

ОЦЕНКА ЭКСТРАКЦИИ КИСЛОРОДА, УРОВНЯ ЛАКТАТА, ПАРЦИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ КИСЛОРОДА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ВЕНОЗНОЙ КРОВИ И ВЕНОАРТЕРИАЛЬНОЙ РАЗНИЦЫ ПО УГЛЕКИСЛОМУ ГАЗУ У ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ ПРИ ГЕМОТРАНСФУЗИИ

А.А. АРЫНОВ¹, В.В. ЧУРСИН², О.Ю. РЫБАЧЕК¹

¹АО «Казахский научно-исследовательский институт онкологии и радиологии», Алматы, Республика Казахстан;

²НАО «Казахский национальный медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова», Алматы, Республика Казахстан

АННОТАЦИЯ

Актуальность: Анемия – распространенный гематологический синдромом, особенно среди онкологических пациентов. Гемотрансфузия остается основным методом коррекции анемии, однако единственным критерием для ее назначения служит уровень гемоглобина, который не всегда отражает доставку кислорода. В связи с этим изучаются альтернативные триггеры трансфузии: экстракция кислорода (O_2ER), парциальное давление кислорода в центральной венозной крови (PvO_2), уровень лактата (Lac) и веноартериальная разница по парциальному давлению углекислого газа (ΔCO_2).

Цель исследования – оценить влияние гемотрансфузии на O_2ER , PvO_2 , Lac и ΔCO_2 у онкологических пациентов с анемией и определить возможное применение показателей в качестве физиологических триггеров трансфузии.

Методы: Проведено проспективное наблюдательное исследование, включившее 107 онкологических пациентов с анемией, требующей гемотрансфузии. Всем пациентам выполняли забор артериальной и центральной венозной крови до и через 1 час после трансфузии. Оценивались концентрация гемоглобина (Hb), PvO_2 , Lac , O_2ER и ΔCO_2 . Для статистического анализа использовались критерий Уилкоксона и коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Результаты: После гемотрансфузии наблюдалось статистически значимое улучшение ключевых параметров:

- O_2ER снизился с 35,4% (31,8; 41,9) до 29,3% (26,0; 33,4) ($p < 0,001$);
- PvO_2 увеличился с 34,8 (32,7; 38) до 36 (34; 39) мм рт. ст. ($p = 0,005$);
- ΔCO_2 снизился с 7 (5,2; 8,6) до 6,3 (4,9; 7,7) мм рт. ст. ($p = 0,004$);
- Lac изменился незначительно: 1,1 (0,9; 1,7) до 1,0 (0,6; 1,55) ммоль/л ($p = 0,005$), оставаясь в норме.

Анализ корреляций показал, что PvO_2 , ΔCO_2 и Lac имели статистически значимую связь с исходным уровнем O_2ER , однако не коррелировали с базовым уровнем гемоглобина ($p > 0,05$). Это подтверждает, что уровень Hb не отражает истинную потребность в доставке кислорода, а физиологические маркеры могут быть надежными критериями для назначения трансфузии.

Выводы: Изменения O_2ER , PvO_2 и ΔCO_2 после гемотрансфузии позволяют рассматривать их в качестве триггеров трансфузии. В отличие от уровня гемоглобина, они точнее отражают снижения в доставке кислорода. Лактат не может быть надежным триггером трансфузии в данном исследовании, так как его уровень оставался в пределах нормы. Необходимы дальнейшие исследования в данном направлении.

Ключевые слова: гемотрансфузия, анемия, экстракция кислорода.

Введение: Анемия является одним из самых частых гематологических синдромов в клинической практике. При этом анемия у онкологических пациентов встречается более чем в 40% случаев, а у пациентов получающих химиотерапию частота анемии может достигать до 90% [1]. Анемия является независимым фактором, ухудшающим клинические исходы в различных группах пациентов [1, 2]. Одним из главных методов лечения анемии является гемотрансфузия. В современной трансфузиологической практике различают рестриктивную и либеральную трансфузионные стратегии. Либеральная стратегия предполагает трансфузию эритроцитарных компонентов при более высоких уровнях гемоглобина. В свою очередь, рестриктивная стратегия основана на принципе минимизации переливаний и предполагает назначение гемотрансфузии только при

достижении более низких уровней гемоглобина, что направлено на снижение риска возможных осложнений [3], таких как перегрузка объемом, трансфузионные реакции и иммуномодулирующий эффект гемотрансфузий. Рестриктивная стратегия заложена в основу многих современных рекомендаций по трансфузии эритроцитосодержащих компонентов крови, включая действующий приказ Министерства здравоохранения Республики Казахстан [4-8]. Ключевым критерием для принятия решения о гемотрансфузии остаётся уровень гемоглобина. При этом уровень гемоглобина не может отражать уровень доставки кислорода, а увеличение последнего является главной целью гемотрансфузионной терапии. Именно поэтому ряд исследований показывает преимущества либеральной трансфузионной стратегии и улучшение клинических исходов у пациентов с более вы-

соким уровнем гемоглобина [9-11]. В первую очередь, это показано у пациентов, имеющих ограниченные резервы для физиологической компенсации сниженной доставки кислорода – пациенты с патологией сердечно-сосудистой системы, пожилые пациенты. Аналогичная ситуация показана в исследовании P. de Almeida и соавторов: либеральная стратегия улучшала клинические исходы у онкологических пациентов после больших оперативных вмешательств [12]. Эти данные также демонстрируют несовершенство гемоглобина как единственного триггера гемотрансфузии. В связи с этим в последние годы активно изучаются альтернативные физиологические триггеры для переливания крови, которые позволяют более точно оценивать потребность пациента в трансфузии. К ним относятся коэффициент экстракции кислорода (O_2ER), веноартериальная разница по парциальному давлению углекислого газа (ΔCO_2), сатурация центральной венозной крови ($ScvO_2$), лактат (Lac), парциальное давление кислорода в центральной венозной крови (PvO_2) и другие маркеры доставки кислорода и тканевой гипоксии. В данном исследовании было изучено влияние гемотрансфузии на O_2ER , ΔCO_2 , Lac, PvO_2 у онкологических пациентов с анемией.

Цель исследования – оценить влияние гемотрансфузии на показатели O_2ER , PvO_2 , Lac и ΔCO_2 у онкологических пациентов с анемией и определить возможное применение данных показателей в качестве физиологических триггеров трансфузии.

Материалы и методы: Проведено проспективное обсервационное исследование, включающее 107 онкологических пациентов. Основными критериями включения были:

- анемия, требующая гемотрансфузии;
 - наличие центрального венозного катетера.
- Критериями исключения служили:
- респираторная поддержка (инвазивная/неинвазивная вентиляция легких, высокопоточная оксигенотерапия);
 - вазопрессорная и/или инотропная поддержка;
 - шок любой этиологии;
 - детский возраст;
 - беременность.

В исследование включены пациенты старше 18 лет, из которых 66 (61,7%) были женщины, 41 (38,3%) – мужчины. Медианный возраст пациентов составил 57 (46–65) лет.

