

ОСОБЕННОСТИ МЕТАБОЛИЗМА ЛЕЙКОЦИТОВ И ИХ ЦИТОХИМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

А.О. Бектурганова, Ж.А. Махмудова, М.Т. Таалайбекова, А.К. Тюлюлюева

Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева, г. Бишкек, Кыргызская Республика

FEATURES OF LEUKOCYTE METABOLISM AND THEIR CYTOCHEMICAL ACTIVITY

A.O. Bekturganova, Zh.A. Makhmudova, M.T. Taalaibekova, A.K. Tyulyulyueva

I.K. Akhunbaev Kyrgyz state medical academy, Bishkek, Kyrgyzstan

Сведения об авторах:

Бектурганова Асель Орумбековна (SPIN-код: 6586-7554; ORCID iD: 0000-0002-9330-1544). Место работы и должность: старший преподаватель кафедры биохимии с курсом общей и биоорганической химии, Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева. Адрес: Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Ахунбаева 92. Электронная почта: bekturganova1981@inbox.ru

Махмудова Жылдыз Акматовна – д.б.н. (SPIN-код: 5730-7833; ResearcherID: CAF-8415-2022; ORCID iD: 0000-0001-5057-9215). Место работы и должность: заведующая кафедрой биохимии с курсом общей и биоорганической химии, Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева. Адрес: Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Ахунбаева 92. Электронная почта: zhyldyz.makhmudova@yandex.com

Таалайбекова Мээрим Таалайбековна – к.б.н. (SPIN-код: 2748-8342; ResearcherID: AFI-6139-2022; ORCID iD: 0000-0002-1115-6233). Место работы и должность: преподаватель кафедры биохимии с курсом общей и биоорганической химии, Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева. Адрес: Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Ахунбаева 92. Электронная почта: meka_0694@mail.ru

Тюлюлюева Айзада Куттубаевна – к.б.н. (ORCID iD: 0000-0003-0721-248X). Место работы и должность: старший преподаватель кафедры биохимии с курсом общей и биоорганической химии, Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева. Адрес: Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Ахунбаева 92. Электронная почта: aizada_tiu@mail.ru

В настоящее время особое внимание исследователей привлекают проблемы морфологии и структурной организации обменных процессов, представляющих важнейший объект молекулярной биологии и биохимии. Благодаря развитию этого направления исследователи пытаются связать и объяснить обнаруживаемые структурные изменения в клетке с нарушением процессов обмена. В связи с этим большое значение приобретает цитохимическое исследование лейкоцитов периферической крови, что даёт возможность получить не только количественные и морфологические данные, но и понять некоторые стороны изменения обмена веществ в лейкоцитах, сущность патологических сдвигов в них, динамику компенсации и развивающихся приспособительных реакций. С помощью цитохимических реакций в клетках крови можно определить содержание, локализацию и распределение белков, углеводов, жиров, металлов, витаминов, а также выявить активность ферментов – высокоспецифичных катализаторов синтеза, обмена и распада самых разнообразных соединений.

Ключевые слова: периферическая кровь, лейкоциты, нейтрофилы, эозинофилы, базофилы, щелочная фосфатаза, кислая фосфатаза, гликоген

В настоящее время особое внимание исследователей привлекают проблемы морфологии и структурной организации обменных процессов, представляющих важнейший объект молекулярной биологии и биохимии. Благодаря развитию этого направления исследователи пытаются связать и объяснить

обнаруживаемые структурные изменения в клетке с нарушением процессов обмена.

Известно, что система крови является одной из важнейших систем организма, благодаря той роли, которую выполняют в организме форменные элементы крови и плазма. В работах ряда авторов отмечено, что име-

ются возрастные, половые и сезонные особенности в количестве нейтрофилов [1, 2].

Большое значение приобретает цитохимическое исследование лейкоцитов периферической крови, что даёт возможность получить не только количественные и морфологические данные, но и понять некоторые стороны изменения обмена веществ в лейкоцитах, сущность патологических сдвигов в них, динамику компенсации и развивающихся приспособительных реакций [3, 4], определить содержание гликогена, липидов, ДНК, РНК, а также активность большого количества внутриклеточных ферментов и т.д.

