina Z.F., Malakhova T.I. Otsenka krovetvoreniya u nedonoshennykh novorozhdennykh po pokazatelyam sovremennogo gematologicheskogo analizatora s ispol'zovaniem razlichnykh matematicheskikh metodov [Assessment of Haematopoiesis in Premature Newborns According to the Indicators of a Modern Hematological Analyzer Using Various Mathematical Methods]. *Sovremennaya perinatologiya: organizatsiya, tekhnologii, kachestvo* [Perinatology Today: Organization, Technologies, Quality]. Moscow, 2015, pp. 15–16.

12. Patrakeeva V.P. Vzaimosvyaz' funktsional'nogo sostoyaniya eritrotsitov i limfotsitov perifericheskoy krovi u prakticheski zdorovykh lyudey [Interrelation of the Functional State of Erythrocytes and Lymphocytes of Peripheral Blood in Healthy People]. *Vestnik ural'skoy meditsinskoy akademicheskoy nauki*, 2018, vol. 15, no. 2, pp. 205–210. DOI: [10.22138/2500-0918-2018-15-2-205-210](https://doi.org/10.22138/2500-0918-2018-15-2-205-210)

13. Ust'yantseva I.M., Khokhlova O.I., Goloshumov N.P., Agadzhanyan V.V. Innovatsionnye laboratornye tekhnologii v diagnostike sepsisa [Innovative Laboratory Technologies in Diagnosis of Sepsis]. *Politravma*, 2018, no. 1, pp. 52–59.

14. Savchenko V.G., Parovichnikova E.N., Afanas'ev B.V., Gritsaev S.V., Semochkin S.V., Bondarenko S.N., Troitskaya V.V., Sokolov A.N., Kuz'mina L.A., Klyasova G.A., Gaponova T.V., Baranova O.Yu., Lapin V.A., Konstantinova T.S., Samoylova O.S., Kaporskaya T.S., Shatokhin S.V. Natsional'nye klinicheskie rekomendatsii po diagnostike i lecheniyu ostrykh mieloidnykh leykozov vzroslykh [National Clinical Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Acute Myeloid Leukemia in Adults]. *Gematologiya i transfuziologiya*, 2014, vol. 59, no. 1-S2, pp. 2–29.

15. Klochkova G.N., Belyaeva S.S., Tikunova T.S. Gematologicheskie pokazateli sistemy krovi bol'nykh leykozom [Haematological Parameters of the Blood System in Patients with Leukemia]. *Nauchnyy rezul'tat. Ser.: Fiziologiya*, 2016, vol. 2, no. 2, pp. 34–40.

16. Arber D.A., Orazi A., Hasserjian R., Thiele J., Borowitz M., Le Beau M.M., Bloomfield C.D., Cazzola M., Vardiman J.W. The 2016 Revision to the World Health Organization Classification of Myeloid Neoplasms and Acute Leukemia. *Blood*, 2016, vol. 127, pp. 2391–2405. DOI: [10.1182/blood-2016-03-643544](https://doi.org/10.1182/blood-2016-03-643544)

17. Vishnevskaya T.Ya., Abramova L.L. K voprosu o vzaimosvyazi struktury limfoidnoy tkani selezenki s gematologicheskimi pokazatelyami krolikov pri stresse [On the Correlation Between the Structure of Spleen Lymphoid Tissue and Haematological Parameters in Rabbits Under Stress]. *Aktual'nye problemy nezaraznoy patologii zhivotnykh* [Current Issues of Non-Infectious Animal Pathology]. Orenburg, 2014, pp. 146–150.

