

**МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭРИТРОЦИТОВ КОСТНОГО МОЗГА ПРИ  
ЛИМФОБЛАСТНОМ ЛЕЙКОЗЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИИ**

**Аққажиев А.Н**

**Темирова Г.А**

*Кафедра гистологии*

*Научный руководитель: к.м.н., профессор **Темирова Г.А.***

*Кафедра гистологии. Западно-Казахстанский медицинский университет  
имени Марата Оспанова 1 город Актобе, Республика Казахстан.*

*МЦ «Западно-Казахстанский медицинский университет имени Марата  
Оспанова» 2 город Актобе, Республика Казахстан.*

**Актуальность:** *Цитологическое исследование мазков костного мозга, окрашенных по Романовскому–Гимзе, остается ключевым методом оценки состояния эритроидного ростка. В качестве материала обычно используется аспират костного мозга, получаемый при стерильной пункции или пункции подвздошной кости. В условиях широкой распространенности анемий различной природы, а также роста числа миелодиспластических синдромов и онкогематологических заболеваний, морфологическая оценка клеток эритроидного ряда (проэритробластов и нормобластов различных стадий) приобретает особую значимость. Она позволяет выявлять нарушения пролиферации, дифференцировки и созревания клеток еще на ранних этапах заболевания [1].*

*Определение соотношения миелоидного и эритроидного ростков (М/Э индекс) имеет важное диагностическое и научное значение, поскольку отражает функциональное состояние костного мозга и его компенсаторные возможности (с использованием системы K Viewer). Подробный анализ морфологии эритроидных клеток в миелограмме способствует более точной интерпретации механизмов развития анемий и улучшению дифференциальной диагностики. Исследование эритроидного ростка особенно информативно при анемиях различного генеза (железодефицитных, мегалобластных, апластических), гемобластозах, миелодиспластических синдромах, а также при оценке эффективности терапии. По данным Smogorzewska E.M. и соавторов (Лос-Анджелес, Калифорния) [2], при трансплантации костного мозга используется правило коррекции при содержании  $\geq 5$  ядросодержащих эритроцитов на 100 лейкоцитов.*

**ОБСУЖДЕНИЕ**

Полученные результаты демонстрируют существенные различия между ручным и автоматизированным методами анализа мазков костного мозга.

Несмотря на потенциальные преимущества автоматизированных систем, включая высокую скорость обработки данных и снижение субъективного фактора, их эффективность во многом зависит от качества исходного материала. В данном исследовании большинство мазков (6 из 7) не могли быть проанализированы автоматически из-за технических дефектов, что указывает на высокую чувствительность алгоритмов к качеству изображений.

Ручной метод, напротив, продемонстрировал большую универсальность, позволяя проводить анализ даже в условиях неоднородной толщины мазка или частичного повреждения препарата. Это подтверждает, что на современном этапе автоматизированные системы не могут полностью заменить специалиста-морфолога, особенно при работе с нестандартными или низкокачественными образцами.

Следует отметить, что морфологическая оценка клеток эритроидного ряда требует учета множества факторов: размера клетки, соотношения ядра и цитоплазмы, степени конденсации хроматина, наличия патологических включений. Такие параметры сложно полностью формализовать для алгоритмов искусственного интеллекта без значительных обучающих выборок и стандартизации изображений.

Вместе с тем, использование технологий глубокого обучения открывает перспективы для повышения точности диагностики. Современные нейросетевые модели способны распознавать морфологические особенности клеток с высокой степенью точности при наличии достаточного количества размеченных данных. Это особенно актуально для массового скрининга и предварительного анализа, где автоматизированные системы могут служить инструментом первичной сортировки препаратов.

Цель исследования:

Оценить состояние клеток эритроидного ростка костного мозга при сравнении ручного и автоматизированного методов подсчета мазков с применением технологий искусственного интеллекта.

Практическая значимость исследования

Практическая значимость данной работы заключается в возможности оптимизации диагностического процесса в гематологии. Сочетание ручного и автоматизированного методов анализа позволяет повысить точность и скорость диагностики заболеваний системы крови.

Автоматизированные системы могут эффективно использоваться:

- для предварительного анализа мазков;
- в качестве вспомогательного инструмента для врача-гематолога;
- для стандартизации подсчёта клеток и снижения межнаблюдательной вариабельности.

Ручной метод остаётся незаменимым:

- при анализе сложных клинических случаев;
- при наличии артефактов или дефектов мазка;
- для окончательной верификации диагноза.

Таким образом, интеграция искусственного интеллекта в лабораторную практику должна рассматриваться не как замена специалиста, а как инструмент повышения эффективности его работы.

### Ограничения исследования

Несмотря на полученные результаты, исследование имеет ряд ограничений. Прежде всего, это небольшой объем выборки (7 мазков), что снижает статистическую значимость выводов. Кроме того, использование одной программной платформы (K Viewer) не позволяет в полной мере оценить возможности других современных систем автоматизированного анализа.

Также следует учитывать влияние человеческого фактора при ручном подсчете, поскольку результаты могут варьировать в зависимости от опыта и квалификации специалиста. Ещё одним ограничением является отсутствие стандартизированных условий подготовки мазков, что могло повлиять на качество автоматизированного анализа.