Среди внутриклеточных органелл особое внимание привлекают лизосомы. Они содержат большое количество гидролитических ферментов (кислая фосфатаза, α -нафтилэстераза, β -глюкоурунидаза, катепсин, сульфатаза, пероксидаза). ГКС ингибируют процесс дифференцировки моноцитов в макрофаги, секрецию лизосомальных ферментов, угнетают аккумуляцию цГЛКР. Моноциты способны к активному пиноцитозу, обычному и иммунному фагоцитозу, участвуя вместе с Т- и В- лимфоцитами в реакциях гуморального и клеточного иммунитета [5, 6].

Лимфоциты – самые «бедные» в цитохимическом соотношении клетки. Небольшая часть этих клеток содержит лишь выявляемые цитохимически гликоген, кислую фосфатазу. В них никогда не определяется активность пероксидазы и нет липидов. Вместе с тем положительная реакция на кислую фосфатазу и щелочную фосфатазу, и тип реакции на эти ферменты позволяют разграничить различные виды лимфоцитов [7, 8].

В эозинофилах выявлено высокое содержание гистамина, профибринолизина и кинипаз (ферментов расщепляющих брадикинин). При электрономикроскопическом исследовании в большинстве гранул зрелых эозинофилов обнаружены структуры в форме кристаллов. При распаде эозинофилов эти кристаллы идентифицируются в тканях, мокроте (кристаллы Шарко-Лейдена). Закономерное увеличение количества эозинофилов в крови при различных аллергических реакциях свидетельствуют об отношении

этих клеток к реализации иммунологических реакций [9].

Базофилы представляют наименьшую популяцию гранулоцитов периферической крови. Базофильные гранулоциты синтезируют гистамин и гепарин, участвуя в регуляции процессов свертывания крови и проницаемости сосудов, а также в иммунологических реакциях аллергического характера [10]. Стероидные гормоны вызывают базофилопению. Количество базофилов и их продукция зависят и от иммунологического состояния организма. Основной функцией базофилов принято считать участие их в аллергических реакциях. Иммунная дегрануляция базофилов определяет клинику крапивницы, сонной лихорадки и других аллергических заболеваний. Базофилы оказывают влияние на свертывающую систему крови. В них содержатся факторы, как активации свертывания крови, так и гипокоагуляции крови [11, 12].

Миелопероксидаза – лизосомальная каталаза. Этот фермент содержится в специфических азурофильных гранулах нейтрофилов. В цитохимических реакциях активность фермента определяется по окислению хромогенов. В лимфоцитах этот фермент отсутствует. Миелопероксидаза инактивирует перекись водорода, которая является токсичным для клеток организма, перекись водорода расщепляется. Освобождающийся при этом кислород вновь используется клетками. В норме 96-100% нейтрофилов являются пероксидаза - положительным, с возрастом активность пероксидазы повышается. Определение активности миелопероксидазы даёт возможность дифференцировать миелобласты и моноцитарные предшественники от лимфобластов, всегда отрицательных в этой реакции, тогда как миелобласты и монобласты содержат гранулы миелопероксидазы. В комплексе с другими цитохимическими методами активность миелопероксидазы определяют для того, чтобы объективно установить происхождение недифференцируемых при обычном исследовании клеток при различных вариантах острого лейкоза [11]. Пероксидазная активность нейтрофилов повышается при инфаркте миокарда, при вирус-

ных инфекциях, в процессе фагоцитоза, при пневмонии. Понижение активности пероксидазы наблюдается при острых бактериальных инфекциях, особенно сопровождающихся лейкоцитозом, при хроническом тонзиллите, при ревматизме [13, 14].

В настоящее время определение активности щелочной фосфатазы считается очень чувствительным тестом. Имеются данные о сезонном колебании активности щелочной фосфатазы, а также о существенных различиях в её содержании у людей, проживающих в различных климатогеографических зонах.

Щелочная фосфатаза является наиболее лабильным в функциональном отношении ферментом. Максимальное содержание щелочной фосфатазы обнаруживается в нейтрофилах. Энзим локализуется во вторичных гранулах клеток гранулоцитарного ряда. В остальных клетках, а также незрелых нейтрофилах, реакция как правило, отрицательная. Нормальные показатели щелочной фосфатазы в лейкоцитах периферической крови: 37-160 ед (по Karlow) [15, 16].