18. Fedulova L.V., Sorokina A.A. Vzaimosvyaz' eksperimental'nogo gastrita s gematologicheskimi pokazatelyami krovi [Correlation Between Experimental Gastritis and Haematological Blood Parameters]. *Evrayskiy Soyuz Uchenykh*, 2015, no. 7-6, pp. 117–120.
19. Ziyakaeva K.R., Gabdulhakova I.R., Zaynetdinova A.T., Shamratova V.G., Kayumova A.F., Fazlyakhmetova M.Ya. Dinamika kolichestvennykh i morfofunktsional'nykh pokazateley krasnoy krovi pri dlitel'nom vozdeystvii medno-tsinkovoy kolchedannoy rudy v eksperimente [Dynamics of Quantitative and Morphofunctional Blood Parameters Under Prolonged Experimental Exposure to Copper-Zinc Pyrite Ore]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2017, no. 6, p. 31. Available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=27141> (accessed: 17 June 2020).
20. Karimov R.R., Gabdulhakova I.R., Shamratova A.R., Fazlyakhmetova M.Ya., Ziyakaeva K.R., Samokhodova O.V., Kayumova A.F. Issledovanie mekhanizmov razvitiya anemii pri vozdeystvii polikhlorirovannykh bifenilov [Study on the Mechanisms of Anaemia Development Under Exposure to Polychlorinated Biphenyls]. *Sovremennye problemy sistemnoy regulyatsii fiziologicheskikh funktsiy* [Current Problems of Systemic Regulation of Physiological Functions]. Moscow, 2015, pp. 298–302.
21. Myasoedov Yu.M. Avtomatizirovanny analiz parametrov krovi laboratornykh zhivotnykh [Automated Analysis of Blood Parameters of Laboratory Animals]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2017, no. 5, pp. 25–28.
22. Ball S., Arevalo M., Wongsangsak S., Dennis J.A., Nugent K. Implications of Mean Platelet Volume in Health and Disease: A Large Population Study on Data from National Health and Nutrition Examination Survey. *Thromb. Res.*, 2019, vol. 175, pp. 90–94. DOI: [10.1016/j.thromres.2019.01.011](https://doi.org/10.1016/j.thromres.2019.01.011)
23. Puchinskaya M.V., Pochtavtsev A.Yu. Klinicheskoe znachenie trombotsitarnykh indeksov v kardiologii [Clinical Significance of Platelet Indices in Cardiology]. *Voennaya meditsina*, 2011, no. 2, pp. 77–81.
24. Depoorter M., Goletti S., Latinne D., Defour J. Optimal Flagging Combinations for Best Performance of Five Blood Cell Analyzers. *Int. J. Lab. Hematol.*, 2015, vol. 37, no. 1, pp. 63–70. DOI: [10.1111/ijlh.12238](https://doi.org/10.1111/ijlh.12238)
25. Busque L., Porwit A., Day R., Olney H.J., Leber B., Éthier V., Sirhan S., Foltz L., Prchal J., Kamel-Reid S., Karsan A., Gupta V. Laboratory Investigation of Myeloproliferative Neoplasms (MPNs): Recommendations of the Canadian MPN Group. *Am. J. Clin. Pathol.*, 2016, vol. 146, no. 4, pp. 408–422. DOI: [10.1093/ajcp/aqw131](https://doi.org/10.1093/ajcp/aqw131)
26. Rabizadeh E., Pickholtz I., Barak M., Isakov E., Zimra Y., Froom P. Acute Leukemia Detection Rate by Automated Blood Count Parameters and Peripheral Smear Review. *Int. J. Lab. Hematol.*, 2015, vol. 37, no. 1, pp. 44–49. DOI: [10.1111/ijlh.12225](https://doi.org/10.1111/ijlh.12225)
27. Shelat S.G., Canfield W., Shibutani S. Differences in Detecting Blasts Between ADVIA 2120 and Beckman-Coulter LH750 Hematology Analyzers. *Int. J. Lab. Hematol.*, 2010, vol. 32, no. 1, pt. 2, pp. 113–116. DOI: [10.1111/j.1751-553X.2008.01113.x](https://doi.org/10.1111/j.1751-553X.2008.01113.x)
28. Iddles C., Taylor J., Cole R., Hill F.G.H. Evaluation of the Immature Granulocyte Counts in the Diagnosis of Sepsis Using the Sysmex XE-2100 Analyzer. *Sysmex J. Intern.*, 2007, vol. 17, no. 1, pp. 20–29.
29. Petrova O.V., Shashin S.A., Tarasov D.G. Znachenie nezrelykh granulotsitov v diagnostike infektsionno-vospalitel'nykh protsessov u kardiokhirurgicheskikh bol'nykh [The Significance of Immature Granulocytes in Diagnostic of Infectious Inflammatory Processes in Cardiosurgery Patients]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*, 2014, no. 5, pp. 25–40.
30. Schaefer M., Rowan R.M. The Clinical Relevance of Nucleated Red Blood Cell Counts. *Sysmex J. Int.*, 2000, vol. 10, no. 2, pp. 59–61.
31. Levina A.A., Meshcheryakova L.M., Tsybul'skaya M.M., Sokolova T.V. Differentsial'naya diagnostika anemiy [Differential Diagnosis of Anaemias]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*, 2015, no. 12, pp. 26–30.
32. Skorodumova E.G., Kostenko V.A., Skorodumova E.A., Rysev A.V. Shirina raspredeleniya eritrotsitov – potensial'no novyy marker ostroy dekompensatsii serdechnoy nedostatochnosti [Red Cell Distribution Width – a Potential New Marker of Acute Decompensation of Chronic Heart Failure]. *Kardiologiya: novosti, mneniya, obuchenie*, 2017, no. 1, pp. 40–43.
33. Egorova E.N., Pustovalova R.A., Gorshkova M.A. RDW (Red Cell Distribution Width) – kak marker gipoksicheskogo sostoyaniya tkaney [RDW (Red Cell Distribution Width) – as a Marker of Tissue Hypoxia]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*, 2014, no. 9, p. 14.
34. Egorova E.N., Pustovalova R.A., Gorshkova M.A. Kliniko-diagnosticheskoe znachenie eritrotsitarnykh indeksov, opredelyaemykh avtomaticheskimi gematologicheskimi analizatorami [Clinical and Diagnostic Significance of Red Blood Cell Indices, Determined by Automatic Hematological Analyzers]. *Verkhnevolskiy meditsinskiy zhurnal*, 2014, vol. 12, no. 3, pp. 34–41.

