

## ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ КРОВИ НА НЕКОТОРЫЕ МЕХАНИЗМЫ КОРРЕКЦИИ АНЕМИИ У ПАЦИЕНТОВ С СЕПСИСОМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОГО ОЧИЩЕНИЯ КРОВИ

Якубцевич Р. Э.

Гродненский государственный медицинский университет, Гродно, Беларусь

*Введение.* Анемия у пациентов с сепсисом встречается всегда и связана с депрессией эритропоэза септическими медиаторами.

*Цель.* Изучить влияние магнитной обработки крови на механизмы коррекции анемии у пациентов с сепсисом.

*Материал и методы.* Изучены клинико-лабораторные показатели 232 пациентов с сепсисом. Магнитную обработку крови осуществляли на аппарате «НетоSPOK» («Магномед», Беларусь).

*Результаты.* Использование магнитной обработки крови не приводит к уменьшению числа эритроцитов (до лечения –  $3,63 (3,0; 4,42) \times 10^{12}/л$ , после –  $3,47 (3,18; 3,62) \times 10^{12}/л$ ,  $p=0,916512$ ) и гемоглобина (до лечения –  $109,5 (92,0; 129,0)$  г/л, после –  $106,9 (91,0; 113,0)$  г/л,  $p=0,776105$ ). Концентрация железа в крови увеличивалась с  $5,83 (4,21; 7,13)$  до  $10,0 (6,03; 13,80)$  мкмоль/л ( $p=0,027993$ ) синхронно с повышением ферритина с  $210,3 (20,5; 311,6)$  до  $545,1 (250,2; 813,2)$  нг/мл ( $p=0,027709$ ).

*Выводы:* Магнитная обработка крови предотвращает развитие анемии у пациентов с сепсисом.

**Ключевые слова:** сепсис, анемия, гемосорбция, плазмаферез, почечно-заместительная терапия, магнитная обработка крови.

*Для цитирования:* Якубцевич Р. Э. Влияние магнитной обработки крови на некоторые механизмы коррекции анемии у пациентов с сепсисом при проведении экстракорпорального очищения крови / Р. Э. Якубцевич // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2019. Т 17, № 2. С. 147-152. <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2019-17-2-147-152>

### Введение

Сепсис – тяжелое заболевание с высокой летальностью, которое характеризуется как жизнеугрожающая органная дисфункция, вызванная дисрегуляцией ответа макроорганизма на инфекцию [1]. Сепсис регистрируется у 25% пациентов отделений интенсивной терапии, а его диагностика основана на международных критериях [1]. В 2004 г. расходы на лечение одного пациента с сепсисом составляли от 23000 до 34 000 Евро [2]. В последние годы финансовые затраты на лечение почти 50000 пациентов в США составили 1,1 млрд долларов США [3]. Течение сепсиса достаточно часто сопровождается депрессией эритропоэза, что связано с циркуляцией в крови эндотоксина, цитокинов. Это проявляется уменьшением числа эритроцитов и гемоглобина в процессе интенсивной терапии, что обусловлено разрушением липидного слоя, ведет к несостоятельности эритроцитарной мембраны и разрушению самой клетки [4].

Действие переменного магнитного поля (МП) носит неспецифический характер и связано с изменением активности регуляторных систем организма [5]. Считают, что объектом непосредственного его воздействия на клетку является цитоплазматическая мембрана [6, 7], структура и функция которой меняется под влиянием МП [8, 9]. Предполагается механизм действия прямого и опосредованного влияния МП [10]. Прямое влияние МП может проявляться изменением ориентации молекул и макромолекул, химической поляризацией электронов и ядер с последующим изменением кинетики химиче-

ских, биохимических реакций. Опосредованное влияние МП связано с изменением свойств воды и водных растворов в организме.

В последние годы наиболее перспективным направлением магнитотерапии в медицине стал метод прямого воздействия МП на кровь, так называемая магнитная обработка крови (МОК).