Установлена зависимость содержания щелочной фосфатазы от возраста человека. Самые высокие показатели наблюдаются у новорожденных. Вместе с тем положительная реакция на кислую фосфатазу и щелочную фосфатазу, и тип реакции на эти ферменты позволяют разграничить различные виды лимфоцитов [7, 8]. Наиболее высокая активность кислой фосфатазы наблюдается в плазматических клетках, моноцитах, гранулоцитах предшественниках. По мере созревания клеток нейтрофильного и эозинофильного рядов активности кислой фосфатазы снижается, так как кислая фосфатаза локализуется в основном в первичных гранулах и отсутствует во вторичных. В лимфоцитах активность ферментов выражена умеренно.

Сукцинатдегидрогеназа является одним из ферментов характерных для лимфоцитов периферической крови. По активности сукцинатдегидрогеназы можно судить об активности лимфоцитов к степени иммуногенеза – увеличение лимфоцитов с высокой степенью активности сукцинатдегидрогеназы идет параллельно с увеличением содержания в них

РНК. Также установлена положительная коррекция между активностью сукцинатдегидрогеназы и динамикой μ -глобулинов. Снижение активности этого фермента указывает на неблагоприятную специфическую и неспецифическую реактивность организма, и может быть использована для прогноза ряда заболеваний [17, 18, 19, 20, 21, 22].

Эстеразы являются лизосомальными энзимами и представляют неоднородную группу, различаясь по специфичности к субстрату, оптимуму рН, действию ингибиторов или активаторов. α -Нафтилацетатэстераза обнаруживается во всех клетках миелоидного ряда, начиная со стадии миелобласта, а также моноцитах, небольшом количестве лимфоцитов, мегакариоцитах, тромбоцитах, плазматических клетках, которые проявляют резко положительную реакцию в виде интенсивного диффузного янтарно-коричневого окрашивания. В отличие от других лейкоцитов, высокая активность неспецифической эстеразы в моноцитах крови и костного мозга полностью подавляется фторидом натрия. Этот феномен позволяет использовать определение данного фермента для идентификации лейкозных моноцитарных предшественников [23].

Хлорацетатэстераза обнаруживается в значительном количестве в гранулоцитах и их предшественниках, тогда как в моноцитах и других клетках крови реакция слабо выражена. Следует отметить, что активность энзима наиболее высокая в нейтрофильных промиелоцитах, а по мере созревания нейтрофилов она снижается. Иногда активность фермента обнаруживается в миелобластах, причем она определяется раньше, чем активность пероксидазы. Предполагают, что данный фермент обеспечивает протеолитическую и переваривающую функцию нейтрофилов. Энзим может также определяться в Т-лимфоцитах, при этом предполагают возможность его участия в обеспечении киллерной функции Т-лимфоцитов. В эозинофилах, базофилах, плазматических клетках реакция на хлорацетатэстеразу отрицательная [24].

Аденозинтрифосфатаза (АТФ - фосфогидролаза) осуществляет дефосфорилирова-

ние АТФ в макроэргических связях, которая аккумулирована энергия, образующаяся в клетках. Одна из разновидностей АТФ-активируемая магнием – является маркером В-лимфоцитов и плазматических клеток. Она локализуется на цитоплазматической мембране [25, 26, 27].

Для обнаружения соединений углеводной природы в клеточных элементах костного мозга и периферической крови использует ШИК-реакцию в сочетании с серией контрольных исследований [28]. Поскольку разнообразные соединения углеводной природы дают положительную реакцию с реактивом Шиффа после окисления йодной кислотой, возникает необходимость идентифицировать эти соединения. С помощью перечисленных реакций в клетках крови и костного мозга удалось идентифицировать гликоген, кислые мукополисахариды, гликолипиды и др.

Наиболее богаты гликогеном клетки гранулоцитарного ряда. Содержание гликогена в нейтрофилах здорового человека увеличивается по мере созревания клеток этого ряда. Агранулоциты костного мозга и периферической крови обычно либо лишены гликогена, либо содержат незначительное количество гликогена в виде немногочисленных, хорошо контурированных гранул, что особенно свойственно лимфоцитам. Нормальные лимфобласты еще реже, чем зрелые лимфоциты, содержат гранулы гликогена. В моноцитах гликоген чаще всего выявляется в виде мелкой пылевидной зернистости. Эозинофильные лейкоциты содержат небольшие количества гликогена в виде диффузного окрашивания. Изменения содержания гликогена четко отражает функциональное состояние нейтрофилов. Увеличение содержания гликогена отмечается при аллергических и токсико-аллергических состояниях, инфекционных заболеваниях [29].