35. Kostenko V.A., Sitnikova M.Yu., Skorodumova E.A., Skorodumova E.G., Fedorov A.N. Prognosticheskoe znachenie koeffitsienta anizotropii eritrotsitov u patsientov, gositalizirovannykh po povodu ostroy dekompensirovannoy khronicheskoy serdechnoy nedostatochnosti [Predictive Value of Erythrocyte Anisotropy Coefficient in Patients Hospitalized for Acutely Decompensated Chronic Heart Failure]. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*, 2017, no. 12, pp. 26–30.

36. Urvantseva I.A., Nikolaev K.Yu., Salamatina L.V., Seitov A.A., Milovanova E.V., Nikolaeva A.A. Assotsiatsii variabel'nosti ob'ema eritrotsitov s kliniko-laboratornymi kharakteristikami ostrogo infarkta miokarda [Associations of Red Cell Distribution Width with Clinical and Laboratory Characteristics of Acute Myocardial Infarction]. *Ateroskleroz*, 2013, vol. 9, no. 3-4, pp. 31–37.

37. Melchio R., Rinaldi G., Testa E., Giraudo A., Serraino C., Bracco C., Spadafora L., Falchetta A., Leccardi S., Silvestri A., Fenoglio L. Red Cell Distribution Width Predicts Mid-Term Prognosis in Patients Hospitalized with Acute Heart Failure: The RDW in Acute Heart Failure (RE-AHF) Study. *Intern. Emerg. Med.*, 2019, vol. 14, no. 2, pp. 239–247. DOI: [10.1007/s11739-018-1958-z](https://doi.org/10.1007/s11739-018-1958-z)

38. Smirnova M.P., Chizhov P.A., Baranov A.A. S-reaktivnyy belok, pokazateli obmena zheleza i eritrotsitarnye indeksy u patsientov s khronicheskoy serdechnoy nedostatochnost'yu [C-Reactive Protein, Parameters of Iron Metabolism and Erythrocyte Indices in Patients with Chronic Heart Failure]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2018, no. 5, p. 72. Available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=28102> (accessed: 17 June 2020).

39. Testa E., Melchio R., Rinaldi G., Leccardi S., Silvestri A., Serraino C., Bracco C., Spadafora L., Giraudo A., Fenoglio L.M. Red Cell Distribution Width (RDW) Predicts Long Term Prognosis in Patients Hospitalized with Acute Heart Failure: The RDW in Acute Heart Failure (REAHF) Study. *Eur. J. Heart Fail.*, 2016, vol. 18, suppl. 1, p. 10.