Все пациенты получили трансфузию эритроцитарной массы (ЭМ), триггером которого был уровень гемоглобина. До и через 1 час после гемотрансфузии измерялись уровни гемоглобина (Hb), PvO_2 , Lac.

O_2ER рассчитывали как $[(CaO_2 - CcvO_2)/CaO_2 * 100\%]$. (1)

ΔCO_2 рассчитывали как $PvCO_2 - PaCO_2$. (2)

Забор центральной венозной крови проводился из центрального венозного катетера, находившегося в бассейне верхней полой вены (подключичная или внутренняя яремная вена), забор артериальной крови проводился из лучевой артерии.

Статистический анализ и визуализация полученных данных проводились с использованием среды для

статистических вычислений R 4.3.1 (R Foundation for Statistical Computing, Вена, Австрия).

Описательные статистики для категориальных переменных представлены в виде абсолютной и относительной частот (n (%)), для количественных переменных – в виде медианы (1-3й квартиль). Для сравнения количественных показателей до и после проведения вмешательства использовался тест Уилкоксона. Для оценки направления и силы ассоциации между количественными переменными использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена (ρ) с соответствующим 95% доверительным интервалом (95% ДИ). Ассоциацию считали статистически значимой при $p < 0,05$.

Результаты: Медианная концентрация гемоглобина до проведения трансфузии составила 73 (64,5; 78) г/л, после проведения трансфузии медиана гемоглобина увеличилась и составила 85 (76,5; 93,7) г/л. Медианное увеличение гемоглобина после трансфузии составило 13 (8,5; 21) г/л и было статистически значимым ($p < 0,001$).

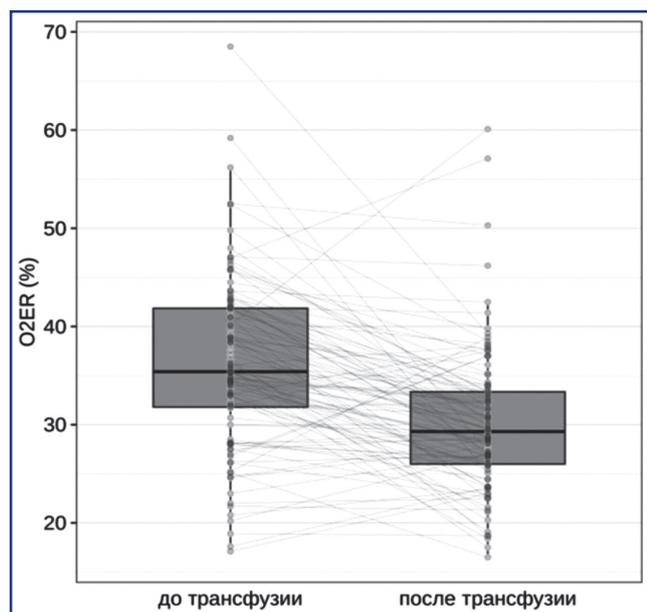
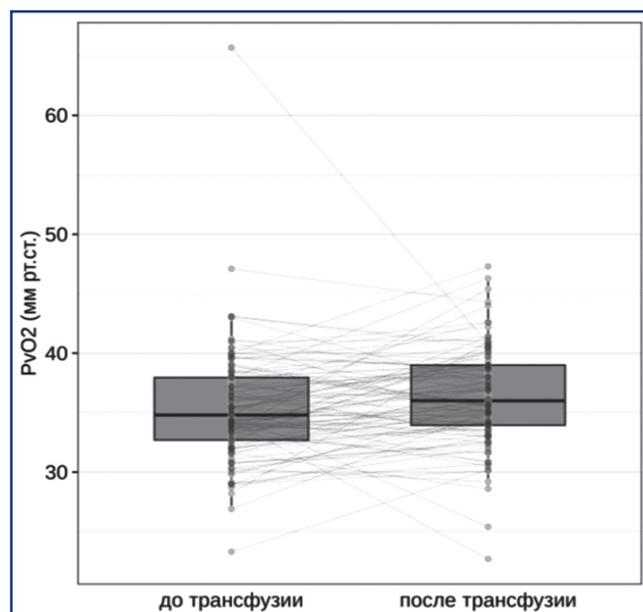
Основной диагноз у всех пациентов, включённых в исследование ($n=107$), составляли злокачественные новообразования. Наиболее часто встречались опухоли желудочно-кишечного тракта – у 30 пациентов (28,0%) и злокачественные новообразования костей и мягких тканей – также у 30 пациентов (28,0%). Опухоли женской репродуктивной системы были выявлены у 22 пациентов (20,6%), опухоли органов грудной клетки – у 8 пациентов (7,5%), новообразования головы и шеи – у 4 пациентов (3,7%). Злокачественные опухоли мочевыделительной системы и мужских половых органов диагностированы у 8 пациентов (7,5%). Первично-множественный рак был выявлен у 3 пациентов (2,8%), а другие злокачественные опухоли – у 2 пациентов (1,9%). Краткая клиническая и демографическая характеристика включенных пациентов представлена в таблице 1.

Экстракция кислорода: Уровень O_2ER до гемотрансфузии был выше нормативных значений и составил 35,4% (31,8; 41,9), после гемотрансфузии медианный уровень экстракции кислорода составил – 29,3% (26%; 33,4%). При этом наблюдалась статистически значимая нормализация уровня O_2ER после трансфузии эритроцитосодержащих сред – медианное снижение O_2ER после трансфузии составило – 5,8% (-10,7%; -1%) ($p < 0,001$). Медианное значение O_2ER до гемотрансфузии было выше нормативных значений, а сама трансфузия привела к нормализации данного показателя. Влияние гемотрансфузии и динамика изменения показателя O_2ER в ответ на трансфузию представлена на рисунке 1.

Парциальное давление кислорода в центральной венозной крови: Медианный уровень PvO_2 до проведения гемотрансфузии составил 34,8 (32,7; 38) мм рт. ст., после гемотрансфузии отмечилось статистически значимое увеличение парциального давления кислорода в центральной венозной крови, которое составило 36 (34-39) мм рт. ст., медианное изменение PvO_2 после трансфузии составило 1,2 (-1,35; 3) мм рт. ст. ($p=0,005$). Влияние гемотрансфузии и динамика изменения показателя PvO_2 в ответ на трансфузию представлена на рисунке 2.