**Цель работы.** Изучить влияние МОК на механизмы коррекции анемии у пациентов с сепсисом.

### Материал и методы

Изучены клинико-лабораторные показатели 232 пациентов с сепсисом. Основными заболеваниями, осложнившимися развитием сепсиса, были: инфицированные формы деструктивного панкреатита (24%), урологические инфекции (21%), перфорации полых органов с перитонитом (19%), пневмонии (14%), ото- и риногенные менингиты (8%), флегмоны шеи (8%) и флегмоны конечностей (6%). Все пациенты были рандомизированы с формированием 6 групп: «Без ЭКД» (28 пациентов) – применен стандартный протокол лечения без экстракорпоральных методов детоксикации (ЭКД), «Плазмаферез» (20 пациентов) – использован стандартный протокол лечения с применением плазмафереза, «Овосорб» (71 пациент) – использован стандартный протокол лечения с гемосорбцией через «Овосорб», «Овосорб+МОК» (56 пациентов), в которой использован стандартный протокол лечения с гемосорбцией через «Овосорб» и МОК, «Симплекс-Ф» (29 пациентов) – применен стандартный протокол лечения с гемокарбоперфузи-

ей через «Симплекс-Ф», «ПВВГФ/ПВВГДФ» (28 пациентов) – применен стандартный протокол лечения с продленной вено-венозной гемофильтрацией (-диафильтрацией) (ПВВГФ/ПВВГДФ).

Методы экстракорпорального очищения крови осуществляли по общепринятым методикам. МОК проводили с помощью аппарата «НемоSPOK» («Магномед», Беларусь). Для выполнения процедуры в зазор излучателя индуктора аппарата МОК помещалась система экстракорпорального контура во время одной из процедур: гемосорбции, плазмафереза, гемодиализа, гемо- (диа-) фильтрации, экстракорпоральной поддержки печени. Кровь обрабатывали в момент ее циркуляции по системе. В это время на индуктор аппарата подавался пульсирующий ток с частотой 10 Гц. Каждый импульс характеризовался изменением тока по частоте от 60 до 200 Гц. Магнитная индукция, создаваемая аппаратом между полюсами индуктора, составляла  $140 \pm 10$  мТл. Процедура МОК продолжалась 30 минут и проводилась ежедневно. Общее количество сеансов МОК в течение одного курса составило от 5 до 6 процедур.

Забор крови осуществляли на этапах: до начала 1-й процедуры ЭКД (или до лечения в группе «Без ЭКД»), после 1-й ЭКД (или спустя 6-8 ч от начала лечения в группе «Без ЭКД»), после 2-й ЭКД (или через сутки лечения в группе «Без ЭКД»), после 3-й ЭКД (или через двое суток лечения в группе «Без ЭКД»), после последней ЭКД (либо после лечения в группе «Без ЭКД»).

Количество эритроцитов и гемоглобин исследовали на анализаторе АВХ «Micros» (Roche, France). Уровень сывороточного железа и трансферрина определяли на аппарате

«Architect®c8000 System» (USA). Концентрацию ферритина устанавливали на аппарате «Abbot AxSYM® system» (USA). Сывороточный эритропоэтин исследовали на анализаторе «Dialab®» (Austria).

Статистическую обработку полученного материала проводили с помощью лицензионной программы «Statistica 10.0» (Statsoft Inc, USA). Статистические параметры нормально распределенных признаков описывали средними значениями (M) и стандартным отклонением (SD). Медианами (Me) и интерквартильными размахами (значения 25-го и 75-го перцентилей) выражали величины, распределение которых было отличным от нормального. Медианой (Me), верхней и нижней квартилями представлены величины, не имеющие приблизительно нормального распределения. Для принятия решения о виде распределения применялся критерий Шапиро-Уилка. Уровень значимости принят 5%. При сравнении независимых групп с отличным от нормального распределением значений одного или двух количественных признаков использовался непараметрический метод – критерий Манна-Уитни. При сравнении зависимых групп с распределением значений, отличным от нормального, использовался непараметрический метод – критерий Вилкоксона.

