

UDC 616-089.168.1-053.2:615.38:616-083.98

**PERIOPERATIVE INFUSION THERAPY AS A COMPONENT OF ENHANCED  
RECOVERY AFTER SURGERY (ERAS) IN CHILDREN**

**Shorakhmedov Sh.Sh., Rasulov A.A.**  
Tashkent State Medical University

**Abstract**

The integration of Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) protocols into pediatric practice is considered a key factor in improving the safety and effectiveness of surgical treatment. The aim of this review is to systematically analyze modern strategies of perioperative infusion therapy in children within the ERAS framework. Particular attention is given to methods for assessing body fluid compartment distribution, including the potential and safety profile of bioimpedance analysis in the pediatric population. The critical role of maintaining euvolemic status at all stages of perioperative management is emphasized in order to minimize the risk of complications such as capillary leak, interstitial edema, and organ dysfunction. It is concluded that goal-directed infusion therapy, based on adequate monitoring, represents a fundamental component of enhanced postoperative recovery in children undergoing major surgical interventions.

**Keywords**

ERAS (Enhanced Recovery After Surgery), perioperative period, infusion therapy, pediatric population, bioimpedance analysis

УДК 616-089.168.1-053.2:615.38:616-083.98

**ПЕРИОПЕРАЦИОННАЯ ИНФУЗИОННАЯ ТЕРАПИЯ КАК КОМПОНЕНТ  
УСКОРЕННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ (ERAS) У ДЕТЕЙ**

**Шоракмедов Ш.Ш., Расулов А.А.**

Ташкентский государственный медицинский университет

**Аннотация**

Интеграция протоколов ускоренного восстановления после хирургических вмешательств (Enhanced Recovery After Surgery, ERAS) в педиатрическую практику рассматривается как ключевой фактор повышения безопасности и эффективности оперативного лечения. Цель настоящего обзора заключается в систематическом анализе современных стратегий периоперационной инфузионной терапии у детей в контексте ERAS. Особое внимание уделено методам оценки распределения жидкостных компартментов организма, включая потенциал и профиль безопасности биоимпедансного анализа в педиатрической популяции. Акцентирована критическая роль поддержания



эвулемического статуса на всех этапах периоперационного ведения для минимизации риска осложнений, таких как капиллярная утечка, интерстициальные отеки и органная дисфункция. Сделан вывод о том, что целенаправленная (goal-directed) инфузионная терапия, основанная на адекватном мониторинге, является определяющим компонентом ускоренного послеоперационного восстановления у детей после обширных хирургических вмешательств.

## **Ключевые слова**

ERAS (Enhanced Recovery After Surgery), периоперационный период, инфузионная терапия, педиатрическая популяция, биоимпедансный анализ.

В контексте внедрения современных стратегий, направленных на снижение хирургически индуцированного стресс-ответа, в анестезиологии и интенсивной терапии возникает необходимость пересмотра традиционных подходов к ведению пациентов в периоперационном периоде [1]. Концепция ускоренного восстановления после хирургических вмешательств (Enhanced Recovery After Surgery, ERAS) представляет собой интегративную, мультидисциплинарную модель, ориентированную на оптимизацию функционального восстановления пациента, улучшение клинических исходов, повышение удовлетворенности медицинской помощью и снижение экономической нагрузки на систему здравоохранения [2].

На глобальном уровне наблюдается устойчивая тенденция к широкому внедрению ERAS-протоколов в периоперационную практику. Доказано, что их применение ассоциировано с сокращением длительности госпитализации на 30–50%, снижением частоты послеоперационных осложнений и уменьшением риска повторных госпитализаций [3].

В педиатрической популяции интерес к ERAS значительно возрос, что обусловлено необходимостью минимизации госпитального пребывания и улучшения качества хирургической помощи. Накопление доказательной базы подтверждает эффективность и безопасность данного подхода у детей. Проведение первого международного педиатрического конгресса ERAS в 2018 году стало ключевым этапом в формировании современной парадигмы безопасности детской хирургии [4]. В настоящее время ERAS успешно интегрирован в широкий спектр хирургических дисциплин, включая коррекцию врожденных пороков сердца и колоректальную хирургию, демонстрируя универсальность и адаптивность концепции.

Следует подчеркнуть, что эффективная реализация ERAS требует трансформации организационной и клинической культуры, перехода от фрагментированных моделей оказания помощи к координированному мультидисциплинарному взаимодействию, основанному на принципах доказательной медицины и стандартизации клинических процессов [4].