40. Turcato G., Cervellin G., Bonora A., Prati D., Zorzi E., Ricci G., Salvagno G.L., Maccagnani A., Lippi G. Red Blood Cell Distribution Width Improves Reclassification of Patients Admitted to the Emergency Department with Acute Decompensated Heart Failure. *J. Med. Biochem.*, 2018, vol. 37, no. 3, pp. 299–306. DOI: [10.1515/jomb-2017-0054](https://doi.org/10.1515/jomb-2017-0054)

41. Felker G.M., Allen L.A., Pocock S.J., Shaw L.K., McMurray J., Pfeffer M.A., Swedberg K., Wang D., Yusuf S., Michelson E.L., Granger C.B. Red Cell Distribution Width as a Novel Prognostic Marker in Heart Failure: Data from the CHARM Program and the Duke Databank. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2007, vol. 50, no. 1, pp. 40–47. DOI: [10.1016/j.jacc.2007.02.067](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2007.02.067)

42. Cauthen C.A., Tong W., Jain A., Tang W.H. Progressive Rise in Red Cell Distribution Width Is Associated with Disease Progression in Ambulatory Patients with Chronic Heart Failure. *J. Card. Fail.*, 2012, vol. 18, no. 2, pp. 146–152. DOI: [10.1016/j.cardfail.2011.10.013](https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2011.10.013)

43. Mininkova A.I. Analiticheskie vozmozhnosti gematologicheskikh analizatorov v otsenke trombotsitov (obzor literatury) [The Analytical Possibilities of Hematologic Analyzers in Evaluation of Thrombocytes: A Literature Review]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*, 2012, no. 3, pp. 27–34.

44. Pogorelov V.M., Ivanova L.A., Kozinets G.I. Effektivnost' i informativnost' gematologicheskikh analizatorov [Efficiency and Informative Value of Hematological Analyzers]. *Gematologiya i transfuziologiya*, 2012, vol. 57, no. 3, pp. 30–37.

45. Kravchenko I.N., Rzhavskiy D.I., Pakhomova I.A., Kravchenko N.N., Murashev A.N. Ispol'zovanie rezul'tatov avtomatizirovannogo analiza krovi v toksikologicheskikh issledovaniyakh na gryzunakh [The Use of the Results of Automated Blood Cell Counting in Toxicological Studies on Rodents]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*, 2012, vol. 19, no. 3, pp. 88–90.

46. Kosmovskiy S.Yu., Vasin S.L., Rozanova I.B., Sevast'yanov V.I. Matematicheskaya obrabotka raspredeleniya trombotsitov cheloveka po razmeram dlya vyyavleniya geterogenosti kletok [Mathematical Processing of the Distribution of Human Platelets by Size to Identify Cell Heterogeneity]. *Meditsinskaya tekhnika*, 1999, no. 6, pp. 41–43.

47. Matyushichev V.B., Shamratova V.G. Izmeneniya pokazateley trombotsitov perifericheskoy krovi pri zhelezodefitsitnoy anemii [Changes in Peripheral Blood Platelets in Iron Deficiency Anemia]. *Gematologiya i transfuziologiya*, 2005, vol. 50, no. 2, pp. 29–32.

48. Matyushichev V.B., Shamratova V.G., Muzafarova D.A. Izmeneniya parametrov ob'ema leykotsitov krovi pri zabolevaniyakh organov dykhaniya [Changes in Leukocyte Volume Parameters in Respiratory Diseases]. *Pul'monologiya*, 2000, no. 3, pp. 38–40.

