

DOI: <https://doi.org/10.26565/2313-6693-2025-54-09>  
УДК: 616-001.44-056.257-08:616.2-003.3:612.1.018.2



## Оцінка кількості рідини в грудній клітці у пацієнтів з політравмою з різним індексом маси тіла під впливом звичайного та рестриктивного режимів інфузійної терапії

Гогія М.О.<sup>1</sup>, [ID](https://orcid.org/0000-0001-7891-6922) <https://orcid.org/0000-0001-7891-6922>, e-mail: [m.o.gogia@karazin.ua](mailto:m.o.gogia@karazin.ua)  
Курсов С.В.<sup>2</sup>, [ID](https://orcid.org/0000-0003-3539-1489) <https://orcid.org/0000-0003-3539-1489>, e-mail: [s.v.kursov@gmail.com](mailto:s.v.kursov@gmail.com)  
Марков О.В.<sup>1</sup>, [ID](https://orcid.org/0009-0009-3306-4098) <https://orcid.org/0009-0009-3306-4098>, e-mail: [Markov.a.w@gmail.com](mailto:Markov.a.w@gmail.com)  
Ляшок А.Л.<sup>1</sup>, [ID](https://orcid.org/0000-0003-2098-1697) <https://orcid.org/0000-0003-2098-1697>, e-mail: [andrii.liashok@karazin.ua](mailto:andrii.liashok@karazin.ua)

<sup>1</sup>Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Міністерства освіти і науки України, Харків, Україна

<sup>2</sup>Харківський національний медичний університет  
Міністерства охорони здоров'я України, Харків, Україна

## Assessment of thoracic fluid volume in polytrauma patients with different body mass indexes under standard and restrictive infusion therapy regimens

Gogiya M.O.<sup>1</sup>, [ID](https://orcid.org/0000-0001-7891-6922) <https://orcid.org/0000-0001-7891-6922>, e-mail: [m.o.gogia@karazin.ua](mailto:m.o.gogia@karazin.ua)  
Kursov S. V. <sup>2</sup>, [ID](https://orcid.org/0000-0003-3539-1489) <https://orcid.org/0000-0003-3539-1489>, e-mail: [s.v.kursov@gmail.com](mailto:s.v.kursov@gmail.com)  
Markov O.V.<sup>1</sup>, [ID](https://orcid.org/0009-0009-3306-4098) <https://orcid.org/0009-0009-3306-4098>, e-mail: [Markov.a.w@gmail.com](mailto:Markov.a.w@gmail.com)  
Liashok A.L.<sup>1</sup>, [ID](https://orcid.org/0000-0003-2098-1697) <https://orcid.org/0000-0003-2098-1697>, e-mail: [andrii.liashok@karazin.ua](mailto:andrii.liashok@karazin.ua)

<sup>1</sup>V.N. Karazin Kharkiv National University  
of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

<sup>2</sup>Kharkiv National Medical University  
of the Ministry of Health of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

### Ключові слова:

політравма, ожиріння, рестриктивна інфузійна ресусцитація, вміст рідини в грудній клітці, ідеальна маса тіла, гемодилуція, переважання рідинию.

### Для кореспонденції:

Гогія Мадона Отарівна  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України, кафедра загальної хірургії, анестезіології та паліативної медицини;  
майдан Свободи, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;  
e-mail: [m.o.gogia@karazin.ua](mailto:m.o.gogia@karazin.ua)

© Гогія М.О., Курсов С.В.,  
Марков О.В., Ляшок А.Л., 2025

### РЕЗЮМЕ

**Актуальність.** Надмірне накопичення рідини, зумовлене синдромом капілярного витоку, є частим ускладненням політравми, а ожиріння поглиблює цей ризик, оскільки стандартні обчислення об'єму інфузій за фактичною масою тіла можуть завищувати реальний об'єм розподілу.

**Мета роботи** – оцінити вплив різних категорій індексу маси тіла та двох стратегій розрахунку об'єму інфузійної терапії на накопичення рідини в грудній клітці впродовж першого тижня після травми.

**Матеріали та методи.** У проспективне когортне дослідження включено 106 дорослих із політравмою, до складу якої входила закрыта абдомінальна травма, яким виконано ургентну лапаротомію. Пацієнтів розподілено на чотири групи: нормальний ІМТ (18,5 – 24,9 кг/м<sup>2</sup>, n = 34), надмірна маса тіла (25 – 29,9 кг/м<sup>2</sup>, n = 36), ожиріння I ступеня з розрахунком інфузії за фактичною масою (30 – 34,9 кг/м<sup>2</sup>, n = 21) та ожиріння I ступеня з рестриктивним розрахунком за ідеальною масою (ІВВ, n = 15). Добовий об'єм в/в інфузії становив 30 мл × фактична маса + патологічні втрати рідини в групах 1–3 та 40 мл × ІВВ + втрати у групі 4. Вміст рідини в грудній клітці (ТФС) визначали методом електричної біоімпедансії (60 кГц) на 1-шу, 3-тю, 5-ту та 7-му добу; рівень гемоглобіну вимірювали до та через 1 год після початкової ресусцитації.