## **Физиология объемного замещения и методы оценки водных компартментов организма**

### **Методы**

Для количественной оценки распределения жидкости в организме применяются различные методологические подходы, отличающиеся по точности, инвазивности и клинической применимости:



• **Метод разведения индикаторов.** Разработан в середине XX века и основан на использовании стабильных изотопов (дейтерий, тритий,  $^{18}\text{O}$  в составе  $\text{H}_2^{18}\text{O}$ ) для определения общего содержания воды в организме. После внутрисосудистого введения раствора с известной концентрацией маркера осуществляется забор биологического материала через заданный интервал времени с последующим расчетом объема распределения. Несмотря на высокую точность, метод ограничен в рутинной клинической практике вследствие инвазивности, трудоемкости и потенциальной физиологической нагрузки. В настоящее время рассматривается как референтный («золотой стандарт») валидации методов оценки состава тела и гидрометрии (Schoeller, 2005).

• **Метод оценки естественной радиоактивности тела.** Основан на регистрации эндогенного изотопа калия ( $^{40}\text{K}$ ) и применяется преимущественно для анализа нарушений, связанных с эндокринной регуляцией и водно-электролитным балансом. Характеризуется высокой скоростью выполнения (15–30 минут), безопасностью и относительно низкой погрешностью (1–5%). Ограничения метода включают узкую диагностическую направленность и низкую доступность специализированного оборудования в клинической практике ряда стран, включая Узбекистан и Россию.

• **Биоимпедансный анализ (биоимпедансометрия).** Неинвазивный метод оценки состава тела, основанный на различиях электрического сопротивления биологических тканей. Обеспечивает количественную оценку водных компартментов (общая, внутриклеточная и внеклеточная жидкость), а также жировой и безжировой массы, активной клеточной массы, основного обмена и фазового угла. Метод характеризуется высокой воспроизводимостью, безопасностью, оперативностью, мобильностью и экономической доступностью, что определяет его перспективность для широкого клинического применения, включая педиатрическую популяцию.

### **Современные аспекты периоперационной инфузионной терапии**

Адекватная инфузионная и объемная терапия на всех этапах периоперационного периода (предоперационном, интраоперационном и послеоперационном) является ключевым детерминантом благоприятных хирургических исходов. Поддержание оптимального объема циркулирующей жидкости обеспечивает гемодинамическую стабильность и сохранение равновесия между внутрисосудистым и интерстициальным компартментами. Введение внутривенного жидкостного болюса приводит к увеличению эффективного циркулирующего объема и среднего системного давления наполнения, что, в свою очередь, улучшает тканевую перфузию (по данным обзора Monnet и Teboul [6]).

Управление жидкостным балансом требует индивидуализированного подхода с учетом текущего гемодинамического профиля пациента. Критически важно соблюдение баланса между обеспечением адекватной преднагрузки и предотвращением перегрузки жидкостью, ассоциированной с риском капиллярной утечки, интерстициального отека и венозной дилатации. Выбор между кристаллоидными и коллоидными растворами должен основываться на клиническом контексте, с учетом их фармакодинамических и онкотических свойств. Дополнительным компонентом периоперационного ведения является своевременная и обоснованная антибиотикопрофилактика, направленная на снижение частоты хирургических инфекций, ассоциированных с увеличением длительности госпитализации и экономических затрат [5].

Хирургическая травма индуцирует системный воспалительный ответ, который может приводить к развитию синдрома капиллярной утечки с последующим формированием интерстициальных отеков. Показано, что оптимизация инфузионной терапии даже в пределах интраоперационного периода способна снизить частоту послеоперационных осложнений до 50%, что подчеркивает критическую значимость



строгого контроля жидкостного баланса и применения целенаправленных инфузионных стратегий.

[7].Рис.1.



Рисунок 1. Осложнение, связанное с неадекватным периоперационным управлением жидкостью.

Современные исследования подтверждают значимое влияние инфузионной терапии на функциональное состояние сосудистого эндотелия, а также на развитие и степень выраженности синдрома капиллярной утечки.

