

Вплив різних інфузійних розчинів на фізико-хімічні характеристики циркулюючої крові у кролів з перитонітом

К.Ю. Креньов¹, Л.І. Степанова², Н.С. Нікітіна², А.І. Суходоля¹, С.А. Суходоля¹

¹Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова; e-mail: anest1976k@gmail.com;

²«Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Проведення інфузійної терапії при перитоніті має на меті оптимізацію доставки кисню до тканин та покращення його утилізації. Зазначені завдання реалізуються за допомогою інфузійної терапії розчинами кристалоїдів і колоїдів, оптимізації серцевого викиду інотропними та вазопресорними препаратами та застосуванням препаратів крові. Вибір розчину для проведення інфузійної терапії при перитоніті проводиться з урахуванням дефіциту об'єму циркулюючої крові, відповіді системної гемодинаміки на інфузію, ступеня органної недостатності та розвитку побічних реакцій. Метою нашого дослідження було порівняння впливу інфузійних розчинів, що вводили трьома різними шляхами, на зміну електричного опору крові та загальний вміст у крові солей. Експеримент проведено на 42 кролях-самцях масою $2,17 \pm 0,39$ кг, яких було розподілено на 2 групи по 18 тварин у кожній: 1-ша без перитоніту, 2-га із перитонітом, ще по 3 тварини в групах не отримували інфузій та слугували контролем. Дослідним тваринам вводили 10%-й розчин альбуміну та фізіологічний розчин (0,9% розчин NaCl) із наступним відбором проб крові та визначенням електричного опору крові та загального вмісту в крові солей за допомогою солеміра «ЕС/TDS-616». Перитоніт моделювали внутрішньоочеревинним введенням суспензії калових мас у вигляді 10%-го розчину за 12 год до експерименту. Встановлено, що достовірні відмінності у значеннях загального вмісту в крові солей були між групами здорових тварин, яким внутрішньовенно вводили фізіологічний розчин, та тварин із перитонітом, електричним опором крові та загальним вмістом в крові солей між групами здорових тварин із внутрішньокістковим введенням 10%-го розчину альбуміну та тварин із перитонітом. Ключові слова: електричний опір крові; вміст солей; 10%-й розчин альбуміну; фізіологічний розчин.

ВСТУП

Зміни об'єму циркулюючої крові (ОЦК) при перитоніті зумовлені перерозподілом її в рідинних секторах [1]. Вплив мікробних токсинів із формуванням патогенасоційованих та асоційованих з пошкодженням молекулярних патернів, активація нетозу та деградація міжклітинних контактів із підвищенням проникності ендотелію, внаслідок змін синтезу молекул адгезії, зумовлюють міграцію рідини та білків в інтерстиційний простір [2]. Гіпергідратація ендотелію із порушенням венозного відтоку при механічному стисканні венозних колекторів

поглиблює гіповолемію та спричиняє критичні порушення мікроциркуляції із формуванням мікротромбозів та розвитком коагулопатії [3]. Для оцінки дефіциту ОЦК широко впроваджені методи гравіметричного контролю, визначення індексу Альговера, об'єму крововтрати за сумою уражених анатомічних ділянок, визначення динаміки центрального венозного тиску (ЦВТ) у відповідь на волемічне навантаження [4, 5]. У разі змін, що викликані перерозподілом рідини, зокрема при перитоніті, сепсисі, важкій термічній травмі, множинні патофізіологічні механізми та каскадний розвиток процесу

значно ускладнює визначення істинного дефіциту рідин, зокрема у внутрішньосудинному руслі. Відомо про зміни оптичної густини плазми крові тварин при жовчному перитоніті [6]. Враховуючи вищенаведене обґрунтованою є спроба адаптувати показники змін електричного опору крові до певних клінічних ситуацій та їх динаміки.

Мета нашої роботи – порівняння впливу інфузійних розчинів, які вводили кролям трьома різними шляхами, на зміну електричного опору крові та загальний вміст солей у кролів.