Нейтрофильные, эозинофильные и базофильные гранулоциты отличаются по ряду цитохимических признаков. В нейтрофильных палочко- и сегментоядерных лейкоцитах гликоген выявляется в виде отдельных гранул. В эозинофильных лейкоцитах гликоген располагается между специфическими гранулами, которые остаются неокрашенными.

Гранулы нейтрофильных лейкоцитов окрашиваются суданом черным в темно - синий или черный цвет [30].

В состав цитоплазматических гранул клеток нейтрофильного ряда входят и кислые мукополисахариды. Гранулы базофильных лейкоцитов, как и тучных клеток, богаты кислыми сульфатированными мукополисахаридами, главным образом гепаринмоносульфатом. Эти соединения обуславливают способность гранул базофилов и тучных клеток индуцировать интенсивную метакромазию при окраске основными красителями тиазинового ряда, которая утрачивается при мягком метилировании. Эти гранулы обладают и выраженным сродством к альциановому синему и основному коричневому [31].

Липиды входят в состав как специфической, так и неспецифической зернистости нейтрофильных гранулоцитов и эозинофилов, причем их количество повышается по мере созревания клеток: в миелобластах их содержание невысокое, в промиелоцитах – несколько больше, в миелоцитах и метамиелоцитах – высокое, а в зрелых нейтрофилах и эозинофилах липиды заполняют всю цитоплазму. В базофилах, напротив, по мере созревания клеток интенсивность реакции уменьшается: в миелоцитах реакция на липиды резко положительная, в зрелых базофилах варьирует от слаболожительной до отрицательной. В лимфоцитах и плазматических клетках реакция на липиды отрицательная [32, 33, 34].

Определение липидов имеет важное диагностическое значение в идентификации бластных клеток, отрицательно реагирующих на миелопероксидазу при острых лейкозах. Выявление в таких клетках липидов говорит об их принадлежности к гранулоцитарному или моноцитарному ряду.

В настоящее время в тканях животных насчитывается около 350-400 ферментов, более 80 из них можно идентифицировать методами гистохимии [35].

Таким образом, цитохимическое исследование лейкоцитов может являться дополнительным и ценным диагностическим тестом в определении состояния организма

при различных воздействиях внешней и внутренней среды организма.

Литература:

1. Каюмова А.Ф., Самоходова О.В., Инсарова Г.Е. Физиология крови. Уфа: Изд-во ГБОУ ВПО БГМУ Минздрава России, 2014. 76 с.
2. Пахрова О.А., Криштоп В.В., Курчанинова М.Г., Румянцева Т.А. Лейкоцитарные показатели крови при адаптации к острой экспериментальной гипоксии головного мозга в зависимости от уровня стрессоустойчивости. *Медицинский альманах*. 2012; 5: 112-119.
3. Емельянова В.А., Демидов А.А. Цитохимическая активность нейтрофилов крови у больных серопозитивным ревматоидным артритом. *Научный журнал «Апробация»*. 2016; 6 (45): 187-188.
4. Нестерова И.В., Колесникова Н.В., Чудилова Г.А. и др. Новый взгляд на нейтрофильные гранулоциты: переосмысление старых догм. Часть 1. *Инфекция и иммунитет*. 2017; 7 (3): 219-230.
5. Галкин А.А., Демидова В.С. Нейтрофилы и синдром системного воспалительного ответа. Раны и раневые инфекции. *Журнал имени профессора Б. М. Костюченко*. 2015; 2: 25-28.
6. Долгушин И.И., Савочкина А.Ю., Долгушина В.Ф. и др. Внутри- и внеклеточная бактерицидность фагоцитирующих клеток. *Вестник уральской медицинской академической науки*. 2013; 1: 85-87.
7. Федотова Г.Г., Киселева Р.Е. Изменение активности щелочной и кислой фосфатазы лейкоцитов в развитии неспецифического воспаления в легких. *Современные наукоемкие технологии*. 2007; 1: 91-92.
8. Фефелова Ю.А., Николаев В.Г., Нагирная Л.А. и др. Изменение активности кислой фосфатазы в лимфоцитах и гранулоцитах периферической крови у девушек разных соматотипов в ответ на пищевую нагрузку. *Сибирский медицинский журнал*. 2008; 5: 46-49.
9. Беляева А.С., Ванько Л.В., Матвеева Н.К., Кречетова Л.В. Нейтрофильные гранулоциты как регуляторы иммунитета. *Иммунология*. 2016; 37 (2): 129-133.
10. Crivellato E., Travan L., Ribatti D. Mast cells and basophils: a potential link in promoting angiogenesis during allergic inflammation. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 2010; 151 (2): 89-97.
11. Куркова А.А., Григорьева А.И. Дифференциальная диагностика острого лимфобластного и острого миелобластного лейкозов. *Смоленский медицинский альманах*. 2018; 1: 191-196.
12. Jiang S., Xie S., Fan R., Tang Q., Zhang H., Wang F. Exosomes Derived hsa-miR-4669 as a novel biomarker for early predicting the response of subcutaneous immunotherapy in pediatric allergic rhinitis. *Journal of Inflammation Research*. 2022; 15: 5063-5074.
13. Землянухина О.А., Калаев В.Н., Воронина В.С. Сравнительный анализ методов определения активности и изоферментного спектра пероксидаз различного происхождения. *Успехи современного естествознания*. 2017; 9: 13-22.
14. Пирогов А.Б., Зиновьев С.В., Перельман Ю.М. и др. Активность миелопероксидазы нейтрофильных и эозинофильных лейкоцитов индуцированной мокроты у больных бронхиальной астмой с холодовой бронхиальной гиперреактивностью. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. 2014; 53: 50-56.
15. Баябина М.Д., Слепышева В.В., Козлов А.В. Методы определения активности щелочной фосфатазы. *Terra Medica*. 2007; 2 (14): 14-18.
16. Бутенко З.А., Глузман Д.Ф., Зак К.П. и др. Цитохимия и электронная микроскопия клеток крови и кровяных органов. Киев, 1974. 305 с.
17. Бельских Э.С., Урясьев О.М., Звягина В.И., Фалетрова С.В. Сукцинат и сукцинатдегидрогеназа моноядерных лейкоцитов крови как маркеры адаптации митохондрий к гипоксии у больных при обострении хронической обструктивной болезни легких. *Российский медико-биологический вестник им. Академика И. П. Павлова*. 2020; 28 (1): 13-20.
18. Воробьева В.В., Левченкова О.С., Шабанов П.Д. Активность сукцинатдегидрогеназы лимфоцитов крови кролика зависит от характеристик вибрационного воздействия. *Биофизика*. 2022; 67 (2): 267-273.
19. Кит О.И., Гончарова А.С., Шихлярова А.И. и др. Значение сукцинатдегидрогеназы в процессе развития злокачественных опухолей. *Современные проблемы науки и образования*. 2018; 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27620> (дата обращения: 09.08.2022).
20. Магомедова К.М., Арсланова Р.М., Османова П.М., Гаджиева А.К. Современные представления о структуре и механизмах функционирования сукцинатдегидрогеназы. *Международный студенческий научный вестник*. 2020; 3: URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=20157> (дата обращения: 09.08.2022).
21. Kraus M., Hadrava Vanova K., Neuzil J., Rohlena J. Mitochondrial complex II and reactive oxygen species in disease and therapy. *J. Redox Report*. 2020; 25: 26.
22. Mannelli M., Canu L., Ercolino T., et al. Diagnosis of endocrine disease: SDHx mutation: beyond pheochromocytomas and paragangliomas. *Eur. J. Endocrinol.* 2018; 178 (1): 11-17.
23. Мустафин Т.И., Двинских А.В., Куклин Д.С., Шарифгалиев И.А. Современные методы морфологической диагностики: учеб.-метод. пособие. Уфа: ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, 2018. 120 с.
24. Федянина О.С., Закирова А.О., Задорожная А.Е. и др. Исследование морфологии и распределения α -нафтилбутиратэстеразы и нафтол-ас-д-хлор ацетатэстеразы в нормальных предшественниках лейкоцитов миелоидного ростка с помощью клеточного биочипа. *Онкогематология*. 2016; 11 (4): 74-79.
25. Франциянц Е.М., Гуськова Н.К., Бандовкина В.А., и др. Показатели костномозгового кровяного течения у больных с различным клиническим течением диффузной в-крупноклеточной лимфомы. *Современные проблемы науки и образования*. 2021; 6: URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31394> (дата обращения: 10.08.2022).
26. Kock R., Josefsan C., Hill G. Mitochondrial functions, ornamentation and immunocompetence. *Biol. Rev.* 2016; 456: 1-12.