Управление инфузионной терапией представляет собой критически важный, но методологически сложный компонент послеоперационного восстановления [8]. Объем и качественный состав вводимых жидкостей оказывают непосредственное воздействие на гомеостатические и гемостатические механизмы, частоту послеоперационных осложнений, длительность госпитализации и, в конечном итоге, клинический исход. В связи с этим сохраняется профессиональная дискуссия относительно оптимального выбора инфузионных сред и режимов их введения с учетом индивидуальных характеристик пациента.

В рамках концепции ERAS инфузионная терапия должна носить целенаправленный (goal-directed) характер, обеспечивая адекватную гидратацию, поддержание эуволемического статуса и предотвращение как гиповолемии, так и ятрогенной гипергидратации.

В интраоперационном периоде принципиально важно дифференцировать два основных компонента инфузионной терапии: волемическую нагрузку (болюсное введение) и поддерживающую (заместительную) инфузию. Волемическая нагрузка направлена на быструю коррекцию гемодинамических нарушений, восстановление микроциркуляции и оптимизацию доставки кислорода при остром снижении преднагрузки, обусловленном



кровопотерей и/или вазодилатацией. При необходимости болюсная терапия дополняется непрерывной поддерживающей инфузией, предназначенной для компенсации физиологических и патологических потерь жидкости.

**Предоперационный период:** В предоперационном этапе принципиально важно обеспечить адекватного гидратационного статуса пациента с поддержанием оптимального соотношения объема и качественного состава жидкости, распределенной между внутрисосудистым, интерстициальным и внутриклеточным компартментами.

Назначение инфузионной терапии в предоперационном периоде должно основываться на оценке и коррекции нарушений водно-электролитного баланса. При этом необходимо учитывать функциональное состояние сердечно-сосудистой, дыхательной, желудочно-кишечной, почечной и эндокринной систем, массу тела пациента, характер основной и сопутствующей патологии, степень их компенсации, а также внешние температурные условия.

Протоколы ERAS, предусматривающие отказ от длительного предоперационного голодания и применение пероральной углеводной нагрузки, способствуют подготовке пациента к хирургическому вмешательству в состоянии эуволемии. Данный подход позволяет минимизировать необходимость избыточной инфузионной терапии, часто возникающей при попытке компенсации дефицита жидкости, обусловленного пролонгированным голоданием.

**Интраоперационный период:** Интраоперационная инфузионная терапия направлена на поддержание адекватного объема циркулирующей крови с целью обеспечения эффективной перфузии органов-мишеней. Гиповолемия ассоциирована с риском тканевой гипоперфузии, развитием сепсиса и полиорганной дисфункции, тогда как гиперволемия способствует формированию периферических и интерстициальных (включая легочные) отеков, а также увеличивает частоту послеоперационной кишечной дисфункции. В связи с этим поддержание эуволемического статуса является приоритетной задачей интраоперационного ведения [6].

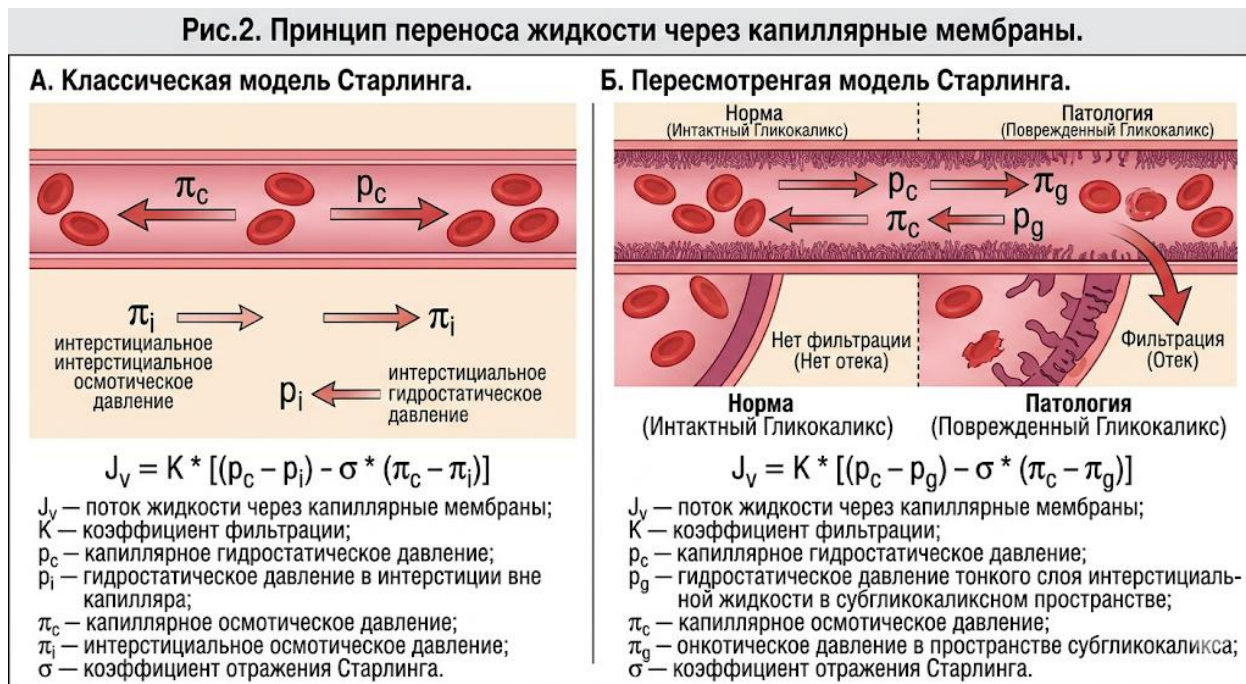
Пациентам, оперируемым в рамках протоколов ERAS, требуется индивидуализированная стратегия инфузионной терапии. При этом следует избегать избыточного введения кристаллоидных растворов. В условиях малотравматичных вмешательств с низким операционно-анестезиологическим риском оправдано применение стратегии «нулевого баланса». Напротив, при обширных хирургических вмешательствах показана целенаправленная (goal-directed) инфузионная терапия, учитывающая как хирургические, так и индивидуальные факторы риска.