Таблица 1 – Клиническая и демографическая характеристика включенных пациентов

| Показатель | Значение |
|---|-----------------|
| Возраст (лет), медиана (мин; макс) | 57 (46; 65) |
| Пол, n 107 (100%) | |
| Женский | 66 (61,7%) |
| Мужской | 41 (38,3%) |
| Индекс массы тела (кг/м ²), медиана (мин; макс) | 23,9 (21; 26,7) |
| Вид анемии, n 107 (100%) | |
| Острая | 71 (66,4%) |
| Хроническая | 36 (33,6%) |
| Локализация опухоли, n 107 (100%) | |
| Кости и мягкие ткани | 30 (28,0%) |
| ЖКТ | 30 (28,0%) |
| Женские половые органы | 22 (20,6%) |
| Мочевыделительная система и мужские половые органы | 8 (7,5%) |
| Органы грудной клетки | 8 (7,5%) |
| Голова и шея | 4 (3,7%) |
| Первично-множественный рак | 3 (2,8%) |
| Другие опухоли | 2 (1,9%) |
| Сопутствующие заболевания, n 107 (100%) | |
| Артериальная гипертензия | 34 (31,8%) |
| Ишемическая болезнь сердца | 14 (13,1%) |
| Ожирение | 13 (12,2%) |
| Сахарный диабет 2 типа | 10 (9,3%) |
| Цереброваскулярные заболевания | 3 (2,8%) |
| Другое | 85 (79,4%) |
| Шкала оценки тяжести состояния Apache II, медиана (мин; макс) | 12 (11; 14) |
| Объем трансфузии, медиана (мин; макс) | 340 (310; 410) |

Рисунок 1 – Уровень O₂ER до и после гемотрансфузииРисунок 2 – Уровень PvO₂ (мм рт. ст.) до и после гемотрансфузии

Лактат: Медианная концентрация лактата до проведения гемотрансфузии составила 1,1 (0,9; 1,7) ммоль/л, после гемотрансфузии – 1 (0,6; 1,55) ммоль/л, медианное изменение уровня лактата в ответ на гемотрансфузию составило -0,1 (-0,45; 0,1) ммоль/л. Несмотря на тот факт, что медианная концентрация лактата была в пределах нормативных значений как до, так и после гемотрансфузии, изменение уровня лактата в ответ на гемотрансфузию было статистически значимым ($p=0,005$). Уровни лактата до и после гемотрансфузии представлены на рисунке 3.

Веноартериальная разница по уровню углекислого газа (ΔCO_2): Медианный уровень ΔCO_2 до трансфузии был выше нормативных значений и составил 7 (5,2; 8,6) мм рт. ст. После проведения гемотрансфузии уровень ΔCO_2 статистически значимо изменился в сторону нормализации, медианное снижение ΔCO_2 составило -0,9 (-2,4; 0,8) мм рт. ст., медиана ΔCO_2 после трансфузии составила 6,3 (4,9; 7,7) мм рт. ст. ($p=0,004$) (рисунок 4). Уровень ΔCO_2 до и после проведения гемотрансфузии представлен на рисунке 4.

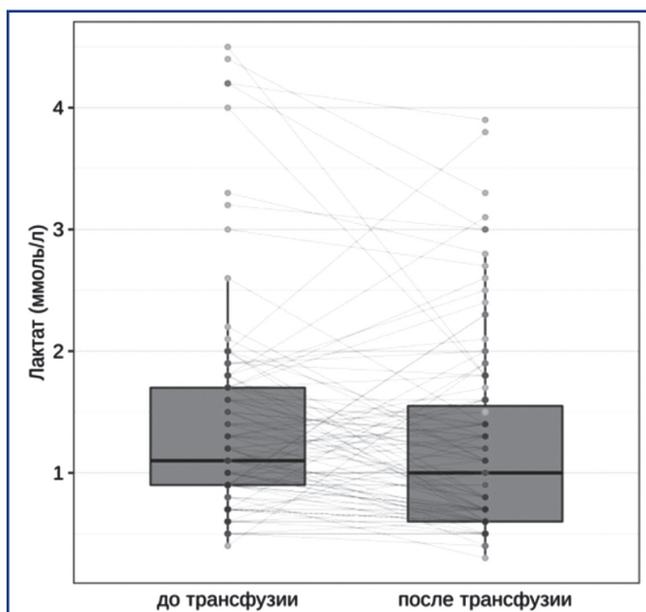


Рисунок 3 – Уровень лактата до и после гемотрансфузии

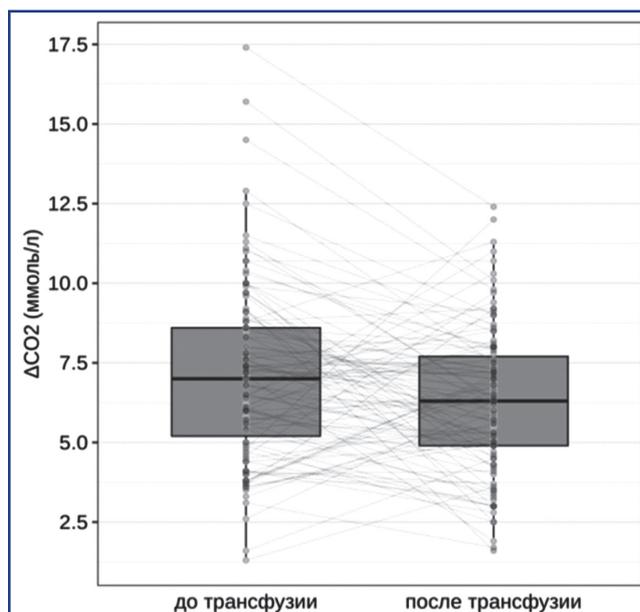


Рисунок 4 – Уровень ΔCO₂ до и после гемотрансфузии

Далее был проведен анализ корреляции изменений изученных показателей с исходным уровнем экстракции кислорода как основным показателем доставки и потребления кислорода, а также с исходным уровнем гемоглобина как основным триггером гемотрансфузии.

При проведении корреляционного анализа статистически значимая корреляция между исходным уровнем экстракции кислорода и изменениями показателей в ответ на гемотрансфузию выявлена у PvO₂ (ρ=0,39 (95% ДИ: 0,22; 0,54), p<0,001), лактата (ρ= -0,21 (95% ДИ:

-0,39; -0,02), p=0,028) и ΔCO₂ (ρ= -0,31 (95% ДИ: -0,47; -0,12), p=0,001) (рисунки 5-7).

При этом статистически значимой корреляции между исходным уровнем гемоглобина и изменениями в ответ на гемотрансфузию у PvO₂ (ρ= -0,1 (95% ДИ: -0,28; 0,1), p=0,326) и ΔCO₂ (ρ=0,13 (95% ДИ: -0,07; 0,31), p=0,199) выявлено не было (рисунки 8, 9). Уровень лактата статистически значимо положительно коррелировал с исходной концентрацией гемоглобина (ρ=0,35 (95% ДИ: 0,17; 0,51), p<0,001) (рисунок 10).