### Результаты и обсуждение

При исследовании уровня эритроцитов установлено, что до лечения достоверных различий в содержании эритроцитов между группами не было (табл. 1).

Таким образом, очевидно, что на фоне лечения имеет место прогрессирование анемии, свя-

**Таблица 1.** – Динамика изменения уровня эритроцитов у пациентов с сепсисом при проведении разных методов ЭКД (Me (25; 75 перцентили)  $\times 10^{12}/л$ )

**Table 1.** – Dynamics of changes in the level of erythrocytes in patients with sepsis during various methods of extracorporeal detoxification (Me (25; 75 percentiles)  $\times 10^{12}/l$ )

| Этапы          | Группа «Без ЭКД»   | Группа «Плазмаферез» | Группа «Овосорб»   | Группа «Овосорб +МОК» | Группа «Симплекс-Ф» | Группа «ПВВГФ/ПВВГДФ» |
|----------------|--------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| До ЭКД         | 3,75 (3,18; 4,48)  | 3,65 (3,32; 4,08)    | 4,08 (3,36; 4,75)  | 3,63** (3,0; 4,42)    | 3,94 (3,42; 4,51)   | 3,78 (2,97; 4,60)     |
| p              |                    |                      |                    | 0,057#                |                     |                       |
| После 1-го ЭКД | -                  | 3,31 (2,91; 3,70)    | 3,56* (3,12; 3,96) | 3,62 (3,05; 4,26)     | 3,43* (3,24; 3,86)  | 3,14 (2,96; 3,43)     |
| p              |                    | 0,266+               | 0,00009+           | 0,968+<br>0,922#      | 0,002+              | 0,116+                |
| После 2-го ЭКД | -                  | 2,97 (2,62; 3,19)    | 3,19* (2,77; 3,47) | 3,76** (3,28; 4,27)   | 3,32* (3,11; 3,61)  | 2,75* (2,38; 3,11)    |
| p              |                    | 0,110+               | 0,0001+            | 0,723+<br>0,005#      | 0,005+              | 0,028+                |
| После всех ЭКД | 3,09* (2,54; 3,68) | 2,73* (2,22; 3,12)   | 3,03* (2,58; 3,32) | 3,47** (3,18; 3,62)   | 2,97* (2,61; 2,99)  | 2,38* (2,13; 2,45)    |
| p              | 0,039+             | 0,025+               | 0,003+             | 0,917+<br>0,042#      | 0,028+              | 0,028+                |

Примечания:

1) достоверность отличия показателя по отношению к: \* – исходному уровню в своей группе; \*\* – аналогичному этапу лечения в группе «Овосорб»

2) + – критерий Вилкоксона; # – критерий Манна-Уитни

**Таблица 2.** – Динамика изменения уровня гемоглобина у пациентов с сепсисом при проведении разных методов ЭКД (Me (25; 75 перцентили), г/л)**Table 2.** – Dynamics of changes in hemoglobin level in patients with sepsis during various extracorporeal detoxification methods (Me (25; 75 percentiles), g/l)