Избыточная инфузия жидкости может приводить к гиперволемии, сопровождающейся повышением внутрисосудистого давления и стимуляцией высвобождения натрийуретических пептидов. Последние оказывают повреждающее воздействие на эндотелиальный гликокаликс — слой мембраносвязанных протеогликанов и гликопротеинов, выстилающий внутреннюю поверхность сосудов [9]. Гликокаликс играет ключевую роль в регуляции сосудистой проницаемости; его повреждение способствует нарушению барьерной функции эндотелия и развитию капиллярной утечки.



Избыточное введение жидкости, а также системное воспаление (включая септические состояния), могут индуцировать деградацию гликокаликса, что приводит к перераспределению жидкости из внутрисосудистого русла в интерстициальное пространство («третье пространство») [10].

Рис.2. Принцип переноса жидкости через капиллярные мембраны.



Гиперволемиа ассоциирована с развитием ряда послеоперационных осложнений при хирургических вмешательствах на кишечнике, включая отек кишечной стенки, что приводит к замедлению восстановления моторно-эвакуаторной функции желудочно-кишечного тракта, увеличению частоты осложнений и пролонгации госпитализации. Показано, что даже умеренно положительный водно-электролитный баланс после колоректальных операций способен задерживать восстановление функции кишечника и повышать риск неблагоприятных исходов.

Экспериментальные данные демонстрируют, что избыточное введение кристаллоидов после резекции кишечника у животных сопровождается развитием подслизистого отека, снижением давления разрыва анастомоза и ухудшением механической прочности кишечных анастомозов в раннем послеоперационном периоде [11].

Термин «инфузионная терапия с нулевым балансом» используется для обозначения стратегии, направленной на поддержание физиологического объема жидкости в организме при минимизации избыточного введения натрия и воды [12].

У части пациентов данный подход является достаточным для покрытия клинических потребностей в жидкости (с учетом мониторинга гемодинамики и хирургического риска). Однако при обширных оперативных вмешательствах, сопровождающихся значительной кровопотерей и перераспределением жидкости, может потребоваться увеличение объема инфузии для поддержания адекватной волемии. Такая тактика определяется как объемная (волемическая) инфузионная терапия и широко описана в современной литературе.

**Послеоперационный период**



Систематический обзор, включающий 11 исследований, продемонстрировал, что раннее начало энтерального питания ассоциировано со снижением частоты инфекционных осложнений различных локализаций [13].

Согласно современным рекомендациям, ранняя инициация энтерального питания является ключевым компонентом ускоренного восстановления и способствует сокращению длительности госпитализации. Данный подход уменьшает выраженность кишечного отека, ускоряет восстановление функции желудочно-кишечного тракта и реабилитацию пациента, а также способствует более физиологичному контролю потребления жидкости и поддержанию адекватного внутрисосудистого объема, обеспечивая стабильность водного баланса [6].