**Результати.** У першу добу група ожиріння-фактична маса мала найвищий ТФС (7,19 ± 0,58 л) порівняно з групами нормальної ваги (6,45 ± 0,49 л), надмірної маси (6,76 ± 0,71 л) та ожиріння-ІВВ (6,67 ± 0,53 л; P < 0,05) і зберігала цей надлишок протягом усього періоду спостереження. Зниження гемоглобіну було більш вираженим у групі ожиріння-фактична маси (-24,3 ± 6,3 г/л) порівняно з іншими групами (-17,9 ± 8,3 г/л у нормальній масі тіла; P < 0,05), що вказує на більшу гемодилуцію. Рестриктивний ІВВ-підхід забезпечив показники ТФС, зіставлювані з пацієнтами без ожиріння, попри подібні показники тяжкості травми та операційної крововтрати.

**Висновки.** Розрахунок об'єму інфузійної терапії за фактичною масою у хворих з ожирінням призводить до клінічно значущого накопичення рідини в грудній клітці та більш вираженої гемодилуції. Рестриктивна схема з використанням ідеальної маси тіла ефективніше підтримує баланс рідини й може знижувати ризик легеневих ускладнень. Доцільно розглянути впровадження ІВВ-орієнтованих розрахунків у ранньому періоді ресусцитації пацієнтів із політравмою та ожирінням.

#### Для цитування:

Гогія М. О., Курсов С. В., Марков О.В., Ляшок А.Л. Оцінка кількості рідини в грудній клітці у пацієнтів з політравмою з різним індексом маси тіла під впливом звичайного та рестриктивного режимів інфузійної терапії. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія Медицина.* 2025. Т. 33. № 3 (54). С. 407–418. DOI: <https://doi.org/10.26565/2313-6693-2025-54-09>

#### Keywords:

polytrauma, obesity, restrictive fluid resuscitation, thoracic fluid content, ideal body weight, hemodilution, fluid overload.

#### For correspondence:

Gogiya Madona Otarivna  
V.N. Karazin Kharkiv National University  
of the Ministry of Education and Science  
of Ukraine, Department of General Surgery,  
Anesthesiology and Palliative Medicine;  
4 Svobody Sq., Kharkiv, Ukraine, 61022;  
e-mail: [m.o.gogiya@karazin.ua](mailto:m.o.gogiya@karazin.ua)

© Gogiya M.O., Kursov S.V.,  
Markov O.V., Liashok A.L., 2025

#### ABSTRACT

**Background.** Capillary-leak-driven fluid overload is a frequent complication in polytrauma, and obesity further amplifies this risk because standard body-weight-based resuscitation may overestimate the true distribution volume.

**Purpose** – to evaluate how different body-mass-index categories and two infusion-volume calculation strategies influence thoracic fluid accumulation during the first week after injury.

**Materials and methods.** A prospective cohort of 106 adults with polytrauma that included closed abdominal injury underwent emergency laparotomy and was divided into four groups: normal BMI (18.5 – 24.9 kg/m<sup>2</sup>, n = 34), overweight (25 – 29.9 kg/m<sup>2</sup>, n = 36), obese I with conventional fluid dosing (30–34.9 kg/m<sup>2</sup>, actual body weight, n = 21), and obese I with restrictive dosing based on ideal body weight (IBW, n = 15). Daily intravenous volumes were 30 ml × actual weight + pathologic losses in groups 1–3 and 40 ml × IBW + losses in group 4. Thoracic fluid content (TFC) was measured by 60-kHz electrical bioimpedance on days 1, 3, 5, 7; hemoglobin levels were recorded before and 1 h after initial resuscitation.

**Results.** On day 1 the obese-conventional group exhibited the highest TFC (7.19 ± 0.58 L) compared with normal (6.45 ± 0.49 L), overweight (6.76 ± 0.71 L), and obese-IBW patients (6.67 ± 0.53 L; P < 0.05) and maintained this excess throughout the study period. Hemoglobin fell more sharply in the obese-conventional cohort (-24.3 ± 6.3 g/L) versus the other groups (-27.9 ± 8.3 g/L in normal weight; P < 0.05), indicating greater hemodilution. Restrictive IBW-based dosing mitigated thoracic fluid accumulation to values comparable with non-obese patients despite similar injury severity scores and operative blood loss.

**Conclusions.** Calculating infusion volumes from actual body weight in obese polytrauma patients leads to clinically significant thoracic fluid overload and greater hemodilution. A restrictive regimen using ideal body weight better preserves fluid balance and may lower the risk of pulmonary complications. Adoption of IBW-guided dosing should be considered when managing early resuscitation in this population.

#### For citation:

Gogiya MO, Kursov SV, Markov OV, Liashok AL. Assessment of thoracic fluid volume in polytrauma patients with different body mass indexes under standard and restrictive infusion therapy regimens. *The Journal of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series Medicine.* 2025;3(54):407–418. DOI: <https://doi.org/10.26565/2313-6693-2025-54-09>

#### ВСТУП

Політравма залишається однією з провідних причин передчасної смерті та інвалідизації у світі, поступаючись лише серцево-судинним та онкологічним захворюванням. За оцінками Global Burden of Disease Study 2021, травматичні ушкодження зумовлюють понад 10% загального тягаря хвороб, а в країнах із низьким та середнім рівнем доходу – до 15% [1]. Одночасно пандемія ожиріння продовжує набирати обертів: глобальна поширеність ІМТ ≥ 30 кг/м<sup>2</sup> зросла вдвічі з 1990 р. і нині перевищує 650 млн осіб дорослого населення. У популяції постраждалих з політравмою частка пацієнтів із ожирінням коливається від 20 до 35%, а ожиріння III ст. достовірно підвищує госпітальну летальність порівняно з нормальною масою тіла [2].