| Этапы          | Группа «Без ЭКД»    | Группа «Плазмаферез» | Группа «Овосорб»     | Группа «Овосорб +МОК»                    | Группа «Симплекс-Ф»  | Группа «ПВВГФ/ПВВГДФ» |
|----------------|---------------------|----------------------|----------------------|------------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| До ЭКД         | 112,0 (89,0; 134,0) | 114,0 (103,0; 134,0) | 117,4 (102,0; 125,5) | 109,5 (92,0; 129,0)                      | 114,7 (101,5; 130,0) | 113,0 (91,0; 137,4)   |
| p              |                     |                      |                      | 0,291 <sup>#</sup>                       |                      |                       |
| После 1-го ЭКД | -                   | 106,5 (94,0; 124,0)  | 105,9* (90,0; 117,0) | 110,3 (92,0; 132,0)                      | 104,4* (97,0; 117,0) | 100,7 (96,0; 103,7)   |
| p              |                     | 0,307 <sup>+</sup>   | 0,002 <sup>+</sup>   | 0,931 <sup>+</sup><br>0,494 <sup>#</sup> | 0,005 <sup>+</sup>   | 0,225 <sup>+</sup>    |
| После 2-го ЭКД | -                   | 90,6 (77,0; 103,4)   | 94,1* (77,0; 110,0)  | 113,2** (101,0; 128,0)                   | 101,1* (89,4; 112,0) | 90,2* (85,0; 96,2)    |
| p              |                     | 0,139 <sup>+</sup>   | 0,001 <sup>+</sup>   | 0,879 <sup>+</sup><br>0,001 <sup>#</sup> | 0,005 <sup>+</sup>   | 0,046 <sup>+</sup>    |
| После всех ЭКД | 96,6* (81,4; 111,0) | 93,1* (80,0; 104,0)  | 95,3* (85,5; 98,5)   | 106,9** (91,0; 113,0)                    | 87,5* (78,5; 91,0)   | 81,0* (72,4; 87,5)    |
| p              | 0,012 <sup>+</sup>  | 0,046 <sup>+</sup>   | 0,014 <sup>+</sup>   | 0,776 <sup>+</sup><br>0,026 <sup>#</sup> | 0,018 <sup>+</sup>   | 0,028 <sup>+</sup>    |

**Примечания:**

1) достоверность отличия показателя по отношению к: \* – исходному уровню в своей группе; \*\* – аналогичному этапу лечения в группе «Овосорб»;

2) + – критерий Вилкоксона; # – критерий Манна-Уитни

званное с депрессией эритропоэза септическими медиаторами, что согласуется с литературными данными [1, 4]. Указанные в таблице изменения свидетельствуют о позитивном влиянии МОК на число эритроцитов, что проявляется отсутствием снижения последних. Аналогичные изменения имели место и в динамике уровня гемоглобина (табл. 2).

Таблица демонстрирует динамику, схожую с описанной в таблице 1. А группа «Овосорб+МОК» вновь показала отсутствие достоверного снижения гемоглобина как относительно исходного этапа, так и в сравнении с некоторыми этапами группы «Овосорб». Схожие результаты при лечении других патологических состояний

получены в работах Quittan M et al. и Бордюшко-ва Ю. Н. и соавт. [7, 8].

Изучение влияния МОК на уровень сывороточного железа у пациентов с сепсисом показало, что в группе «Овосорб» при исходной концентрации железа в крови 4,71 (3,01; 6,22) мкмоль/л после первой и второй процедур ЭКД достоверной динамики не отмечено (соответственно, 4,42 (3,02; 5,23) мкмоль/л,  $p=0,484$  и 4,43 (3,05; 6,52) мкмоль/л,  $p=0,180$ ). Тенденция к уменьшению уровня железа была зафиксирована в конце лечения. В этот период его концентрация составила 3,10 (2,51; 3,43) мкмоль/л ( $p=0,068$ ). В группе, где использовалась ГС в комбинации с МОК, при исходном уровне изучаемого параметра 5,83 (4,21;

**Таблица 3.** – Динамика изменения уровня ферритина у пациентов с сепсисом в процессе лечения (Me (25; 75 перцентили), нг/мл)**Table 3.** – Dynamics of changes in the level of ferritin in patients with sepsis during the treatment process (Me (25; 75 percentiles), ng/ml)

| Группа пациентов     | Этапы исследования | Концентрация ферритина в плазме крови | p                                        |
|----------------------|--------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|
| Группа «Овосорб»     | До ЭКД             | 505,3 (162,9; 716,0)                  |                                          |
|                      | После 1-го ЭКД     | 344,4* (116,9; 379,6)                 | 0,023 <sup>+</sup>                       |
|                      | После 2-го ЭКД     | 276,0* (114,3; 397,7)                 | 0,028 <sup>+</sup>                       |
|                      | После всех ЭКД     | 95,8* (49,2; 159,9)                   | 0,018 <sup>+</sup>                       |
| Группа «Овосорб+МОК» | До ЭКД             | 210,3** (20,5; 311,6)                 | 0,049 <sup>+</sup>                       |
|                      | После 1-го ЭКД     | 253,2 (98,6; 312,5)                   | 0,515 <sup>+</sup> ; 0,615 <sup>#</sup>  |
|                      | После 2-го ЭКД     | 384,7* (119,8; 465,3)                 | 0,028 <sup>+</sup> ; 0,443 <sup>#</sup>  |
|                      | После всех ЭКД     | 545,1*** (250,2; 813,2)               | 0,028 <sup>+</sup> ; 0,0007 <sup>#</sup> |