В послеоперационном периоде инфузионная терапия должна быть строго ограничена задачей поддержания эуволемического статуса. При условии адекватного почасового диуреза внутривенное введение жидкости рекомендуется минимизировать и, как правило, прекращать к концу первых послеоперационных суток с последующим переходом на пероральное потребление жидкости и нутриентов [14].

Возобновление внутривенной инфузии допустимо исключительно при наличии четких клинических показаний [15]. При отсутствии признаков гиповолемии или других осложнений целенаправленное ограничение инфузионной нагрузки является оправданным, даже при допустимом умеренном снижении диуреза.

Пациенты, ведение которых осуществляется в рамках протоколов ERAS, должны иметь индивидуализированный план инфузионной терапии с обязательным ограничением избыточного введения кристаллоидных растворов.

### **Мониторинг периоперационной инфузионной терапии**

Для обеспечения эффективности и безопасности периоперационной инфузионной терапии необходим комплексный мониторинг, включающий неинвазивные и инвазивные методы наблюдения. Базовый мониторинг предусматривает оценку артериального давления, частоты сердечных сокращений, сатурации кислорода, а также электрокардиографический контроль. При наличии соответствующих технических возможностей целесообразно расширение мониторинга за счет определения сердечного выброса, статических показателей преднагрузки и динамических параметров чувствительности к инфузионной нагрузке с использованием методов термодилуции или эхокардиографии [16].

При выполнении обширных хирургических вмешательств обязательным является лабораторный контроль кислотно-щелочного состояния, электролитного состава плазмы и осмоляльности, а также уровней гемоглобина и гематокрита. Для более точной оценки выраженности кровопотери, определения показаний к гемотрансфузии, а также ранней диагностики шока и полиорганной дисфункции рекомендуется динамическое определение концентрации лактата в сыворотке крови и/или дефицита оснований.

Повышение уровня лактата, отражающее активацию анаэробного гликолиза, служит маркером тканевой гипоксии, недостаточной перфузии и тяжести шокового состояния [16]. Определение дефицита оснований по данным газового состава артериальной крови позволяет дополнительно оценить степень метаболических нарушений и общее состояние тканевой перфузии [17].

У критически больных пациентов для углубленного мониторинга инфузионной терапии в периоперационном периоде применяется транспульмональная термодилуция в сочетании с анализом пульсовой волны. Данный метод позволяет количественно оценивать глобальный конечный диастолический объем, внесосудистую воду легких, вариабельность пульсового давления и ударного объема, что обеспечивает более точную



оценку гемодинамического статуса и оптимизацию целенаправленной инфузионной терапии. Эффективность данного подхода продемонстрирована в ряде клинических исследований у критически больных пациентов [18].

## Заключение

1. Применение протоколов ускоренного восстановления после хирургических вмешательств (ERAS) достоверно ассоциировано с улучшением клинических исходов. Ключевым компонентом данных протоколов является целенаправленная (goal-directed) инфузионная терапия, реализация которой требует систематического и высококачественного мониторинга.

2. В данном контексте биоимпедансный анализ представляет собой современный, безопасный, экономически эффективный и технологически доступный метод оценки водных компартментов организма. Его использование обеспечивает оперативное получение достоверной информации о распределении общей, внеклеточной и внутриклеточной жидкости, что имеет принципиальное значение для поддержания эволемического статуса.

3. Управление инфузионной терапией в рамках ERAS следует рассматривать как непрерывный, этап-специфический процесс, охватывающий предоперационный, интраоперационный и послеоперационный периоды. Такой интегративный подход, основанный на адекватном мониторинге, является определяющим фактором снижения частоты осложнений и оптимизации темпов функционального восстановления пациентов после обширных хирургических вмешательств.