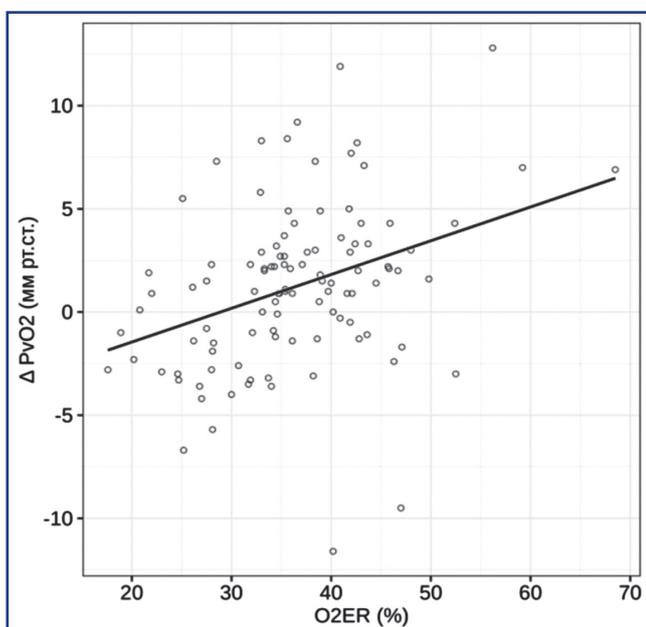


Рисунок 5 – Статистически значимая корреляция между изменениями PvO₂ в ответ на гемотрансфузию и исходным уровнем O₂ER

Далее был проведен анализ корреляции между уровнем снижения O₂ER в ответ на трансфузию эритроцитарных компонентов и исходным уровнем O₂ER, между изменениями O₂ER и концентрацией гемогло-

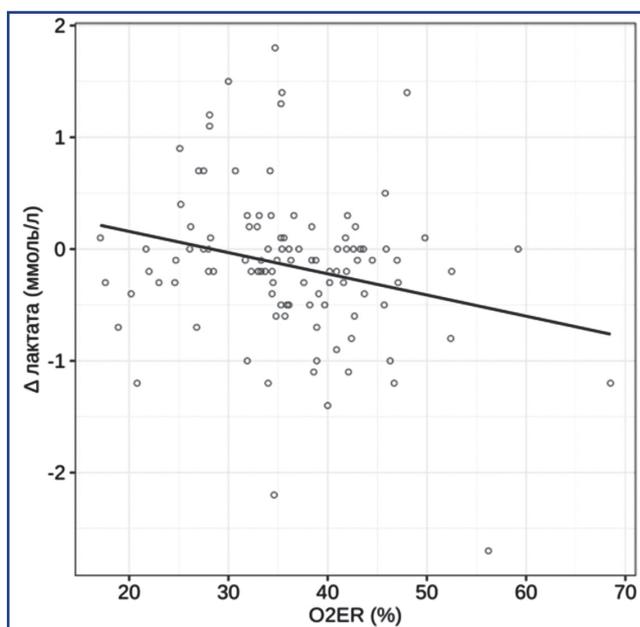


Рисунок 6 – Статистически значимая корреляция между изменениями лактата в ответ на гемотрансфузию и исходным уровнем O₂ER

бина до гемотрансфузии. Уровень снижения (нормализации) O₂ER статистически значимо коррелировал с уровнем O₂ER до вмешательства (ρ= -0,63 (95% ДИ: -0,73; -0,5), p<0,001): чем выше был дотрансфузионный

уровень O_2ER , тем значимее был уровень нормализации в ответ на трансфузию донорских эритроцитов. В тоже время, статистически значимой ассоциации из-

менений O_2ER с базовой концентрацией гемоглобина до операции выявлено не было ($p=0,16$ (95% ДИ: $-0,03$; $0,34$), $p=0,105$) (рисунок 11).

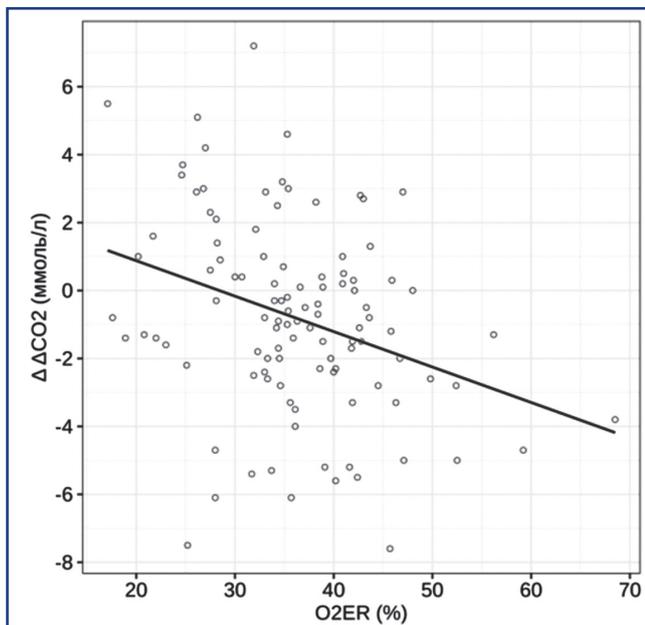


Рисунок 7 – Статистически значимая корреляция между изменениями ΔCO_2 в ответ на гемотрансфузию и исходным уровнем O_2ER

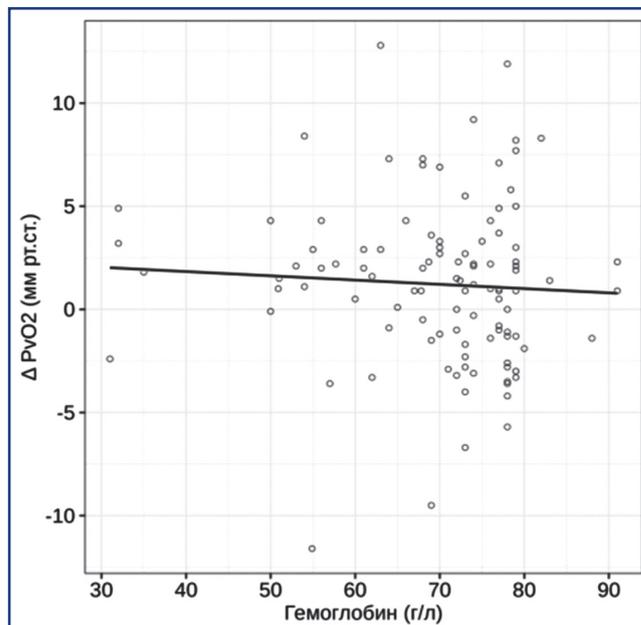


Рисунок 8 – Отсутствие корреляции между изменениями PvO_2 в ответ на гемотрансфузию и исходным уровнем гемоглобина