**Примечания:**

1) достоверность отличия показателя по отношению к: \* – исходному уровню в своей группе; \*\* – к аналогичному этапу лечения в группе «Овосорб»

2) + – критерий Вилкоксона; # – критерий Манна-Уитни

7,13) мкмоль/л после первого и второго сеансов ЭКД не отмечено достоверных изменений (соответственно, 5,77 (4,16; 6,92) мкмоль/л,  $p=0,859$ ) и 5,75 (3,94; 7,23) мкмоль/л,  $p=0,933$ ). Достоверное повышение уровня сывороточного железа в сравнении с исходным этапом отмечено после проведения всех процедур ЭКД и составило 10,0 (6,03; 13,80) мкмоль/л ( $p=0,028$ ), что также было достоверно выше, чем на аналогичном этапе в группе «Овосорб» (Mann-Whitney U-Test,  $p=0,000472$ ). Объяснением этого явления может быть тот факт, что у пациентов с сепсисом имеет место повышенный запас железа в системе макрофагов-моноцитов. А воздействие перемен-

ного МП приводит к «экстракции» такого запаса из депо. Неспособность пациентов с сепсисом быстро мобилизовать железо из депо связана с блокадой системы макрофагов-моноцитов.

Изучение концентрации ферритина в крови пациентов с сепсисом показало схожую динамику в группах (табл. 3).

Результаты исследования вариабельности транспортного белка крови трансферрина отражены в таблице 4.

Установлено, что транспортная функция белка в метаболизме железа не была нарушена как до лечения, так и на этапах интенсивной терапии.

Этапы исследования вариабельности эндогенного эритропоэтина в крови пациентов с сепсисом представлены в таблице 5.

**Таблица 4.** – Динамика изменения уровня трансферрина у пациентов с сепсисом в процессе лечения (Me (25; 75 процентиля), г/л)

**Table 4.** – Dynamics of changes in the level of transferrin in patients with sepsis during the treatment process (Me (25; 75 percentiles), g/l)

| Группа пациентов     | Этапы исследования | Концентрация трансферрина в плазме крови | p              |
|----------------------|--------------------|------------------------------------------|----------------|
| Группа «Овосорб»     | До ЭКД             | 1,12 (0,82; 1,53)                        |                |
|                      | После 1-го ЭКД     | 1,13 (0,82; 1,32)                        | 0,834*         |
|                      | После всех ЭКД     | 1,16 (0,72; 1,60)                        | 0,881*         |
| Группа «Овосорб+МОК» | До ЭКД             | 1,12 (0,92; 1,21)                        | 0,759*         |
|                      | После 1-го ЭКД     | 1,13 (0,90; 1,28)                        | 0,686*; 0,680* |
|                      | После всех ЭКД     | 1,65 (1,15; 2,15)                        | 0,646*; 0,270* |

Примечания:

1) достоверность отличия показателя по отношению к: \* – исходному уровню в своей группе; \*\* – аналогичному этапу лечения в группе «Овосорб»

2) + – критерий Вилкоксона; # – критерий Манна-Уитни

**Таблица 5.** – Динамика изменения уровня эндогенного эритропоэтина у пациентов с сепсисом в процессе лечения (Me (25; 75 процентиля), мМЕ/мл)