49. Khaliulin A.V., Gusyakova O.A., Kozlov A.V., Gabril'chak A.I. Protsessy metabolizma i mekhanizmy regulyatsii aktivnosti trombotsitov (obzor literatury) [Metabolism Processes and Mechanisms of Regulation of Platelet Activity (Review of Literature)]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*, 2019, no. 3, pp. 164–169. DOI: [10.18821/0869-2084-2019-64-3-164-169](https://doi.org/10.18821/0869-2084-2019-64-3-164-169)
50. Sansanayudh N., Numthavaj P., Muntham D., Yamwong S., McEvoy M., Attia J., Sritara P., Thakkinstian A. Prognostic Effect of Mean Platelet Volume in Patients with Coronary Artery Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Thromb. Haemost.*, 2015, vol. 114, no. 6, pp. 1299–1309. DOI: [10.1160/TH15-04-0280](https://doi.org/10.1160/TH15-04-0280)
51. Wada H., Tsuboi S., Ogita M., Suwa S., Dohi T., Miyauchi K., Shitara J., Endo H., Doi S., Iwata H., Kasai T., Okazaki S., Isoda K., Daida H. Mean Platelet Volume and Long-Term Cardiovascular Outcomes in Patients with Stable Coronary Artery Disease. *Atherosclerosis*, 2018, vol. 277, pp. 108–112. Available at: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021915018313571?via%3Dihub/](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021915018313571?via%3Dihub) (accessed: 17 June 2020).
52. Wan Z.F., Zhou D., Xue J.H., Wu Y., Wang H., Zhao Y., Zhu L., Yuan Z.Y. Combination of Mean Platelet Volume and the Grace Risk Score Better Predicts Future Cardiovascular Events in Patients with Acute Coronary Syndrome. *Platelets*, 2014, vol. 25, no. 6, pp. 447–451. DOI: [10.3109/09537104.2013.830708](https://doi.org/10.3109/09537104.2013.830708)
53. Malerba M., Olivini A., Radaeli A., Ricciardolo F.L.M., Clini E. Platelet Activation and Cardiovascular Comorbidities in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Curr. Med. Res. Opin.*, 2016, vol. 32, no. 5, pp. 885–891. DOI: [10.1185/03007995.2016.1149054](https://doi.org/10.1185/03007995.2016.1149054)
54. Panova-Noeva M., Schulz A., Hermanns M.I., Grossmann V., Pefani E., Spronk H.M.H., Laubert-Reh D., Binder H., Beutel M., Pfeiffer N., Blankenberg S., Zeller T., Münzel T., Lackner K.J., Cate H.T., Wild P.S. Sex-Specific Differences in Genetic and Nongenetic Determinants of Mean Platelet Volume: Results from the Gutenberg Health Study. *Blood*, 2016, vol. 127, no. 2, pp. 251–259. DOI: [10.1182/blood-2015-07-660308](https://doi.org/10.1182/blood-2015-07-660308)
55. Giacomini A., Legovini P., Gessoni G., Antico F., Valverde S., Salvadego M.M., Manoni F. Platelet Count and Parameters Determined by the Bayer ADVIA™ 120 in Reference Subjects and Patients. *Clin. Lab. Haematol.*, 2001, vol. 23, no. 3, pp. 181–186. DOI: [10.1046/j.1365-2257.2001.00391.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2257.2001.00391.x)
56. Ittermann T., Feig M.A., Petersmann A., Radke D., Greinacher A., Völzke H., Thiele T. Mean Platelet Volume Is More Important Than Age for Defining Reference Intervals of Platelet Counts. *PLoS One*, 2019, vol. 14, no. 3. Art. no. e0213658. DOI: [10.1371/journal.pone.0213658](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213658)
57. Shamratova V.G., Tupinevich G.S. Gendernye osobennosti sootnosheniya ob'ema i kolichestva kletok krovi [Gender-Specific Features of the Ratio of Blood Cell Volume to Their Count]. *Morfologiya*, 2019, vol. 155, no. 2, p. 322.
58. Osikov M.V., Telesheva L.F., Ageev Y.I. Effect of Erythropoietin on Lymphocytes Apoptosis in Experimental Chronic Renal Failure. *Bull. Exp. Biol. Med.*, 2015, vol. 159, no. 3, pp. 348–350.
59. Chumakova S.P., Urazova O.I., Zima A.P., Novitskiy V.V. Osobennosti fiziologii eritrotsitov. Gemoliz i eriptoz [Features of the Physiology of Erythrocytes. Hemolysis and Eryptosis]. *Gematologiya i transfuziologiya*, 2018, vol. 63, no. 4, pp. 343–351.
60. Schotten N., Pasker-de Jong P.C.M., Moretti D., Zimmermann M.B., Geurts-Moespot A.J., Swinkels D.W., van Kraaij M.G.J. The Donation Interval of 56 Days Requires Extension to 180 Days for Whole Blood Donors to Recover from Changes in Iron Metabolism. *Blood*, 2016, vol. 128, no. 17, pp. 2185–2188. DOI: [10.1182/blood-2016-04-709451](https://doi.org/10.1182/blood-2016-04-709451)
61. Matyushichev V.B., Shamratova V.G. Dinamika parametrov ob'ema kletok krovi pri beremennosti [Time Course of Changes in the Volume of Blood Cells in Pregnancy]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*, 2008, no. 1, pp. 45–47.
62. Shafieva L.N., Shamratova V.G. Osobennosti struktury populyatsiy eritrotsitov i trombotsitov krovi po korpuskulyarnomu ob'emu i ikh vzaimootnosheniya pri ekzamenatsionnom stresse [Features of the Population Structure of Red Blood Cells and Platelets by Corpuscular Volume and Their Correlation Under Exam Stress]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2018, no. 4, p. 222. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27898> (accessed: 16 June 2020).