### Методы исследования:

Работа выполнена на базе Медицинского центра Западно-Казахстанского медицинского университета имени Марата Оспанова. В исследование включено 7 мазков костного мозга, которые были обработаны, визуализированы и проанализированы с использованием программы K Viewer. Оценка клеточного состава проводилась методом дифференциального подсчета в полях зрения микроскопа.

### Результаты:

В ходе автоматизированного анализа 6 мазков были исключены из-за технических дефектов (повреждения, чрезмерная толщина препарата). При ручном исследовании анализу подверглись все 7 образцов в условиях морфологической лаборатории с использованием иммерсионной микроскопии.

При ручной оценке изучалось не менее 10 полей зрения. В первую очередь определялась клеточность костного мозга, которая в норме коррелирует с возрастом пациента. Гиперклеточность может свидетельствовать об усилении гемопоэза, наблюдаемом при воспалительных процессах или заболеваниях крови, тогда как гипоклеточность указывает на угнетение кроветворной функции [3].

Важным показателем является лейкоэритробластическое соотношение, отражающее баланс между образованием лейкоцитов и эритроцитов. Его изменения помогают определить характер патологического процесса. Существенное значение также имеет количество бластных клеток: их

повышение может указывать на развитие острых лейкозов, таких как острый миелоидный или острый лимфобластный лейкоз [4].

В случаях затрудненной визуализации клеток возникает необходимость в ручной оценке мазков. Для автоматизации анализа применяются методы глубокого обучения, включая использование предварительно обученных моделей для извлечения признаков с последующей классификацией клеток на ограниченных выборках изображений.

Кроме эритроидного роста, в миелограмме оцениваются гранулоцитарный и мегакариоцитарный ростки. Нарушения их созревания могут свидетельствовать о различных патологических состояниях, включая миелодиспластические синдромы. Повышенное содержание плазматических клеток может быть признаком множественной миеломы [5].

Таким образом, исследование миелограммы и дифференциация клеток эритроидного ряда сохраняют высокую значимость как в фундаментальной гистологии, так и в клинической гематологии, благодаря возможности ранней диагностики и мониторинга эффективности лечения заболеваний системы кроветворения.

### Перспективы дальнейших исследований

Дальнейшие исследования в данном направлении могут быть направлены на расширение выборки и включение большего количества клинических случаев, включая различные виды анемий и гемобластозов. Перспективным является создание и использование крупных баз данных изображений мазков костного мозга для обучения нейросетевых моделей.

Особый интерес представляет разработка гибридных систем, сочетающих автоматический анализ с возможностью интерактивной коррекции результатов специалистом. Это позволит повысить точность диагностики и снизить вероятность ошибок.

Кроме того, важным направлением является стандартизация подготовки и окраски мазков, что позволит улучшить качество автоматизированного распознавания клеток. Внедрение таких технологий в клиническую практику может существенно повысить эффективность диагностики заболеваний крови и сократить время постановки диагноза.

### Выводы:

Миелограмма обеспечивает более детальную оценку состояния гемопоэза по сравнению с гемограммой, так как отражает процентное соотношение различных клеточных элементов костного мозга (гранулоцитов, эритробластов, лимфоидных клеток и др.). Сравнение полученных данных с нормативными значениями позволяет выявлять патологические изменения.

Нормальная миелограмма свидетельствует о сбалансированном кроветворении, тогда как отклонения (например, увеличение числа бластов или

нарушение соотношений клеток) могут указывать на наличие таких заболеваний, как острые лейкозы или миелодиспластические синдромы. Подобные изменения отражают нарушения процессов гемопоэза.

Комплексное использование миелограммы в сочетании с другими диагностическими методами повышает точность диагностики и позволяет более эффективно планировать лечебную тактику.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Bain B.J. Bone Marrow Pathology. — Oxford: Wiley-Blackwell, 2010. — 608 p.
2. Smogorzewska, E. M., Dukes, L., Kuo, L., & Kapoor, N. (2007). Nucleated red blood cells in normal bone marrow for transplantation. *Medycyna wieku rozwojowego*, 11(1), 7–11.
3. Ucar, M. A., Sener, M., & Dokuyucu, R. (2025). Current view on the etiopathogenesis of aplastic anemia. *The Korean journal of physiology & pharmacology : official journal of the Korean Physiological Society and the Korean Society of Pharmacology*, 29(4), 399–408. <https://doi.org/10.4196/kjpp.24.214>.
4. Kantarjian, H., & Jabbour, E. (2025). Adult Acute Lymphoblastic Leukemia: 2025 Update on Diagnosis, Therapy, and Monitoring. *American journal of hematology*, 100(7), 1205–1231. <https://doi.org/10.1002/ajh.27708>.
5. Gay, F., Marchetti, E., & Bertuglia, G. (2025). Multiple Myeloma Unpacked. *Hematological oncology*, 43 Suppl 2(Suppl 2), e70067. <https://doi.org/10.1002/hon.70067>.
6. Ari Pelcovits, Rabin Niroula “Acute Myeloid Leukemia: A Review” (2020)
7. William G. Blum, Alice S. Mims Treating acute myeloid leukemia in the modern era” (2020)
8. Sang Mee Hwang. Классификация острого миелобластного лейкоза (2020)
9. Shai Shimony, Maximilian Stahl, Richard M. Stone — обновление по диагностике и лечению AML (2025)