**Table 5.** – Dynamics of changes in the level of endogenous erythropoietin in patients with sepsis during the treatment process (Me (25; 75 percentiles), mIU/ml)

| Группа пациентов     | Этапы исследования | Концентрация эритропоэтина в крови | p              |
|----------------------|--------------------|------------------------------------|----------------|
| Группа «Овосорб»     | До ЭКД             | 71,7 (16,7; 78,2)                  |                |
|                      | После 1-го ЭКД     | 78,8 (42,5; 103,6)                 | 0,237*         |
|                      | После всех ЭКД     | 76,3 (55,0; 97,6)                  | 0,109*         |
| Группа «Овосорб+МОК» | До ЭКД             | 85,9 (9,6; 149,4)                  | 0,495*         |
|                      | После 1-го ЭКД     | 92,6 (10,3; 140,2)                 | 0,889*; 0,385# |
|                      | После всех ЭКД     | 16,1 (13,2; 17,5)***               | 0,003*; 0,014# |

Примечания:

1) достоверность отличия показателя по отношению к: \* – исходному уровню в своей группе; \*\* – к аналогичному этапу лечения в группе «Овосорб»

2) + – критерий Вилкоксона; # – критерий Манна-Уитни

Показано, что при использовании МОК происходит уменьшение показателя концентрации эндогенного эритропоэтина, что свидетельствует об увеличении его функциональной активности на фоне немедленного включения эритропоэза в процесс.

Исходные изменения у пациентов, которым не проводилась МОК, могут быть объяснены как токсическим повреждением эритроцитарных мембран, так и дополнительным повреждением эритроцитов в контуре экстракорпорального кровообращения во время диализа [1, 4]. Это в свою очередь усугубляет нарушения кислородтранспортной функции эритроцитов, которая напрямую зависит от сродства гемоглобина к кислороду и концентрации самого гемоглобина в крови. При уменьшении уровня

гемоглобина для поддержания необходимой оксигенации тканей включается ряд механизмов системной компенсации: увеличение сердечного выброса, перераспределение крови и т. д. Однако эти механизмы могут быть значимо угнетены у пациентов с сепсисом ввиду гиповолемии, сердечной недостаточности и пр. Поэтому главным компонентом в поддержании адекватной доставки кислорода тканям является гемический компонент – концентрация гемоглобина крови. Исследование демонстрирует, что на фоне сепсиса имеет место явное изменение структуры мембран эритроцитов с высокой вероятностью их разрушения [6]. Можно предположить, что воздействие переменного МП на кровь оказывает «эритропоэтиноподобный» эффект за счет регуляции ионозависимых биохимических реакций на уровне эритроцитарных мембран, что повышает резистентность эритроцитов к повреждающему воздействию эндотоксикоза при циркуляции в экстракорпоральном контуре после воздействия переменного МП и снижает вероятность гемолиза [6, 7, 8, 10]. Еще одним возможным эффектом МОК может быть усиление эритропоэза путем стимуляции синтеза эритропоэтина. Приводя к усилению детоксикационного эффекта экстракорпоральных процедур, МОК способствует снижению нагрузки септическими агентами на эритроцитарные мембраны и восстановлению концентрации гемоглобина. Подавление активности воспалительного процесса может вести также к повышению чувствительности к эритропоэтину.

### Выводы

1. У пациентов с сепсисом наблюдается депрессия эритропоэза, проявляющаяся уменьшением числа эритроцитов и гемоглобина. Сниженное содержание этих показателей обусловлено дефицитом железа и ферритина.

2. Использование медикаментозной интенсивной терапии изолированно либо в комплексе с методами экстракорпоральной детоксикации не приводит к коррекции анемии. Включение в комплексную интенсивную терапию магнитной

обработки крови предотвращает развитие анемии и способствует ее коррекции за счет увеличения концентрации железа и ферритина в крови.