Політравма є серйозною причиною для розвитку шоку та SIRS [3–5]. Синдром капілярного витoku є ускладненням, що притаманне для шоку та реакції системної запальної відповіді (SIRS) [3, 6]. Втрата рідини із судин до інтерстицію відбувається через

#### INTRODUCTION

Polytrauma remains one of the leading causes of premature death and disability worldwide, second only to cardiovascular and oncological diseases. According to the Global Burden of Disease Study 2021, traumatic injuries account for over 10% of the total disease burden, and in low- and middle-income countries, this figure reaches up to 15% [1]. Simultaneously, the obesity pandemic continues to escalate: the global prevalence of BMI ≥ 30 kg/m<sup>2</sup> has doubled since 1990 and now exceeds 650 million adults. Among polytrauma patients, the proportion of individuals with obesity ranges from 20% to 35%, and class III obesity significantly increases in-hospital mortality compared to patients with normal body weight [2].

Polytrauma is a major trigger for the development of shock and systemic inflammatory response syndrome (SIRS) [3–5]. Capillary leak syndrome is a complication commonly associated with both shock and SIRS [3, 6]. Fluid loss from the intravascular space into

патологічне збільшення проникності судинної стінки в умовах масивної продукції прозапальних медіаторів [4–6]. Легеневі капіляри мають дуже тонкі стінки, що, з одного боку, сприяє вільному газообміну між альвеолами та капілярами, проте, з іншого боку, завжди асоційоване з збільшенням втрати через них внутрішньосудинної рідини, що загрожує розвитком синдрому гострої дихальної недостатності [7, 8]. Причиною накопичення рідини в легеновому інтерстиції часто є неадекватно високий темп рідинної ресусцитації [9]. Традиційні ліберальні схеми кристалоїдної ресусцитації, які ігнорують індивідуальні особливості маси тіла та судинної проникності, асоціюються з погіршенням газообміну, ARDS та збільшенням летальності. Огляд 2025 р. підкреслює, що агресивне плазмозаміщення корелює з вищою частотою поліорганної недостатності і дедалі частіше поступається місцем персоналізованим, цільовим протоколам «fluid stewardship» [10]. Аналогічно, рандомізовані дослідження у хворих з травматичним геморагічним шоком демонструють, що рестриктивна ресусцитація знижує частоту коагулопатій і ускладнень порівняно з конвенційними підходами [11], тоді як критичний огляд 2024 р. наголошує на потребі переоцінки ліберальної кристалоїдної стратегії в перші години після травми [12].

Пацієнти з ожирінням мають нижчу питому водомісткість жирової тканини, а кровотік повільніший, ніж у м'язовій тканині. Невиправдане масштабування об'єму рідини на актуальну масу тіла призводить до кумуляції «вільної» води в тканинах з меншим компартментом розподілу та підвищує ризик інтра-торакального водного «перевантаження». Метааналіз 2022 р. показав, що використання ідеальної маси тіла (IBW, ideal body weight) для розрахунку інфузії у хворих з ожирінням асоціюється з нижчою летальністю порівняно з підходом «мл × актуальна маса тіла» [13]. Водночас результати деяких досліджень вказують, що надлишкова рідина «менш шкідлива» у молодших або огрядних пацієнтів, але вимагає ретельного моніторингу й ранньої «дересусцитації» [14]. Таким чином, консенсусу щодо оптимальної формули розрахунку досі немає, а великі проспективні дослідження відсутні.

Електрична біоімпедансна оцінка Thoracic Fluid Content (TFC) набуває популярності як швидкий та безпечний спосіб виявлення внутрішньогрудної гіпергідратації. У кардіології та педіатричній реанімації TFC уже зарекомендував себе як маркер раннього набряку легень та капілярного витоку [15], а останні оглядові публікації демонструють точність і відтворюваність методики в умовах відділень інтенсивної терапії [16]. Проте об'єм доказів щодо застосування TFC у дорослих політравмованих пацієнтів – особливо з різними категоріями ІМТ – залишається обмеженим [17].

**Мета роботи** – вивчення кількості рідини в грудній клітці у пацієнтів з політравмою, які мали різний індекс маси тіла (ІМТ), і до яких застосовувалися різні способи розрахунку добової інфузійної терапії.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

До дослідження було включено 106 пацієнтів із політравмою, обов'язковим структурним компонентом якої була закрита абдомінальна травма. Усі пацієнти

the interstitium occurs due to pathological increases in vascular wall permeability under conditions of massive production of pro-inflammatory mediators [4–6]. Pulmonary capillaries have extremely thin walls, which on the one hand facilitates efficient gas exchange between the alveoli and capillaries, but on the other hand, is consistently associated with increased intravascular fluid loss through the alveolar-capillary barrier, predisposing to the development of acute respiratory distress syndrome (ARDS) [7, 8]. A frequent cause of fluid accumulation in the pulmonary interstitium is an inadequately high rate of fluid resuscitation [9]. Traditional liberal crystalloid resuscitation protocols, which disregard individual differences in body weight and vascular permeability, are associated with impaired gas exchange, ARDS, and increased mortality. A 2025 review highlights that aggressive plasma volume replacement correlates with a higher incidence of multiple organ failure and is increasingly being replaced by personalized, goal-directed «fluid stewardship» protocols [10]. Similarly, randomized trials in patients with traumatic hemorrhagic shock demonstrate that restrictive resuscitation reduces the incidence of coagulopathies and complications compared to conventional approaches [11], while a critical 2024 review emphasizes the need to reassess liberal crystalloid strategies during the early hours post-trauma [12].