МЕТОДИКА

Експеримент проведено на 42 кролях-самцях масою $2,17 \pm 0,39$ кг, яких утримували у віварії Навчально-наукового центру «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка за стандартних умов температурного режиму (21°C), освітлення (12/12 год), вологості та раціону харчування (повноцінний корм для лабораторних тварин К – 12-4, «Різан-1», Україна), згідно зі «Стандартними правилами упорядкування, устаткування та утримання експериментальних біологічних клінік (віваріїв)» та дотриманням рекомендацій щодо проведення медично-біологічних досліджень. Усі експерименти проводили відповідно до Директиви Європейської Ради від 24 листопада 1986 р. щодо догляду та використання лабораторних тварин (86/609/ЕЕС), схваленої Першим національним конгресом з біоетики (вересень 2001 р.) та етичним комітетом Навчально-наукового центру «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка (протокол № 1 від 23.01.2025). Кролів було поділено на дві групи по 18 тварин у кожній. До I групи ввійшли тварини, яким вводили фізіологічний розчин та 10%-й розчин альбуміну (Альбувен) різними інфузійними шляхами (внутрішньовенно, внутрішньокістково та позаочеревинно) в

об'ємі 5 мл у режимі повільного болюсу. Тварини із модельованим перитонітом увійшли до II групи. Ще по три тварини з кожної групи не отримували інфузій та слугували контролем. Для відтворення перитоніту кролям одноразово внутрішньоочеревинно вводили суспензію калових мас, виготовлену із свіжого кролячого калу у вигляді 10%-го розчину через одну точку проколу по серединній лінії в пупковій ділянці живота на глибину 2 мм. Каловий розчин готували на ізотонічному розчині хлориду натрію і одноразово фільтрували через подвійний шар марлі. Об'єм отриманого розчину розраховували із співвідношення 5 мл на 1 кг маси кроля. Розвиток перитоніту контролювали за появою характерної клінічної картини: гіподинамія, відмова від їжі, здуття живота, зміни ворсу та підвищення температури тіла тварин. Експеримент проводили без використання анестезії. Після розвитку перитоніту через 12 год тварин залучали в експеримент. Вводили розчини зазначеними інфузійними шляхами із наступним відбором венозної крові через 20 хв з яремної вени та вимірюванням електричного опору крові та загального вмісту в крові солей. Для внутрішньовенного введення використовували вушну вену, внутрішньокісткового – грудину, позаочеревинне – проводили в точці, розташованій на 1 см нижче від краю реберної дуги та на 1 см латеральніше хребта на спині із глибиною вколу голки 0,5 см та відповідним проведенням аспіраційної проби для виключення потрапляння в судину (рис. 1, а, б). Через 20 хв відбирали 5 мл крові з яремної вени, розводили її в 2 рази фізіологічним розчином та вимірювали електричний опір і вміст солей у отриманих зразках крові за допомогою солеміра «ЕС/TDS-616» у двох стандартних режимах ЕС та TDS, де ЕС – електричний опір (мікросіменси на 1 см), TDS – загальна кількість усіх розчинених у крові солей (міліграми на 1 л) [7]. Апарат перед кожним вимірюванням калібрували за



а

б

Рис. 1. Внутрішньокісткове введення 10%-го розчину альбуміну в кістковий мозок грудини тварини (а) та позаочеревинне введення фізіологічного розчину (б)

дистильованою водою. Після кожного дослідження електрод приладу також промивали дистильованою водою та висушували серветкою.

Статистичну обробку результатів в групах проводили з визначенням середніх значень показників, стандартного відхилення ($M \pm SD$), за допомогою критерію t Стьюдента, вираховували похибку-Р з використанням формул Windows 11 Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Для підтвердження розвитку перитоніту у кролів окрім клінічних ознак (здуття живота, гіподинамія, температурна реакція),

проводили секційне дослідження. При секції виявлено роздуті петлі кишечника, тьмяна очеревина, застійна повнокривна печінка та характерні зміни з боку селезінки (рис. 2).

На першому етапі дослідження визначили ЕС та TDS у тварин контрольної групи (контроль 1), яким не вводили досліджувані рідини. ЕС для вказаної групи становив $460,67 \pm 115,17$ мкСм/см, TDS – $921,67 \pm 235,99$ мг/л.

На другому етапі дослідження тваринам вводили фізіологічний розчин та 10%-й розчин альбуміну різними інфузійними шляхами із наступним визначенням ЕС та TDS (табл. 1). У тварин без перитоніту



а



б

Рис. 2. Перитоніт у кроля. Роздуті петлі кишечника, тьмяна очеревина, гіперемія та формування «застійної» печінки (а). Паретичний шлунок, «застійна» повнокривна печінка (б)

Таблиця 1. Зміна показників електричного опору крові (ЕС, мкСм/см) та загального вмісту в крові солей (TDS, мг/л) при введенні рідин різними інфузійними шляхами в групах тварин без перитоніту

Схема дослідження введення рідин	Фізіологічний розчин	10%-й розчин альбуміну
ЕС		
Внутрішньовенно	512,67±37,77	686,00±266,00
Внутрішньокістково	526,00±87,19	538,67±74,20
Позаочеревинно	515,67±78,14	703,67±203,70
TDS		
Внутрішньовенно	1052,30±63,27	992,30±215,77
Внутрішньокістково	1061,67±167,10	1055,67±126,10
Позаочеревинно	1041,30±152,69	1138,00±132,30

для різних способів введення зазначені показники не зазнавали достовірних змін.