### Литература

1. Surviving sepsis campaign : international guidelines for management of sepsis and septic shock : 2016 / A. Rhodes [et al.] // *Intensive Care Med.* – 2017. – Vol. 43, № 3. – P. 304-377. – doi: 10.1007/s00134-017-4683-6.
2. Burchardi, H. Economic aspects of severe sepsis : a review of intensive care unit costs, cost of illness and cost effectiveness of therapy / H. Burchardi, H. Schneider // *Pharmacoeconomics.* – 2004. – Vol. 22, № 12. – P. 793-813. – doi: 10.2165/00019053-200422120-00003.
3. Frequency, cost, and risk factors of readmissions among severe sepsis survivors / A. J. Goodwin [et al.] // *Crit. Care Med.* – 2015. – Vol. 43, № 4. – P. 738-746. – doi: 10.1097/CCM.0000000000000859.
4. Hemoglobin levels and blood transfusion in patients with sepsis in Internal Medicine Departments / G. F. Muady [et al.] // *BMC Infect. Dis.* – 2016. – Vol. 16, № 1. – P. 569. – doi: 10.1186/s12879-016-1882-7.
5. Применение омагниченной аутокрови в терапии больных с множественной миеломой / С. С. Бессмелцев [и др.] // *Эфферентная терапия.* – 1999. – Т. 5, № 1. – С. 34-40.
6. A 50-Hz magnetic field induces structural and biophysical changes in membranes / S. Paradisi [et al.] // *Bioelectromagnetics.* – 1993. – Vol. 14, № 3. – P. 247-255.
7. Clinical effectiveness of magnetic field therapy – a review of the literature / M. Quittan [et al.] // *Acta Med. Austriaca.* – 2000. – Vol. 27, № 3. – P. 61-68.
8. Структурно-функциональные изменения мембран лимфоцитов и эритроцитов под воздействием переменного магнитного поля / Ю. Н. Бордюшков [и др.] // *Вопросы медицинской химии.* – 2000. – Т. 46, № 1. – С. 72-80.
9. Oschman, J. L. Recent developments in bioelectromagnetic Medicine / J. L. Oschman // *Bioelectromagnetic Medicine* / ed.: P. J. Rosch, M. S. Markov. – New York, 2004. – P. 71-86.
10. Engstrom, S. Five hypotheses to examine the nature of magnetic field transduction in biological systems / S. Engstrom, R. Fitzsimmons // *Bioelectromagnetics.* – 1999. – Vol. 20, № 7. – P. 423-430.
1. Rhodes A, Evans LE, Alhazzani W, Levy MM, Antonelli M, Ferrer R, Kumar A, Sevransky JE, Sprung CL, Nunnally ME, Rochwerf B, Rubenfeld GD, Angus DC, Annane D, Beale RJ, Bellinghan GJ, Bernard GR, Chiche JD, Coopersmith C, De Backer DP, French CJ, Fujishima S, Gerlach H, Hidalgo JL, Hollenberg SM. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock: 2016. *Intensive Care Med.* 2017;43(3):304-377. doi: 10.1007/s00134-017-4683-6.
2. Burchardi H, Schneider H. Economic aspects of severe sepsis: a review of intensive care unit costs, cost of illness and cost effectiveness of therapy. *Pharmacoeconomics.* 2004;22(12):793-813. doi: 10.2165/00019053-200422120-00003.
3. Goodwin AJ, Rice DA, Simpson KN, Ford DW. Frequency, cost, and risk factors of readmissions among severe sepsis survivors. *Crit. Care Med.* 2015;43(4):738-746. doi: 10.1097/CCM.0000000000000859.
4. Muady GF, Bitterman H, Laor A, Vardi M, Urin V, Ghanem-Zoubi N. Hemoglobin levels and blood transfusion in patients with sepsis in Internal Medicine Departments. *BMC Infect. Dis.* 2016;16(1):569. doi: 10.1186/s12879-016-1882-7.
5. Bessmelcev SS, Abdulkadyrov KM, Gonchar VA, Kacadze JuL, Volkova SD, Zamotii TB. Primenenie omagnichennoj autokrovi v terapii bolnyh s mnozhestvennoj mielomoy. *Jefferentnaja terapija.* 1999;5(1):34-40. (Russian).
6. Paradisi S, Donelli G, Santini MT, Straface E, Malorni W. A 50-Hz magnetic field induces structural and biophysical changes in membranes. *Bioelectromagnetics.* 1993;14(3):247-255.
7. Quittan M, Schuhfried O, Wiesinger GF, Fialka-Moser V. Clinical effectiveness of magnetic field therapy – a review of the literature. *Acta Med. Austriaca.* 2000;27(3):61-68.
8. Bordyushkov YuN, Goroshinskaya IA, Frantziyantz EM, Tkacheva GN, Gorlo EI, Nescubina IV. Strukturno-funkcionalnye izmenenija membran limfocitov i jeritrocitov pod vozdejstviem peremennogo magnitnogo polja [Effects of electromagnetic field exposure on some structural and functional properties of blood lymphocyte and erythrocyte membranes]. *Voprosy medicinskoj himii.* 2000;46(1):72-80. (Russian).
9. Oschman JL. Recent developments in bioelectromagnetic Medicine. In: Rosch PJ, Markov MS, editors. *Bioelectromagnetic Medicine.* New York; 2004. p. 71-86.
10. Engstrom S, Fitzsimmons R. Five hypotheses to examine the nature of magnetic field transduction in biological systems. *Bioelectromagnetics.* 1999;20(7):423-430.