Patients with obesity have lower specific water content in adipose tissue, and blood flow is slower compared to that in muscle tissue. Inappropriate scaling of fluid volume to actual body weight leads to the accumulation of «free» water in tissues with a smaller distribution compartment and increases the risk of intrathoracic fluid overload. A 2022 meta-analysis demonstrated that using ideal body weight (IBW) to calculate fluid infusion in obese patients is associated with lower mortality compared to the «mL × actual body weight» approach [13]. At the same time, several studies suggest that fluid overload may be «less harmful» in younger or obese patients but still requires close monitoring and early «deresuscitation» [14]. Thus, there is still no consensus on the optimal calculation formula, and large prospective studies are lacking.

Thoracic Fluid Content (TFC) assessment using electrical bioimpedance is gaining popularity as a rapid and safe method for detecting intrathoracic hyperhydration. In cardiology and pediatric intensive care, TFC has already proven to be a marker of early pulmonary edema and capillary leak [15], and recent review publications demonstrate the accuracy and reproducibility of the method in intensive care unit settings [16]. However, the body of evidence regarding the use of TFC in adult polytrauma patients-particularly across different BMI categories-remains limited [17].

**Objective** – of the study was to assess the amount of thoracic fluid in polytrauma patients with different body mass index (BMI) values who received daily infusion therapy calculated using various approaches.

## MATERIALS AND METHODS OF RESEARCH

The study included 106 patients with polytrauma, all of whom had closed abdominal injury as a mandatory structural component. All patients underwent emergency

були прооперовані в ургентному порядку шляхом лапаротомії. Залежно від величини індексу маси тіла (ІМТ) пацієнтів розподілено на чотири дослідні групи. До першої групи увійшли 34 пацієнти з нормальними показниками ІМТ (18,5–24,9 кг/м<sup>2</sup>), до другої – 36 осіб із надлишковою масою тіла (ІМТ 25–29,9 кг/м<sup>2</sup>), третю (n = 21) та четверту (n = 15) групи склали пацієнти з ожирінням I ступеня (ІМТ 30–34,9 кг/м<sup>2</sup>), яким призначали різні схеми розрахунку добового об'єму інфузійної терапії. Таким чином, було сформовано чотири дослідні групи.

Для обґрунтування підходів до визначення обсягу інфузійної терапії у пацієнтів з ожирінням було обрано контингент постраждалих із закритою травмою живота. Такий вибір зумовлений тим, що гостра хірургічна патологія органів черевної порожнини та позаочеревинного простору, як правило, супроводжується необхідністю тривалого парентерального введення рідини, значними патологічними втратами внаслідок секвестрації в набряклій очеревині, стінці кишківника, жировій клітковині позаочеревинного простору, а також втратою рідини через дренажні системи та декомпресійні зонди. Відповідно, такі пацієнти часто потребують значного обсягу інфузійної підтримки та ретельного контролю водно-електролітного балансу [18].

Характеристики чотирьох груп пацієнтів із політравмою, до складу якої входила закрыта абдомінальна травма, наведено в таблиці 1. У таблиці подано показники гемодинаміки при надходженні хворих до операційної, а також рівень гемоглобіну (Hb) у крові – при госпіталізації до операційного блоку та через одну годину після проведення інфузійної реанімації із застосуванням кристалоїдних плазмозамінників. Після завершення початкового етапу інфузійної терапії всі пацієнти отримували трансфузію компонентів крові: еритроцитарної маси при зниженні Hb < 90 г/л і свіжозамороженої плазми.

Розрахунок обсягу інфузійної терапії в умовах ВІТ проводився за наступним принципом: для пацієнтів 1-ї, 2-ї та 3-ї груп добовий обсяг визначали за формулою 30 мл/кг актуальної маси тіла з додатковим урахуванням патологічних втрат рідини. Для хворих 4-ї групи інфузійна терапія призначалась із розрахунку на ідеальну масу тіла (IBW, ideal body weight).

IBW розраховували, орієнтуючись на рекомендації Європейського товариства інтенсивної терапії та Британського торакального товариства [19].

$IBW (кг) = 50 + 2,3 \times (\text{зріст} (см) / 2,54 - 60)$  для чоловіків (1)  
 $IBW (кг) = 45,5 + 2,3 \times (\text{зріст} (см) / 2,54 - 60)$  для жінок (2)

Пацієнтам 4-ї групи добовий обсяг інфузійної терапії забезпечували із розрахунку  $40 \text{ мл} \times IBW + \text{повна компенсація патологічних втрат рідини}$ .

surgery via laparotomy. Based on body mass index (BMI) values, patients were divided into four study groups. The first group included 34 patients with normal BMI (18.5–24.9 kg/m<sup>2</sup>); the second group consisted of 36 patients who were overweight (BMI 25–29.9 kg/m<sup>2</sup>); the third (n = 21) and fourth (n = 15) groups comprised patients with class I obesity (BMI 30–34.9 kg/m<sup>2</sup>), who received different infusion therapy volume calculation protocols. Thus, four study groups were formed.