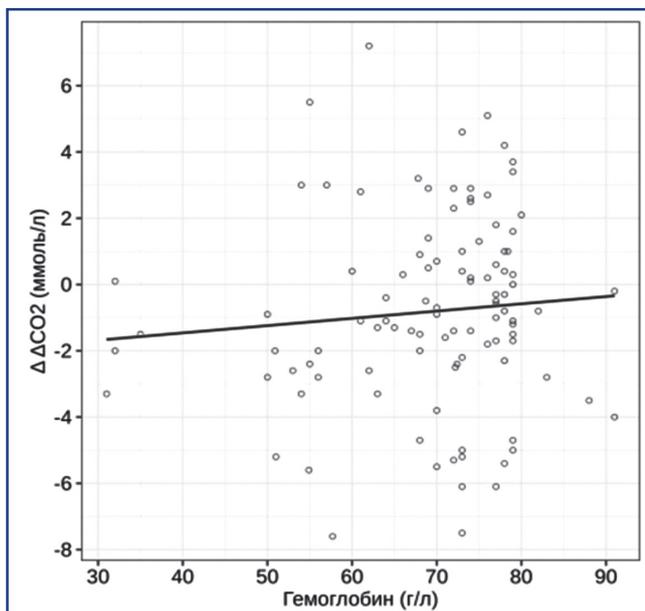


Рисунок 9 – Отсутствие корреляции между изменениями ΔCO_2 в ответ на гемотрансфузию и исходным уровнем гемоглобина

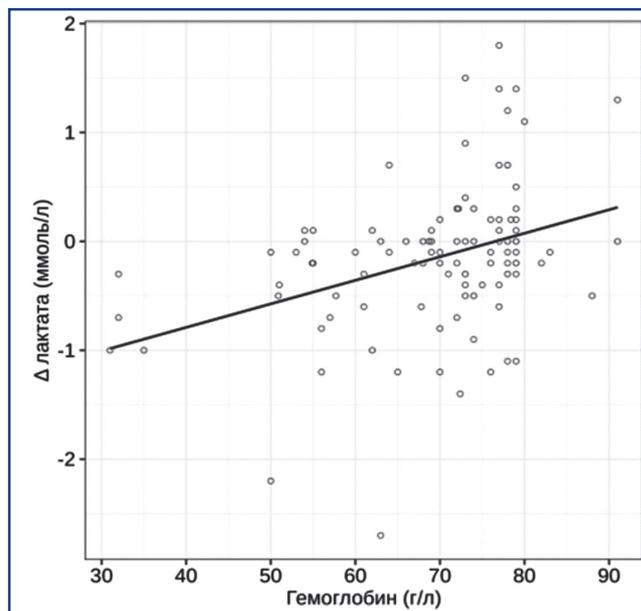


Рисунок 10 – Статистически значимая корреляция между изменениями уровня лактата в ответ на гемотрансфузию и исходным уровнем гемоглобина

Обсуждение: Анемия является мультидисциплинарной проблемой и широко распространена в клинической практике. Как анемия, так и гемотрансфузия ассоциирована с ухудшением клинических исходов в различных группах пациентов [2,3,13-16]. При этом уровень гемоглобина не отражает истинные потребности в доставке кислорода у пациентов с анемией. Это особенно критично у пациентов с сопутствующей кардиоваскулярной патологией, пациентов

старшей возрастной группы, с острой церебральной недостаточностью. В нашем исследовании было продемонстрировано, что показатели доставки кислорода, такие как PvO_2 и O_2ER , а также показатель тканевой перфузии ΔCO_2 достоверно изменяются в сторону нормализации после проведения гемотрансфузии. Более того, чем хуже были исходные значения этих параметров, тем более выраженной оказывалась их нормализация.

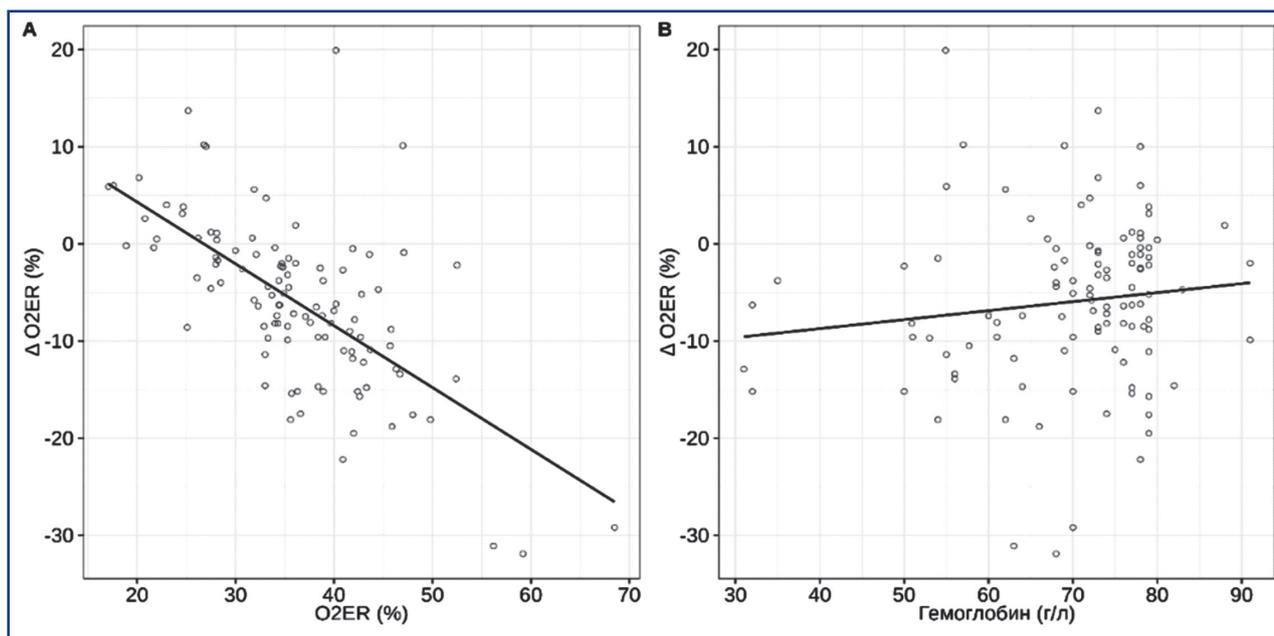


Рисунок 11 – Выраженная корреляция между изменением O₂ER при гемотрансфузии и исходным уровнем O₂ER, отсутствие корреляции между изменением O₂ER и исходным уровнем гемоглобина

Корреляционный анализ показал, что все изученные показатели, за исключением лактата, не имели значимой связи с исходным уровнем гемоглобина. Это свидетельствует о том, что цифровой показатель гемоглобина не отражает уровень доставки кислорода и, соответственно, не может служить надежным критерием для определения потребности в гемотрансфузии. Уровень лактата продемонстрировал корреляцию с базовым значением гемоглобина, однако его концентрация оставалась в пределах нормы как до, так и после гемотрансфузии. Вероятной причиной этого является тот факт, что уровень лактата реагирует на снижение доставки кислорода только при достижении критического порога, когда компенсаторные механизмы, такие как увеличение сердечного выброса и экстракция кислорода тканями, становятся недостаточными [17]. Таким образом, в данной клинической ситуации лактат не может рассматриваться в качестве триггера для проведения гемотрансфузии. В то же время изменения O₂ER, PvO₂ и ΔCO₂ свидетельствуют о том, что данные показатели могут быть использованы при принятии решения о проведении гемотрансфузии.