На третьому етапі дослідження у тварин із перитонітом визначали ЕС (491,00 ± 99,30 мкСм/см) та TDS (1004,00 ± 128,77 мг/л), причому зазначені показники не мали відмінності від контрольної групи тварин, яким не проводили інфузій.

На четвертому етапі тваринам із перитонітом вводили фізіологічний розчин та 10%-й розчин альбуміну різними інфузійними шляхами. Достовірних змін показників ЕС та TDS у них не виявлено. При порівнянні зазначених показників в групах тварин з перитонітом без введення розчинів та з введенням, зазначені показники не мали достовірних відмінностей (табл. 2).

Далі досліджували показники ЕС та TDS у групах тварин, що отримували зазначені рідини різними інфузійними шляхами. У тва-

рин з перитонітом при внутрішньовенному введенні фізіологічного розчину TDS зменшився на 25% порівняно зі здоровими тваринами ($P \leq 0,05$). При внутрішньокістковому введенні 10%-го розчину альбуміну ЕС в групі з перитонітом зменшувався на 35,9% ($P \leq 0,05$), а TDS на 31,8% порівняно із групою здорових тварин ($P \leq 0,05$, табл. 3).

Згідно з даними літератури рідинна ресусцитація при інтенсивній терапії перитоніту та абдомінального сепсису проводиться розчинами кристалодів [8, 9]. У разі недостатнього ефекту, небезпеці переважання рідиною, гіпоальбумінемії можна використати розчини природних колоїдів, а саме альбуміну [10, 11]. Позитивний вплив розчинів альбуміну встановлено у пацієнтів із проявами поліорганної недостатності, зокрема з гострою нирковою недостатністю, респіраторним дистрес-синдромом із

Таблиця 2. Зміна показників електричного опору крові (ЕС, мкСм/см) та загального вмісту в крові солей (TDS, мг/л) при введенні рідин різними інфузійними шляхами в групах тварин з перитонітом

Схема дослідження введення рідин	Фізіологічний розчин	10%-й розчин альбуміну
ЕС		
Внутрішньовенно	399,67±48,00	446,30±17,28
Внутрішньокістково	422,67±17,90	345,30±60,50
Позаочеревинно	385,67±68,00	395,30±40,40
TDS		
Внутрішньовенно	788,30±104,95	878,00±36,85
Внутрішньокістково	840,00±26,90	720,00±104,27
Позаочеревинно	775,00±122,58	812,67±30,70

Таблиця 3. Зміна показників електричного опору крові (ЕС, мкСм/см) та загального вмісту в крові солей тварин (TDS, мг/л) при введенні рідин різними інфузійними шляхами

Схема дослідження рідин	Фізіологічний розчин		10%-й розчин альбуміну	
	без перитоніту	перитоніт	без перитоніту	перитоніт
ЕС				
Внутрішньовенно	512,67±37,77	399,67±48,06	686,00±266,00	446,30 ±17,28
Внутрішньокістково	526,00±87,19	422,67±17,90	538,67± 74,20	345,3±060,50
Позаочеревинно	515,67±78,15	385,67±68,00	703,67± 203,70	395,30±40,40
TDS				
Внутрішньовенно	1052,30±63,27	788,30 ±104,95	992,30± 215,77	878,00±36,85
Внутрішньокістково	1061,67±167,00	840± 26,90	1055,67±126,10	720,00± 104,30
Позаочеревинно	1041,30±152,69	775,00± 122,58	1138,00 ±132,3	812,67±30,70