To substantiate the approaches for determining the volume of infusion therapy in patients with obesity, the study focused on individuals with closed abdominal trauma. This choice was based on the fact that acute surgical pathology of the abdominal and retroperitoneal organs typically necessitates prolonged parenteral fluid administration due to significant pathological losses. These losses result from fluid sequestration in edematous peritoneum, bowel wall, retroperitoneal adipose tissue, as well as from fluid loss through drainage systems and decompression tubes. Consequently, such patients often require large volumes of infusion support and meticulous monitoring of fluid and electrolyte balance [18].

The characteristics of the four groups of polytrauma patients, all of whom had closed abdominal trauma, are presented in Table 1. The table includes hemodynamic parameters upon admission to the operating room, as well as hemoglobin (Hb) levels—both at the time of hospitalization to the surgical unit and one hour after infusion resuscitation using crystalloid plasma substitutes. After completion of the initial stage of infusion therapy, all patients received blood component transfusion: packed red blood cells were administered when Hb levels dropped below 90 g/L, along with fresh frozen plasma.

The calculation of infusion therapy volume in the ICU was performed according to the following principle: for patients in Groups 1, 2, and 3, the daily infusion volume was determined using the formula of 30 mL/kg of actual body weight, with additional consideration of pathological fluid losses. For patients in Group 4, infusion therapy was calculated based on ideal body weight (IBW).

IBW was calculated according to the recommendations of the European Society of Intensive Care Medicine and the British Thoracic Society [19]:

$IBW (kg) = 50 + 2.3 \times (\text{height} (cm) / 2.54 - 60)$  for men (1)  
 $IBW (kg) = 45.5 + 2.3 \times (\text{height} (cm) / 2.54 - 60)$  for women (2)

For patients in Group 4, the daily infusion volume was administered based on the formula of  $40 \text{ mL} \times IBW$ , along with full compensation for pathological fluid losses.

**Таблиця 1.** Характеристика хворих з політравмою, одним з компонентів якої була закрыта травма живота, що включені до дослідження (M±SD)  
**Table 1.** Characteristics of polytrauma patients with closed abdominal injury included in the study (M±SD)

Показник / Група Indicator / Group	Група 1 норм. маса тіла Group 1 Normal weight n=34	Група 2 надлиш. маса тіла Group 2 Overweight n= 36	Група 3 ожиріння 1ст. Group 3 Obesity 1st degree n=21	Група 4 ожиріння 1ст. Group 4 Obesity 1st degree n=15
Чоловіки/жінки / Men/women	29/5	32/4	15/6	10/5
Вік, роки / Age, years	37,97±14,92	38,69±12,90	34,62±12,89	42,53±8,92
Зріст, м / Height, m	1,75±0,06	1,74±0,06	1,71±0,07	1,68±0,07
Маса тіла, кг / Weight, kg	70,79±5,25	80,03±6,24	94,62±8,82	90,60±7,64

Продовження табл. 1

Показник / Група Indicator / Group	Група 1 норм. маса тіла Group 1 Normal weight n=34	Група 2 надлиш. маса тіла Group 2 Overweight n= 36	Група 3 ожиріння 1ст. Group 3 Obesity 1st degree n=21	Група 4 ожиріння 1ст. Group 4 Obesity 1st degree n=15
ІМТ, кг/м <sup>2</sup> / BMI, kg/m <sup>2</sup>	23,14±1,10	26,49±1,18	32,13±1,54	32,18±1,53
Площа тіла, м <sup>2</sup> / Body area, m <sup>2</sup>	1,85±0,10	1,96±0,10	2,12±0,14	2,05±0,12
Ідеальна маса тіла, кг розрахована Ideal body weight, kg estimated	69,70±6,49	68,83±6,08	65,99±8,24	62,38±6,86
Оцінка AIS, бали / AIS score, points	3,15±0,36	3,11±0,32	3,10±0,44	3,20±0,41
Оцінка ISS, бали ISS score, points	27,85±8,10	27,58±8,44	23,52±3,75	27,07±9,59
Нб при надходженні, г/л Hb on admission, g/l	128,8±8,7	127,8±8,0	127,1±18,6	130,1±7,6
Нб через 1 год. рідин. ресусцит., г/л Hb after 1 hour of fluid resuscitation, g/l	99,4±9,1	100,5±10,3	102,8±12,3	98,5±9,8
Систол. АТ, мм Hg Systolic blood pressure, mm Hg	106,9±15,6	106,1±16,7	109,8±11,1	108,0±18,1
Діастол. АТ, мм Hg Diastolic blood pressure, mm Hg	68,7±8,6	66,8±9,4	70,5±6,7	67,7±9,8
Середн. АТ, мм Hg Mean BP, mm Hg	81,4±10,9	79,9±11,7	83,6±7,9	81,1±12,5
Частота пульсу, од./хв при надходж. Pulse rate, units/min at arrival	101,6±10,3	100,8±10,1	96,6±11,7	100,6±11,0
ЦВТ, мм H <sub>2</sub> O CVT, mm H <sub>2</sub> O	12,65±9,07	10,28±8,61	12,86±5,61	12,00±8,19
Шоковий індекс Shock index	0,99±0,26	0,99±0,27	0,89±0,16	0,98±0,30
Модифікований шоковий індекс Modified Shock Index	1,29±0,32	1,31±0,33	1,17±0,21	1,29±0,38