Полученные результаты частично согласуются с ранее опубликованными исследованиями. Так, B. Vallet в своих работах показал значимость использования сатурации гемоглобина центральной венозной крови в качестве триггера для гемотрансфузии [18, 19]. Другое исследование, выполненное Fogagnolo и соавт., продемонстрировало, что использование артериовенозной разницы по содержанию кислорода в качестве критерия для назначения гемотрансфузии приводит к снижению 90-дневной летальности у пациентов в критических состояниях [20].

Наше исследование имеет ряд ограничений. Во-первых, оно не является рандомизированным, и гемотрансфузия проводилась всем пациентам, что исключает возможность сравнения с контрольной группой. Во-вторых, из анализа были исключены пациенты

в критических состояниях, у которых изменения доставки и потребления кислорода могут быть наиболее выраженными.

Закключение: Изменения O₂ER, PvO₂ и ΔCO₂ позволяют рассматривать данные показатели в качестве критериев для принятия решения о проведении гемотрансфузии. В настоящее время растет интерес к физиологическим и альтернативным триггерам трансфузии, что связано с развитием персонализированного подхода в трансфузиологической практике и стремлением к оптимизации тактики гемотрансфузии у различных категорий пациентов. Необходимы дальнейшие исследования в данном направлении, в первую очередь для определения пороговых значений физиологических триггеров при назначении гемотрансфузии.

Список использованных источников:

1. Busti F., Marchi G., Ugolini S., Castagna A., Girelli, D. Anemia and Iron Deficiency in Cancer Patients: Role of Iron Replacement Therapy // *Pharmaceuticals*. – 2018. – Vol. 11. – Art. No. 94. <https://doi.org/10.3390/ph11040094>
2. Docherty A.B., Walsh T.S. Anemia and blood transfusion in the critically ill patient with cardiovascular disease // *Crit Care*. – 2017. – Vol. 21. – Art. No. 61. <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1638-9>
3. Арынов А.А., Чурсин В.В. Гемотрансфузионная терапия у онкологических больных: современные аспекты // *Онкология и радиология Казахстана*. – 2020. – №4(58). – с. 53-55 [Arynov A.A., Chursin V.V. Gemotransfuzionnaya terapiya u onkologicheskix bol'nyx: sovremennye aspekty // *Onkologiya i radiologiya Kazaxstana*. – 2020. – №4(58). – s. 53-55 (in Russ.)]. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45279274>
4. Carson J.L., Stanworth S.J., Guyatt G., Valentine St., Dennis J., Bakhtary S., Cohn C.S., Dubon A., Grossman B.J., Gupta G.K., Hess A.S., Jacobson J.L., Kaplan L.J., Lin Y., Metcalf R.A., Murphy C.H., Pavenski K., Prochaska M.T., Raval J.S., Salazar E., Saifee N.H., Tobian A.A.R., So-Osman C., Waters J., Wood E.M., Zantek N.D., Pagano M.B. Red Blood Cell Transfusion: 2023 AABB International Guidelines // *JAMA*. – 2023. – Vol. 330(19). – P. 1892-1902. <http://dx.doi.org/10.1001/jama.2023.12914>
5. Vlaar A.P., Oczkowski S., de Bruin S., Wijnberge M., Antonelli M., Aubron C., Aries P., Duranteau J., Juffermans N.P., Meier J., Murphy G.J., Abbasciano R., Muller M., Shah A., Perner A., Rygaard S., Walsh T.S., Guyatt G., Dionne J. C., Cecconi M. Transfusion strategies in non-bleeding critically ill adults: a clinical practice guideline

from the European Society of Intensive Care Medicine // *Intensive Care Med.* – 2020. – Vol. 46. – P. 673-696. <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-019-05884-8>

6. Kietaiabl S., Ahmed A., Afshari A., Albaladejo P., Aldecoa C., Barauskas G., De Robertis E., Faraoni D., Filipescu D.C., Fries D., Godier A., Haas T., Jacob M., Lancé, M.D., Llaur, J.V., Meier J., Molnar Z., Mora L., Rahe-Meyer N., Samama C.M., Scarlatescu, E., Schlimp C., Wikkelsø A.J., Zacharowski K. Management of severe peri-operative bleeding: Guidelines from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care: Second update 2022 // *Eur J Anaesthesiol.* – 2023. – Vol. 40(4). – P. 226-304. <http://dx.doi.org/10.1097/EJA.0000000000001803>

7. Mueller M.M., Van Remoortel H., Meybohm P., Aranko K., Aubron C., Burger R., Carson J.L., Cichutek K., De Buck E., Devine D., Fergusson D., Folléa G., French C., Frey K.P., Gammon R., Levy J.H., Murphy M.F., Ozier Y., Pavenski K., So-Osman C., Tiberghien P., Volmink J., Waters J.H., Wood E.M., Seifried E. Patient Blood Management: Recommendations From the 2018 Frankfurt Consensus Conference // *JAMA.* – 2019. – Vol. 321(10). – P. 983-997. <http://dx.doi.org/10.1001/jama.2019.0554>

8. Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан. Об утверждении номенклатуры, правил заготовки, переработки, контроля качества, хранения, реализации крови, ее компонентов, а также правил переливания крови, ее компонентов. утв. 20 октября 2020 года № ҚР ДСМ - 140/2020 [Prikaz Ministra zdorvoohraneniya Respubliki Kazakhstan. Ob utverzhenii nomenklatury, pravil zagotovki, pererabotki, kontrolya kachestva, xraneniya, realizacii krovi, ee komponentov, a takzhe pravil perelivaniya krovi, ee komponentov. utv 20 oktyabrya 2020 goda, № ҚР ДСМ - 140/2020]; <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2000021478>

9. Taccone F.S., Bittencourt Rynkowski C., Møller K., Lormans P., Quintana-Díaz M., Caricato A., Cardoso Ferreira M.A., Badenes R., Kurtz P., Baastrup Søndergaard C., Colpaert K., Petterson L., Quintard H., Cinotti R., Gouvêa Bogossian E., Righy C., Silva S., Roman-Pognuz E., Vandewaeter C., Lemke D., Huet O., Mahmoodpoor A., Blandino Ortiz A., van der Jagt M., Chabanne R., Videtta W., Bouzat P., Vincent J.L. Restrictive vs Liberal Transfusion Strategy in Patients With Acute Brain Injury: The TRAIN Randomized Clinical Trial // *JAMA.* – 2024. – Vol. 332(19). – P. 1623-1633. <http://dx.doi.org/10.1001/jama.2024.20424>