### References

## EFFECTS OF MAGNETIC TREATMENT OF BLOOD ON SOME MECHANISMS OF ANEMIA CORRECTION IN PATIENTS WITH SEPSIS DURING EXTRACORPOREAL BLOOD PURIFICATION

*Yakubtsevich R. E.*

*Grodno State Medical University, Grodno, Belarus*

*Background.* Anemia is rather common in patients with sepsis and is associated with depression of erythropoiesis by septic mediators.

*Aim.* To study the effect of magnetic treatment of blood on the mechanisms of anemia correction in patients with sepsis.

*Material and methods.* Laboratory parameters of 232 patients with sepsis were under analysis. Magnetic treatment of blood was carried out using the apparatus «HemoSPOK» (Magnomed, Belarus).

*Results.* The use of magnetic blood treatment did not lead to the decrease in the number of erythrocytes (before treatment –  $3.63 (3.0; 4.42) \times 10^{12}/l$ , after –  $3.47 (3.18; 3.62) \times 10^{12}/l$ ,  $p=0.916512$ ) and hemoglobin level (before treatment –  $109.5 (92.0; 129.0)$  g/l, after –  $106.9 (91.0; 113.0)$  g/l,  $p=0.776105$ ). The concentration of iron in blood increased from  $5.83 (4.21; 7.13)$  to  $10.0 (6.03; 13.80)$   $\mu\text{mol}/l$  ( $p=0.027993$ ). There was a simultaneous rise in ferritin from  $210.3 (20.5; 311.6)$  to  $545.1 (250.2; 813.2)$  ng/ml ( $p=0.027709$ ).

*Conclusion:* Magnetic treatment of blood prevents the development of anemia in patients with sepsis.

**Keywords:** sepsis, anemia, hemosorption, plasmapheresis, renal replacement therapy, magnetic treatment of blood.

*For citation:* Yakubtsevich RE. Effects of magnetic treatment of blood on some mechanisms of anemia correction in patients with sepsis during extracorporeal blood purification. *Journal of the Grodno State Medical University.* 2019;17(2):147-152. <https://doi.org/10.2598/2221-8785-2019-17-2-147-152>

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.  
**Financing.** The study was performed without external funding.

**Соответствие принципам этики.** Исследование одобрено локальным этическим комитетом.  
**Conformity with the principles of ethics.** The study was approved by the local ethics committee.

**Об авторах / About the authors**

Якубцевич Руслан Эдвардович / Yakubtsevich Ruslan, e-mail: [jackruslan@tut.by](mailto:jackruslan@tut.by), ORCID: 0000-0002-8699-8216

Поступила / Received: 10.10.2018

Принята к публикации / Accepted for publication: 22.03.2019