**Примітка:**

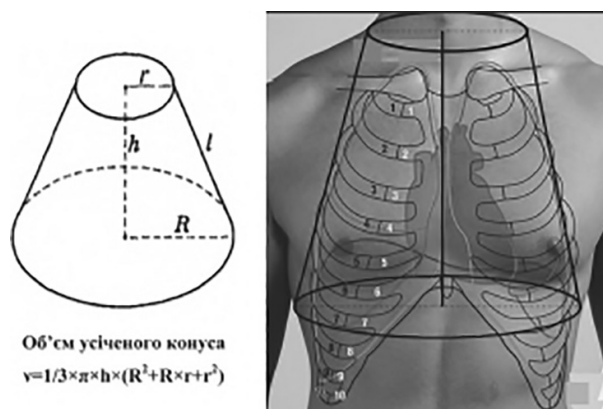
знайдено достовірні розбіжності при порівнянні показників маси тіла, ІМТ та площі поверхні тіла у пацієнтів з нормальною й надлишковою масою тіла та у хворих з ожирінням обох (3 і 4) груп. Між іншими показниками розбіжностей не знайдено.

**Note:**

statistically significant differences were found in body weight, BMI, and body surface area between patients with normal and overweight status and those with obesity (Groups 3 and 4). No significant differences were observed in the other parameters.

Для кількісної оцінки змін вмісту рідини в грудній клітці в процесі проведення лікування в теперішній час широко застосовуються електричні імпедансні дослідження. Адже вони не зв'язані із променевим навантаженням, не потребують транспортування пацієнта, під час якого можуть обмежуватися можливості якісної ШВЛ, застосування кисню та гемодинамічної

Electrical impedance measurements are now widely used for the quantitative assessment of changes in thoracic fluid content during treatment. These methods are free of radiation exposure and do not require patient transport, which may otherwise limit the quality of mechanical ventilation, oxygen therapy, and hemodynamic support. Thoracic fluid content is represented by the parameter



**Рис. 1.** Обчислення об'єму грудної клітки на основі моделі усіченого конуса з подальшим визначенням вмісту рідини в грудях за допомогою вимірювання величини електричного грудного імпедансу [20, 21]  
**Fig. 1.** Calculation of thoracic volume based on the truncated cone model, followed by determination of thoracic fluid content through measurement of thoracic electrical impedance [20, 21]

корекції. Кількість рідини в грудній клітці характеризують показником Thoracic Fluid Content (TFC), який виражають в умовних одиницях на 1 Ом ( $1/\Omega$ ) або на 1 КОм ( $1/k\Omega$ ) величини електричного грудного імпедансу (рис. 1) [20, 21].

Для визначення величини грудного електричного імпедансу на шию та грудну клітку хворих накладали кільцеві електроди та використовували частоту електричного струму 60 КГц на реографі Реоком (ХАІ-Медика).

Об'єм рідини в грудній клітці розраховували за формулою:

$$V = \gamma \times v / Z \times (R - r), \quad (3)$$

де  $V$  – об'єм рідини в грудній клітці,  $\text{cm}^3$ ;

$\gamma$  – усереднена питома електрична провідність крові =  $150 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ ;

$v$  – об'єм грудної клітки,  $\text{cm}^3$ ;

$Z$  – електричний імпеданс грудної клітки в Омах;

$R$  – радіус грудної клітки, що дорівнює  $c / 2\pi$ ;

$r$  – радіус шиї, що дорівнює  $c / 2\pi$ ;

$\pi$  – 3,14.

Різниця ( $R - r$ ) допомагає зменшити похибку, що зумовлена наявністю в грудній клітці хребтового стовбуру, що несе досить значний відсоток сполучної тканини, яка містить лише 20-30% рідини та має питому електричну провідність лише  $8,3 \text{ Ом} \cdot \text{см}$  [11, 12]. Відсоток води в грудній клітці визначали за формулою:

Відсоток води =  $100 \times \text{TFC} / \text{об'єм грудної клітки}$  (4)

Вміст рідини в грудній клітці в умовних одиницях в розрахунку на 1 КОм розраховували за формулою:

Вміст води в грудній клітці ( $1/k\Omega$ ) =  $1000 / Z$  (5),

де  $Z$  – електричний імпеданс грудної клітки в Омах.

Дослідження виконували на 1-шу, 3-тю, 5-ту та 7-му добу від отримання травми в умовах ВІТ.

Програму дослідження було розглянуто та схвалено Комісією з етики та біоетики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна (Протокол № 2 від 03.10.2021 р.). Документація була підготовлена відповідно до положень Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації (1964 р., з оновленням 2013 р.), «Міжнародних етичних настанов для біомедичних досліджень за участю людини» (CIOMS, 2016), а також приведена у відповідність до таких міжнародних та національних нормативно-правових актів: «Конвенція про права людини і біомедицину» (Ов'єдо, 1997), Настанова ICH-GCP E6(R2) щодо належної клінічної практики, Регламент ЄС 2016/679 (GDPR) з питань захисту персональних даних, Закон України «Основи законодавства України про охорону здоров'я» № 2801-XII від 19.11.1992 р., Закон України «Про захист персональних даних» № 2297-VI від 01.06.2010 р., Наказ МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р. та Наказ МОЗ України № 199 від 22.09.2005 р.