покращенням оксигенації та респіраторного індексу в ранню фазу. Повідомлялося про ендотеліопротекторні ефекти препаратів альбуміну, зокрема при септичному шоці [12, 13]. Збалансовані кристалоїди та альбумін зменшують летальність у разі сепсису [14]. На ефект розчинів альбуміну вказують і інші автори, які відзначають, що лікування ними призводить до зростання серцевого викиду, а також швидшого підвищення центрального венозного тиску та середнього артеріального тиску порівняно із введенням кристалоїдів [15–17]. Введення кристалоїдів внутрішньовенно сприяє злущуванню глікокаліксу, накопиченню рідини в інтерстиції та посиленню проявів полікомпаратмент-синдрому, зокрема ниркової недостатності [18, 19]. Замісна терапія альбуміном створює сприятливі умови для відновлення функції нирок у згаданій категорії пацієнтів [20, 21]. Таким чином, враховуючи позитивний вплив інфузійної терапії, зокрема використання природних колоїдів (альбумін) у пацієнтів в критичних станах, визначення динаміки фізико-хімічних, зокрема електричних, властивостей крові може сприяти розумінню особливостей проведення інтенсивної терапії.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що достовірні відмінності значень TDS наявні між групою здорових

тварин та тваринами з перитонітом, що отримували внутрішньовенне введення фізіологічного розчину із зменшенням на 25%. Також достовірні відмінності значень ЕС та TDS спостерігалися між групою здорових тварин та тваринами з перитонітом, які отримували внутрішньокісткове введення 10%-го розчину альбуміну, із зменшенням на 35,9 та 31,8% відповідно.

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of co-authors of the article.

K.Yu. Krenyov¹, L.I. Stepanova², N.S. Nikitina², A.I. Sukhodolya¹, S.A. Sukhodolya¹

THE EFFECT OF DIFFERENT INFUSION SOLUTIONS ON THE PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF CIRCULATING BLOOD IN RABBITS WITH PERITONITIS

¹ Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University; e-mail: anest1976k@gmail.com;

² Educational and Scientific Center «Institute of Biology and Medicine», Taras Shevchenko National University of Kyiv

Infusion therapy in peritonitis aims to optimize oxygen delivery to tissues and improve its utilization. These tasks are achieved through infusion therapy with crystalloid and colloid solutions, optimization of cardiac output with inotropic and vasopressor drugs, and the use of blood products. The

choice of solution for infusion therapy in peritonitis is made taking into account the deficit in circulating blood volume, the response of systemic hemodynamics to infusion, the degree of organ failure, and the development of adverse reactions. Our study aimed to compare the effect of infusion solutions administered by three different routes on changes in blood electrical resistance and total blood salt content. The experiment was conducted on 42 male rabbits weighing $2,17 \pm 0,39$ kg, which were divided into two groups. The first group had no peritonitis, the second had peritonitis, with 21 animals in each group, of which three animals in each group did not receive infusions and served as controls. The experimental animals were injected with 10% albumin solution and saline solution (0.9% sodium chloride), followed by blood sampling and determination of blood electrical resistance and total blood salt content using an EC/TDS-616 salimeter. Peritonitis was modelled by intraperitoneal administration of a 10% fecal solution 12 h before the experiment. It was found that there were significant differences in the total salt content in the blood between groups of healthy animals that received intravenous injections of saline solution and animals with peritonitis; blood electrical resistance, and total blood salt content between groups of healthy animals with intraosseous administration of 10% albumin solution and animals with peritonitis.

Keywords: blood electrical resistance; 10% albumin solution; salt content; saline solution.