## Список литературы:

1. Сатвалдиева Э.А., Шакарова М.У., Маматкулов И.Б., Исмаилова М.У. Использование fast-track в детской урологии // Урология. – 2022. – № 4. – С. 52-55.
2. Rafeeqi T., Pearson E.G. Enhanced recovery after surgery in children // *Transl Gastroenterol Hepatol.* – 2021. – Vol. 6. – P. 46. doi: 10.21037/tgh-20-188.
3. Noba L., Rodgers S., Chandler C., Balfour A. Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) Reduces Hospital Costs and Improve Clinical Outcomes in Liver Surgery: a Systematic Review and Meta-Analysis // *J Gastrointest Surg.* – 2020. – Vol. 24, № 4. – P. 918-932. doi: 10.1007/s11605-019-04499-0.
4. Brindle M.E., Heiss K., Scott M.J. Embracing change: the era for pediatric ERAS is here // *Pediatric Surgery International.* – 2019. – Vol. 35. – P. 631-634.
5. Camacho Navarro L.H., Bloomstone J.A. Perioperative fluid therapy: a statement from the international Fluid Optimization Group // *Perioper Med (Lond).* – 2015. – Vol. 4. – P. 3. doi: 10.1186/s13741-015-0014-z.
6. Zhu A.C., Agarwala A., Bao X. Perioperative Fluid Management in the Enhanced Recovery after Surgery (ERAS) Pathway // *Clin Colon Rectal Surg.* – 2019. – Vol. 32, № 2. – P. 114-120. doi: 10.1055/s-0038-1676476.
7. Miller T.E., Roche A.M., Mythen M. Fluid management and goal-directed therapy as an adjunct to Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) // *Canadian Journal of Anesthesia.* – 2015. – Vol. 62. – P. 158-168.



8. Myles P.S., Andrews S., Nicholson J. et al. Contemporary Approaches to Perioperative IV Fluid Therapy // *World J Surg.* – 2017. – Vol. 41, № 10. – P. 2457-2463. doi: 10.1007/s00268-017-4055-y.
9. Becker B.F., Chappell D., Jacob M. Endothelial glycocalyx and coronary vascular permeability: the fringe benefit // *Basic Res Cardiol.* – 2010. – Vol. 105. – P. 687-701. doi: 10.1007/s00395-010-0118-z.
10. Chappell D., Jacob M., Hofmann-Kiefer K., Conzen P. A rational approach to perioperative fluid management // *Anesthesiology.* – 2008. – Vol. 109, № 4. – P. 723-740. doi: 10.1097/ALN.0b013e3181863117.
11. Brandstrup B., Tonnesen H., Beier-Holgersen R. Effects of Intravenous Fluid Restriction on Postoperative Complications: Comparison of Two Perioperative Fluid Regimens // *Annals of Surgery.* – 2003. – Vol. 238, № 5. – P. 641-648. doi: 10.1097/01.sla.0000094387.50865.23.
12. Brandstrup B., Svendsen P.E., Rasmussen M. et al. Which goal for fluid therapy during colorectal surgery is followed by the best outcome: near-maximal stroke volume or zero fluid balance? // *Br J Anaesth.* – 2012. – Vol. 109. – P. 191-199. doi: 10.1093/bja/aes163.
13. Lewis S.J., Egger M., Sylvester P.A., Thomas S. Early enteral feeding versus “nil by mouth” after gastrointestinal surgery: systematic review and meta-analysis of controlled trials // *BMJ.* – 2001. – Vol. 323 (7316). – P. 773-776. doi: 10.1136/bmj.323.7316.773.
14. Altman A.D., Helpman L., McGee J. Enhanced recovery after surgery: implementing a new standard of surgical care // *CMAJ.* – 2019. – Vol. 191, № 17. – E469-E475. doi: 10.1503/cmaj.180635.
15. Miller T.E., Roche A.M., Mythen M. Fluid management and goal-directed therapy as an adjunct to Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) // *Canadian Journal of Anesthesia.* – 2015. – Vol. 62. – P. 158-168.
16. Zoremba N., Homola A., Rossaint R., Syková E. Interstitial lactate, lactate/pyruvate and glucose in rat muscle before, during and in the recovery from global hypoxia // *Acta Vet Scand.* – 2014. – Vol. 56, № 1. – P. 72. doi: 10.1186/s13028-014-0072-0.
17. Vincent J.L., De Backer D. Circulatory shock // *N Engl J Med.* – 2013. – Vol. 369, № 18. – P. 1726-1734. doi: 10.1056/NEJMra1208943.
18. Proulx F., Lemson J., Choker G., Tibby S.M. Hemodynamic monitoring by transpulmonary thermodilution and pulse contour analysis in critically ill children // *Pediatr Crit Care Med.* – 2011. – Vol. 12, № 4. – P. 459-466. doi: 10.1097/PCC.0b013e3181fe32b1.