Усі учасники дослідження надали письмову інформовану згоду на участь у дослідженні та на обробку персональних даних. Лікувально-діагностичні заходи проводилися з дотриманням вимог чинних нормативів, принципів добровільності участі, забезпечення конфіденційності та безпеки пацієнтів.

Результати дослідження оброблено за допомогою визнаних методів сучасної математичної статистики та представлено у вигляді  $M \pm SD$  (значення середньої статистичної величини  $\pm$  стандартне відхилення). Для визначення достовірності відмінності результатів перевіряли вибірки на нормальність розподілу. При

Thoracic Fluid Content (TFC), which is expressed in arbitrary units per ohm ( $1/\Omega$ ) or per kilohm ( $1/k\Omega$ ) of thoracic electrical impedance (Fig. 1) [20, 21].

To measure thoracic electrical impedance, ring electrodes were placed on the patients' neck and chest, and an electrical current frequency of 60 kHz was applied using the Reokom rheograph (KHAI-Medica).

The volume of fluid in the thoracic cavity was calculated using the following formula:

$$V = \gamma \times v / Z \times (R - r), \quad (3)$$

where:  $V$  – volume of fluid in the thoracic cavity,  $\text{cm}^3$ ;

$\gamma$  – average specific electrical conductivity of blood =  $150 \Omega \cdot \text{cm}$ ;

$v$  – thoracic volume,  $\text{cm}^3$ ;

$Z$  – thoracic electrical impedance, in ohms;

$R$  – radius of the chest, equal to  $c / 2\pi$ ;

$r$  – radius of the neck, equal to  $c / 2\pi$ ;

$\pi$  = 3.14.

The difference ( $R - r$ ) helps to reduce the error caused by the presence of the vertebral column within the thoracic cavity, which contains a considerable proportion of connective tissue. This tissue holds only 20–30% fluid and has a specific electrical conductivity of just  $8.3 \Omega \cdot \text{cm}$  [11, 12].

The percentage of water in the thoracic cavity was calculated using the following formula:

Water percentage =  $100 \times \text{TFC} / \text{thoracic volume}$  (4)

Thoracic fluid content in arbitrary units per kilohm was calculated using the formula:

Thoracic fluid content ( $1/k\Omega$ ) =  $1000 / Z$  (5)

where  $Z$  is the thoracic electrical impedance in ohms.

The study was conducted on days 1, 3, 5, and 7 following the trauma in the intensive care unit (ICU).

The study protocol was reviewed and approved by the Ethics and Bioethics Committee of V.N. Karazin Kharkiv National University (Protocol No. 2 dated October 3, 2021).

All documentation was prepared in accordance with the provisions of the World Medical Association's Declaration of Helsinki (1964, with updates in 2013), the International Ethical Guidelines for Biomedical Research Involving Human Subjects (CIOMS, 2016), and aligned with the following international and national regulatory acts: the Convention on Human Rights and Biomedicine (Oviedo, 1997), the ICH-GCP E6(R2) guideline on Good Clinical Practice, EU Regulation 2016/679 (GDPR) on personal data protection, the Law of Ukraine «Fundamentals of the Legislation of Ukraine on Health Care» No. 2801-XII of November 19, 1992, the Law of Ukraine «On Personal Data Protection» No. 2297-VI of June 1, 2010, as well as Orders of the Ministry of Health of Ukraine No. 690 dated September 23, 2009, and No. 199 dated September 22, 2005.

All study participants provided written informed consent for participation and for the processing of personal data.

Diagnostic and therapeutic procedures were performed in accordance with current regulations, adhering to the principles of voluntary participation, confidentiality, and patient safety.

The study results were analyzed using established methods of modern statistical analysis and presented as  $M \pm SD$  (mean  $\pm$  standard deviation).

To determine the significance of differences between groups, data sets were first tested for normality. For normally distributed data, analysis of variance (ANOVA) with the

нормальному розподілу використовували дисперсійний аналіз з параметричним критерієм множинних порівнянь Шеффе. При відсутності нормальності розподілу використовували непараметричні критерії множинних порівнянь Данна та Крускала-Уолліса.

parametric Scheffé post hoc test was used. For data not normally distributed, the nonparametric Dunn's test and Kruskal-Wallis test for multiple comparisons were applied.

## РЕЗУЛЬТАТИ

Результати дослідження представлено в таблиці 2. Вже на 1-шу добу дослідження показник TFC у пацієнтів 3-ї групи, тих хто мав ожиріння та отримував інфузійну терапію із звичайного розрахунку, був достовірно більшим, ніж у хворих 1-ї, 2-ї та 4-ї групи. Механічний розрахунок обсягу інфузії на актуальну масу тіла в пацієнтів з ожирінням приводив до накопичення рідини в грудній клітці. Адже жирова тканина містить значно менше рідини, ніж, наприклад, м'язи та паренхіма внутрішніх органів. Швидкість кровотоку в жировій тканині також є меншою. Таким чином надлишок рідини, що введена парентерально,

## RESULTS

The study results are presented in Table 2. Already on day 1, the TFC value in Group 3 patients-those with obesity who received infusion therapy based on actual body weight-was significantly higher than in patients from Groups 1, 2, and 4.