DOI: 10.37482/2687-1491-Z047

*Aliya R. Shamratova** ORCID: [0000-0001-8574-2617](https://orcid.org/0000-0001-8574-2617)
*Valentina G. Shamratova** ORCID: [0000-0002-7633-4264](https://orcid.org/0000-0002-7633-4264)
*Aliya F. Kayumova** ORCID: [0000-0003-1983-1392](https://orcid.org/0000-0003-1983-1392)
*Klara R. Ziyakaeva** ORCID: [0000-0002-3923-2736](https://orcid.org/0000-0002-3923-2736)

*Bashkir State Medical University
(Ufa, Republic of Bashkortostan, Russian Federation)

THE CAPABILITIES OF HAEMATOLOGY ANALYSERS IN ASSESSING THE BODY'S PHYSIOLOGICAL AND PATHOLOGICAL CONDITIONS (Review)

Haematology analysers have become an intrinsic part of contemporary medical practice and are used by specialists in various fields of medicine to diagnose diseases and predict their course and outcome. Moreover, the readings of these devices are currently in demand in experimental biology and medicine, toxicology, and veterinary medicine. This review examines the capabilities of modern models of haematology analysers and prospects for their use. New technical approaches combined with already known methods and statistical calculation parameters allow us to significantly expand the range of analyser output. It is shown that the introduction of programs for statistical calculations of a large number of indices and parameters of the distribution of cell populations by their volumes opens up new prospects for describing and evaluating not only pathological, but also physiological states of the body. We analysed both Russian and foreign literature on the use of erythrocyte and platelet indices to diagnose cardiovascular and other pathologies. Taking into account the indicators of corpuscular volume based on histograms and analysing statistical parameters of blood cell distribution enhance our understanding of the structure of blood cell populations, significantly increase the information content of research and can serve as an additional criterion for quantitative assessment of the body's conditions and diagnosis of diseases. Statistical characteristics such as asymmetry coefficient, kurtosis, and standard deviation of empirical erythrograms and leukograms allow us to assess the degree of anisocytosis and cellular heterogeneity, as well as the ratio of different populations. Studying the volume characteristics of blood cells based on histogram analysis significantly improves the effectiveness of using haematology analysers in evaluating various pathological and physiological conditions of the body.

Keywords: *haematology analyser, blood cell indices, blood cell volume, blood cell histogram.*

Поступила 27.06.2020

Принята 30.11.2020

Received 27 June 2020

Accepted 30 November 2020

Corresponding author: Aliya Shamratova, address: ul. Pushkina 96/98, korp. 7, Ufa, 450001, Respublika Bashkortostan, Russian Federation; e-mail: arshamratova@gmail.com

For citation: Shamratova A.R., Shamratova V.G., Kayumova A.F., Ziyakaeva K.R. The Capabilities of Haematology Analysers for Assessing the Body's Physiological and Pathological Conditions (Review). *Journal of Medical and Biological Research*, 2021, vol. 9, no. 1, pp. 89–101. DOI: 10.37482/2687-1491-Z047