10. Carson J.L., Mori Brooks M., Hébert P.C., Goodman S.G., Bertolet M., Glynn S.A., Chaitman B.R. M.D., Simon T., Lopes R. D., Goldsweig A.M., DeFilippis A.P., Abbott J.D., Potter B.J., Carrier F.M., Rao S.V., Cooper H.A., Ghafghazi S., Fergusson D.A., Kostis W.J., Noveck H., Kim S., Tessalee M., Ducrocq G., Melo de Barros e Silva P.G., Triulzi D.J., Alswelcer C., Menegus M.A., Neary J.D., Uhl L., Strom J.B., Fordyce C.B., Ferrari E., Silvain J., Wood F.O., Daneault B., Polonsky T.S., Senaratne M., Puymirat E., Bouleti C., Lattuca B., White H.D., Kelsey S.F., Steg P.G., Alexander J.H. Restrictive or Liberal

Transfusion Strategy in Myocardial Infarction and Anemia // *N Engl J Med.* – 2023. – Vol. 389(26). – P. 2446-2456. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa2307983>

11. Simon G.I., Craswell A., Thom O., Fung Y.L. Outcomes of restrictive versus liberal transfusion strategies in older adults from nine randomised controlled trials: a systematic review and meta-analysis // *Lancet Haematol.* – 2017. – Vol. 4(10). – P. e465-e474. [http://dx.doi.org/10.1016/S2352-3026\(17\)30141-2](http://dx.doi.org/10.1016/S2352-3026(17)30141-2)

12. de Almeida J.P., Vincent J.L., Galas F.R., de Almeida E.P., Fukushima J.T., Osawa E.A., Bergamin F., Park C.L., Nakamura R.E., Fonseca S.M., Cutait G., Alves J.I., Bazan M., Vieira S., Sandrini A.C., Palomba H., Ribeiro U.Jr, Crippa A., Dalloglio M., Diz Mdél P., Kalil Filho R., Auler J.O. Jr, Rhodes A., Hajjar L.A. Transfusion requirements in surgical oncology patients: a prospective, randomized controlled trial // *Anesthesiology.* – 2015. – Vol. 122(1). – P. 29-38. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000000511>

13. Pan J., Liu M., Huang J., Chen L., Xu Y. Impact of anemia on clinical outcomes in patients with acute heart failure: A systematic review and meta-analysis // *Clin Cardiol.* – 2024. – Vol. 47(2). – Art. No. e24228. <http://dx.doi.org/10.1002/clc.24228>

14. Rawal G., Kumar R., Yadav S., Singh A. Anemia in Intensive Care: A Review of Current Concepts // *J Crit Care Med (Targu Mures).* – 2016. – Vol. 2(3). – P. 109-114. <http://dx.doi.org/10.1515/jccm-2016-0017>

15. Blet A., McNeil J.B., Josse J., Cholley B., Cinotti R., Cotter G., Dauvergne A., Davison B., Duarte K., Duranteau J., Fournier M.C., Gayat E., Jaber S., Lasocki S., Merklings T., Peoc'h K., Mayer I., Sadoune M., Laterre P.F., Sonneviller R., Ware L., Mebazaa A., Kimmoun A. Association between in-ICU red blood cells transfusion and 1-year mortality in ICU survivors // *Crit Care.* – 2022. – Vol. 26(1). – P. 307. <http://dx.doi.org/10.1186/s13054-022-04171-1>

16. Willie-Permor D., Real M., Zarrintan S., Gaffey A.C., Malas M.B. Perioperative Blood Transfusion Is Associated with Worse 30-Day Mortality and Complications After Thoracic Endovascular Aortic Repair // *Annals of Vascular Surgery.* – 2024. – Vol. 101. – P. 15-22, ISSN 0890-5096. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2023.10.030>

17. Russell A., Rivers E.P., Giri P.C., Jaehne A.K., Nguyen H.B. A Physiologic Approach to Hemodynamic Monitoring and Optimizing Oxygen Delivery in Shock Resuscitation // *J Clin Med.* – 2020. – Vol. 9(7). – P. 2052. <http://dx.doi.org/10.3390/jcm9072052>

18. Vallet B., Robin E., Lebuffe G. Venous oxygen saturation as a physiologic transfusion trigger // *Crit Care.* – 2010. – Vol. 14(2). – Art. No. 213. <http://dx.doi.org/10.1186/cc8854>

19. Vallet B., Adamczyk S., Barreau O., Lebuffe G. Physiologic transfusion triggers // *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* – 2007. – Vol. 21(2). – P. 173-181. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpa.2007.02.003>

20. Fogagnolo A., Taccone F.S., Vincent J.L., Benetto G., Cavalcante E., Marangoni E., Ragazzi R., Creteur J., Volta C.A., Spadaro S. Correction: Using arterial-venous oxygen difference to guide red blood cell transfusion strategy // *Crit Care.* – 2022. – Vol. 26(1) Art. No. 254. <http://dx.doi.org/10.1186/s13054-022-04117-7>

АНДАТПА

ОТТЕГІНІ ЭКСТРАКЦИЯЛАУ, ЛАКТАТ ДЕҢГЕЙІН, ОРТАЛЫҚ ВЕНОЗДЫҚ ҚАНДАҒЫ ОТТЕГІНІҢ ПАРЦИАЛДЫҚ ҚЫСЫМЫН ЖӘНЕ ВЕНОЗДЫ-АРТЕРИЯЛЫҚ КӨМІРҚЫШҚЫЛ ГАЗЫ АЙЫРМАШЫЛЫҒЫН ОНКОЛОГИЯЛЫҚ ПАЦИЕНТТЕРДЕ ГЕМОТРАНСФУЗИЯ КЕЗІНДЕ БАҒАЛАУ

А.А. Арынов¹, В.В. Чурсин², О.Ю. Рыбачек¹

¹«Қазақ онкология және радиология ғылыми-зерттеу институты» АҚ, Алматы, Қазақстан Республикасы;

²«С.Ж. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университетінің» КЕАК, Алматы, Қазақстан Республикасы

Өзектілігі: Анемия – клиникалық практикада жиі кездесетін гематологиялық синдром, әсіресе онкологиялық пациенттер арасында оның жиілігі 40%-дан 90%-ға дейін жетеді. Анемияны түзетудің негізгі әдісі қан құю (гемотрансфузия) болып табылады, алайда гемоглобин (Hb) деңгейі трансфузияны тағайындаудың жалғыз критерийі болып қала береді, бірақ ол әрдайым тіндердің оттегіге қажеттілігін дәл көрсете алмайды. Осыған байланысты соңғы жылдары О₂ER (оттегі экстракция коэффициенті), PvO₂ (орталық веноздық қанның оттегі парциалдық қысымы), Лас (лактат) және ΔCO₂ (венозды-артериялық көмірқышқыл газы айырмашылығы) сияқты физиологиялық трансфузиялық триггерлер белсенді зерттелуде.

Зерттеудің мақсаты: Анемиясы бар онкологиялық пациенттерде гемотрансфузияның О₂ER, PvO₂, Лас және ΔCO₂ көрсеткіштеріне әсерін бағалау және оларды физиологиялық трансфузиялық триггерлер ретінде қолдану мүмкіндігін анықтау.