REFERENCES

1. Sukhodolia AI, Krenov KY. Current trends in intensive therapy of peritonitis and abdominal sepsis. *Acta Sci Gastrointest Dis.* 2023 Jul 1;6(7):107. doi.org/10.31080/asgis.2023.06.0541.
2. Chooklin S, Chuklin S, Barylyak R. Neutrophil extracellular traps in acute pancreatitis. *Fiziol Zh.* 2022 Aug 10;68(4):77-88. doi.org/10.15407/fz68.04.077.
3. Yajnik V, Maarouf R. Sepsis and the microcirculation: the impact on outcomes. *Current Opin Anaesthesiol.* 2022 Jan 25;35(2):2305. doi.org/10.1097/aco.0000000000001098.
4. Santacrocce E, D'Angerio M, Ciobanu AL, Masini L, Lo Tartaro D, Coloretti I, et al. Advances and challenges in sepsis management: modern tools and future directions. *Cells.* 2024 Mar 2;13(5):439. doi.org/10.3390/cells13050439.
5. Yang A, Kennedy JN, Reitz KM, Phillips G, Terry KM, Levy MM, et al. Time to treatment and mortality for clinical sepsis subtypes. *Critic Care.* 2023 Jun 15;27(1). doi.org/10.1186/s13054-023-04507-5.
6. Bilookyi OV, Rohovyi YuYe, Bilookyi VV. The influence of experimental biliary peritonitis on optical density of blood plasma and renal function. *Bukovin Med Herald.* 2015 Apr 29;19(2 (74)):204. doi.org/10.24061/2413-0737.xix.2.74.2015.67.
7. Krenov KYu, Sukhodolya AI, Loboda IV. Study of the electrical resistance of the circulating blood in patients of planned and urgent operations in response to volume load. *Report Vinnytsia Natl Med Univ.* 2025 Mar 20;29(1):105-8. doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2025-29(1)-18.
8. Monnet X, Lai C, Teboul JL. How I personalize fluid therapy in septic shock? *Critical Care.* 2023 Mar 24;27(1). doi.org/10.1186/s13054-023-04363-3.
9. Martin GS, Bassett P. Crystalloids vs. colloids for fluid resuscitation in the intensive care unit: A systematic review and meta-analysis. *J Critical Care.* 2019 Apr;50:144-54. doi.org/10.1016/j.jccr.2018.11.031.
10. Koratala A, Ronco C, Kazory A. Diagnosis of Fluid overload: from conventional to contemporary concepts. *Cardiorenal Med.* 2022;12(4):141-54. doi.org/10.1159/000526902.
11. Laura Evans, Andrew Rhodes, Waleed Alhazzani, Massimo Antonelli, Craig M. et al. Executive Summary: Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for the Management of Sepsis and Septic Shock 2021. *Critic Care Med.* 2021 Nov;47(11):1181-1247. doi.org/10.1007/s00134-021-06506-y.
12. Uhlig C, Silva PL, Deckert S, Schmitt J, de Abreu MG. Albumin versus crystalloid solutions in patients with the acute respiratory distress syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Critic Care.* 2014 Jan 9;18(1). doi.org/10.1186/cc13187.
13. Hariri G, Joffre J, Deryckere S, Bigé N, Dumas G, Baudel JL, et al. Albumin infusion improves endothelial function in septic shock patients: a pilot study. *Intens Care Med.* 2018 Feb 1;44(5):669-71. doi.org/10.1007/s00134-018-5075-2.
14. Tseng CH, Chen TT, Wu MY, Chan MC, Shih MC, Tu YK. Resuscitation fluid types in sepsis, surgical, and trauma patients: a systematic review and sequential network meta-analyses. *Critic Care.* 2020 Dec;24(1). doi.org/10.1186/s13054-020-03419-y.
15. Callum J, Skubas NJ, Bathla A, Keshavarz H, Clark EG, Rochweg B, et al. Use of intravenous albumin. *Chest.* 2024 Aug;166(2):321-38. doi.org/10.1016/j.chest.2024.02.049.
16. Liu C, Li H, Peng Z, Hu B, Dong Y, Gao X, et al. Inclusion of albumin in the initial resuscitation of adult patients with medical sepsis or septic shock: a propensity score-matched analysis. *Shock.* 2021 May 13;56(6):956-63. doi.org/10.1097/shk.0000000000001810.
17. Melia D, Post B. Human albumin solutions in intensive care: A review. *J Intens Care Soc.* 2020 Sep 30;22(3):24854. doi.org/10.1177/1751143720961245.
18. Sukudom S, Smart L, Macdonald S. Association between intravenous fluid administration and endothelial glycocalyx shedding in humans: a systematic review. *Intens Care Med Exp.* 2024 Feb 26;12(1). doi.org/10.1186/s40635-024-00602-1.
19. Vignarajah M, Berg A, Abdallah Z, Arora N, Javidan A, Pitre T, et al. Intraoperative use of balanced crystalloids versus 0.9% saline: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled studies. *Brit J Anaesthesia.* 2023 Sep;131(3):463-71. doi.org/10.1016/j.bja.2023.05.029.
20. Sakr Y, Bauer M, Nierhaus A, Kluge S, Schumacher U, et

- al. Randomized controlled multicentre study of albumin replacement therapy in septic shock (ARISS): protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2020 Dec;21(1). doi.org/10.1186/s13063-020-04921-y.
21. Ge C, Peng Q, Chen W, Li W, Zhang L, Ai Y. Association between albumin infusion and outcomes in patients with acute kidney injury and septic shock. *Sci Rep*. 2021 Dec 16;11(1). doi.org/10.1038/s41598-021-03122-0.

*Матеріал надійшов
до редакції 13.12.2025*