27. Исрапилова А.И., Османова П.М., Гаджиева А.К., Магомедова К.М. Современные представления о роли митохондрий в функционировании клетки. *Международный студенческий научный вестник*. 2020; 5; URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=20282> (дата обращения: 10.08.2022).
28. URL: https://meduniver.com/Medical/gematologia/shikreakcia_na_glikogen.html MedUniver
29. Пащенко П.С., Плахов Н.Н., Буйнов Л.Г. Оценка содержания гликогена и липидов в нейтрофильных лейкоцитах периферической крови при донозологической диагностике у летного состава. *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2018; 52 (4): 61-65.
30. Назаренко Г.И., Кишкун А.А. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований. М.: Медицина, 2000. 544 с.
31. Уразова О.И. и др. Теория и практика лабораторных гематологических исследований: учеб. пособие / под ред. О. И. Уразовой, В.В. Новицкого. Ростов-на-Дону: Феникс, 2018. 427 с.
32. URL: <http://www.clinlab.info/Cytochemistry/Lipids-cytochemical-research-11>
33. Гуськова Н.К., Селютина О.Н., Новикова И.А. и др. Морфологические и иммунофенотипические особенности моноклональной популяции В - лимфоцитов при хроническом лимфолейкозе. *Южно-Российский онкологический журнал*. 2020; 1 (3.): 27-35.
34. Сергеева И.В., Камзалакова Н.И., Тихонова Е.П. и др. Взаимосвязь структурно-метаболических параметров лимфоцитов и их функциональное состояние. *Фундаментальные исследования*. 2015; 1-4: 821-824.
35. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/nursing-and-healthprofessions/enzyme-histochemistry>

FEATURES OF LEUKOCYTE METABOLISM AND THEIR CYTOCHEMICAL ACTIVITY

A.O. Bekturganova, Zh.A. Makhmudova,
M.T. Taalaibekova, A.K. Tyulyulyueva

I.K. Akhunbaev Kyrgyz state medical academy,
Bishkek, Kyrgyzstan; meka_0694@mail.ru

Abstract:

Currently, special attention of researchers is attracted by the problems of morphology and structural organization of metabolic processes, which is the most important object of molecular biology and biochemistry. Thanks to the development of this direction, researchers are trying to connect and explain the detected structural changes in the cell with metabolic disorders. In this regard, the cytochemical study of peripheral blood leukocytes is of great importance, which makes it possible to obtain not only quantitative and morphological data, but also to understand some aspects of metabolic changes in leukocytes, the essence of pathological changes in them, the dynamics of compensation and developing adaptive reactions. With the help of cytochemical reactions in blood cells, it is possible to determine the content, localization and distribution of proteins, carbohydrates, fats, metals, vitamins, as well as to identify the activity of enzymes – highly specific catalysts for the synthesis, metabolism and decomposition of a wide variety of compounds.

Keywords: peripheral blood, leukocytes, neutrophils, eosinophils, basophils, alkaline phosphatase, acid phosphatase, glycogen

Вклад авторов:

A.O. Bekturganova: разработка дизайна исследования, анализ полученных данных, написание и редактирование текста рукописи;

Zh.A. Makhmudova: написание и редактирование текста рукописи;

M.T. Taalaibekova: написание и редактирование текста рукописи;

A.K. Tyulyulyueva: написание и редактирование текста рукописи.

Authors' contributions:

A.O. Bekturganova: study design development, analysis of the obtained data, writing and editing the text of the manuscript;

Zh.A. Makhmudova: writing and editing the text of the manuscript;

M.T. Taalaibekova: writing and editing the text of the manuscript;

A.K. Tyulyulyueva: writing and editing the text of the manuscript.

Финансирование: Данное исследование не имело финансовой поддержки.

Financing: The study was performed without external funding.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила / Article received: 28.08.2022. Принята к публикации / Accepted for publication: 20.09.2022.

Для цитирования: Бектурганова А.О., Махмудова Ж.А., Таалайбекова М.Т., Тюлюлюева А.К. Особенности метаболизма лейкоцитов и их цитохимическая активность. *Академический журнал Западной Сибири*. 2022; 18 (2): 19-24. DOI: 10.32878/sibir.22-18-02(95)-19-24

For citation: Bekturganova A.O., Makhmudova Zh.A., Taalaibekova M.T., Tyulyulyueva A.K. Features of leukocyte metabolism and their cytochemical activity. *Academic Journal of West Siberia*. 2022; 18 (2): 19-24. DOI: 10.32878/sibir.22-18-02(95)-19-24 (In Russ)