Әдістер: 107 онкологиялық пациент қатысқан проспективті обсервациялық зерттеу жүргізілді. Гемотрансфузия алдында және одан 1 сағат өткен соң пациенттерден артериялық және орталық веноздық қан алынды, Hb, PvO₂, Лас, О₂ER және ΔCO₂ деңгейлері өлшенді. Статистикалық талдау Уилкоксон тесті және Спирмен рангілік корреляция коэффициенті көмегімен жүргізілді.

Нәтижелері: Гемотрансфузиядан кейін негізгі көрсеткіштерде статистикалық тұрғыдан маңызды жақсару байқалды:

- O_2ER 35,4% (31,8; 41,9)-дан 29,3% (26,0; 33,4) дейін төмендеді ($p < 0,001$);
- PvO_2 34,8 (32,7; 38)-ден 36 (34; 39) мм.сын.баг дейін артты ($p = 0,005$);
- ΔCO_2 7 (5,2; 8,6)-дан 6,3 (4,9; 7,7) мм.сын.баг дейін төмендеді ($p = 0,004$);
- Lac 1,1 (0,9; 1,7)-ден 1,0 (0,6; 1,55) ммоль/л дейін өзгерді ($p = 0,005$), бірақ қалыпты шектерде қалды.

Корреляциялық талдау нәтижесінде PvO_2 , ΔCO_2 және Lac көрсеткіштері бастапқы O_2ER деңгейімен айтарлықтай байланысы анықталды, бірақ гемоглобиннің бастапқы деңгейімен корреляция байқалған жоқ ($p > 0,05$). Бұл Hb деңгейі оттегіні жеткізу қажеттілігін дәл көрсетпейтінін, ал физиологиялық маркерлер трансфузияны тағайындаудың сенімдірек критерийлері болуы мүмкін екенін дәлелдейді.

Қорытынды: Гемотрансфузиядан кейінгі O_2ER , PvO_2 және ΔCO_2 өзгерістері олардың физиологиялық трансфузиялық триггерлер ретінде қолданылу мүмкіндігін көрсетеді. Hb деңгейінен айырмашылығы, бұл параметрлер оттегімен қамтамасыз ету өзгерістерін дәлірек сипаттайды. Лактат Hb деңгейімен корреляцияланғанымен, оның деңгейі қалыпты диапазонда болғандықтан, оны сенімді трансфузиялық триггер ретінде қарастыру мүмкін емес. Болашақ зерттеулер физиологиялық трансфузиялық триггерлердің шекті мәндерін анықтау және олардың клиникалық нәтижелерге әсерін бағалау үшін қажет.

Түйінді сөздер: гемотрансфузия, анемия, оттегіні экстракциялау.

ABSTRACT

ASSESSMENT OF OXYGEN EXTRACTION, LACTATE LEVELS, CENTRAL VENOUS OXYGEN PARTIAL PRESSURE, AND VENOUS-ARTERIAL CARBON DIOXIDE DIFFERENCE IN ONCOLOGICAL PATIENTS DURING BLOOD TRANSFUSION

A.A. Arynov¹, V.V. Chursin², O.Y. Rybachek¹

¹Kazakh Research Institute of Oncology and Radiology, Almaty, the Republic of Kazakhstan;

²S.D. Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, the Republic of Kazakhstan

Relevance: Anemia is a common hematologic syndrome, particularly among oncological patients, where its prevalence ranges from 40% to 90%, depending on treatment. Blood transfusion remains the primary method of anemia correction; however, hemoglobin (Hb) level remains the sole criterion for transfusion decisions despite not always accurately reflecting tissue oxygen demand. Consequently, alternative physiological transfusion triggers are being actively studied, including oxygen extraction ratio (O_2ER), central venous oxygen partial pressure (PvO_2), lactate (Lac), and venous-to-arterial carbon dioxide difference (ΔCO_2).

The study aimed to assess the effect of blood transfusion on O_2ER , PvO_2 , Lac, and ΔCO_2 in oncological patients with anemia and determine their potential as physiological transfusion triggers.

Methods: A prospective observational study included 107 oncological patients with anemia requiring blood transfusion. Arterial and central venous blood samples were collected before and 1 hour after transfusion to assess Hb, PvO_2 , Lac, O_2ER , and ΔCO_2 . Statistical analysis was performed using the Wilcoxon test and Spearman's rank correlation coefficient.

Results: After blood transfusion, a statistically significant improvement in key parameters was observed:

- O_2ER decreased from 35.4% (31.8; 41.9) to 29.3% (26.0; 33.4) ($p < 0.001$);
- PvO_2 increased from 34.8 (32.7; 38) to 36 (34; 39) mmHg ($p = 0.005$);
- ΔCO_2 decreased from 7 (5.2; 8.6) to 6.3 (4.9; 7.7) mmHg ($p = 0.004$);
- Lac changed slightly from 1.1 (0.9; 1.7) to 1.0 (0.6; 1.55) mmol/L ($p = 0.005$), remaining within the normal range.

Correlation analysis revealed that PvO_2 , ΔCO_2 , and Lac were significantly associated with baseline O_2ER levels but did not correlate with baseline Hb levels ($p > 0.05$). This confirms that the Hb level does not accurately reflect oxygen delivery needs, whereas alternative physiological markers may serve as more reliable transfusion decision criteria.

Conclusion: Changes in O_2ER , PvO_2 , and ΔCO_2 after blood transfusion suggest their potential use as physiological transfusion triggers. Unlike the Hb level, these parameters more accurately reflect oxygen delivery changes. Although lactate correlated with baseline Hb, it cannot serve as a reliable transfusion trigger in this patient population, as its levels remained within the normal range. Further research is needed to define threshold values for physiological transfusion triggers and evaluate their impact on clinical outcomes.

Keywords: blood transfusion, anemia, oxygen extraction.

Прозрачность исследования: Авторы несут полную ответственность за содержание данной статьи.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования; Исследование проведено в рамках докторской научной работы Арынова А.А. «Оптимизация гемотрансфузионной терапии при острой и хронической анемии».

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в проведение исследования и создание статьи.

Сведения об авторах:

Арынов А.А. (корреспондирующий автор) – заведующий отделением реанимации, анестезиологии и интенсивной терапии, АО «Казахский НИИ онкологии и радиологии», Алматы, Республика Казахстан, e-mail: ardak6183307@gmail.com, тел. +77016183307, ORCID: 0000-0003-0379-5411;

Чурсин В.В. – кандидат медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой анестезиологии и реаниматологии № 2, НАО «Казахский национальный медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова», Алматы, Республика Казахстан, e-mail: vvch64@mail.ru, тел. +77051801962, ORCID: 0000-0002-8653-1421;

Рыбачек О.Ю. – врач анестезиолог-реаниматолог, АО «КазНИИОР», Алматы, Республика Казахстан, тел.+77087638838, e-mail: olya_lya14@mail.ru, ORCID: 0009-0007-1964-9845.

Адрес для корреспонденции: Арынов А.А., АО «Казахский НИИ онкологии и радиологии», пр-т Абая 91, Алматы 050000, Республика Казахстан.