Mechanical calculation of infusion volume using actual body weight in obese patients led to fluid accumulation in the thoracic cavity. This is because adipose tissue contains substantially less water than, for example, muscle tissue or the parenchyma of internal organs. In addition, blood flow in adipose tissue is slower. As a result, the excess parenterally administered fluid

**Таблиця 2.** Динаміка вмісту рідини в грудній клітці в групах дослідження (M±SD)  
**Table 2.** Dynamics of thoracic fluid content in the study groups (M±SD)

Показник / Група Indicator / Group	Група 1 норм. маса тіла Group 1 Normal weight n=34	Група 2 надлиш. маса тіла Group 2 Overweight n= 36	Група 3 ожиріння 1ст. Group 3 Obesity 1st degree n=21	Група 4 ожиріння 1ст. Group 4 Obesity 1st degree n=15
Обсяг інфузії, мл / Infusion volume, ml	2124±158	2401±187	2839±265	2495±274
Ендогенна вода, мл / Endogenous water, ml	460±24	490±26	530±35	510±30
Об'єм грудної клітки, см <sup>3</sup> / Chest volume, cm <sup>3</sup>	9444±791	9855±1031	10179±785	9579±805
p	2   3	1	1	
Thoracic fluid content (TFC), см <sup>3</sup> 1-ша доба / 1st day	6447±493	6762±709	7193±583	6668±528
p	2   3	1   3	1   2   4	3
3-тя доба / 3rd day	6211±473	6516±680	7234±625	6722±550
p	2   3   4	1   3	1   2   4	1       3
5-та доба / 5rd day	6152±487	6436±702	6968±568	6357±519
p	3	3	1   2   4	3
7-ма доба / 7rd day	6057±488	6394±670	6876±566	6256±494
p	2   3   4	1   3	1   2   4	1       3
% води в грудній клітці, 1-ша доба % water in the chest, 1st day	68,34±2,26	68,63±1,58	70,69±1,77	69,65±1,39
p	3	3	1   2	
3-тя доба / 3rd day	65,84±2,10	66,14±1,48	71,05±2,16	70,23±2,40
p	3   4	3   4	1   2	1   2
5-та доба / 5rd day	65,20±1,99	65,29±1,52	68,45±1,38	66,43±2,59
p	3	3	1   2   4	3
7-ма доба / 7th day	64,16±1,00	64,89±1,21	67,54±1,18	65,35±1,60
p	2   3   4	1   3	1   2   4	1       3
Вміст рідини в грудній клітці, 1/КΩ / 1-ша доба Chest fluid content, 1/KΩ / Day 1	37,93±1,51	37,60±1,16	39,14±1,27	38,00±0,97
p	3	3	1   2   4	3
3-тя доба / 3rd day	36,55±1,41	36,24±1,07	39,34±1,53	38,31±1,32
p	3   4	3   4	1   2	1   2
5-та доба / 5th day	36,19±1,42	35,78±1,19	37,91±1,17	35,65±0,86
p	3	3	1   2   4	3
7-ма доба / 7th day	35,61±0,94	35,55±0,99	37,40±1,19	36,23±1,26
p	3	3	1   2   4	3

**Примітка:** символом \* позначено наявність достовірної відмінності при порівнянні показників між певними групами.

**Note:** an asterisk (\*) indicates a statistically significant difference between specific groups.

розподіляється на користь інших органів та тканин. І ця рідина може бути зайвою. Накопичення рідини в легеневому інтерстиції веде до погіршення механічних властивостей легень, погіршенню вентиляції та вентиляційно-перфузійних співвідношень. Це може привести до виникнення дихальної недостатності [22].

Показник TFC у хворих 3-ї групи був достовірно більшим, ніж аналогічний показник у хворих всіх інших груп протягом всього часу дослідження. Відсоток води в грудній клітці у пацієнтів 3-ї групи був достовірно більшим на 1-шу добу, ніж у хворих з нормальним ІМТ та хворих з надлишковою масою тіла. Якщо у пацієнтів з нормальним ІМТ на 1-шу добу він сягав ( $68,34 \pm 2,26$ )%, а у хворих з надлишковою масою тіла ( $68,63 \pm 1,58$ )%, то у пацієнтів 3-ї групи він в цей час становив ( $70,69 \pm 1,77$ )% (при обох порівняннях  $P < 0,05$ ). У пацієнтів 4-ї групи він достовірно не відрізнявся від таких показників хворих 1-ї та 2-ї групи. Короткочасно на 3-тю добу дослідження відсоток води в грудній клітці у пацієнтів 4-ї групи був достовірно більшим, ніж у хворих 1-ї та 2-ї групи. А у хворих 3-ї групи він залишався достовірно більшим до кінця обстеження. Причому на 5-ту та 7-му добу достовірно перевищував відсоток рідини в грудній клітці у хворих 4-ї групи. Наприкінці дослідження відсоток води в грудній клітці у хворих 1-ї групи становив ( $64,16 \pm 1,00$ )%, у пацієнтів 2-ї групи ( $64,89 \pm 1,21$ )%, то у пацієнтів з ожирінням, які отримували інфузію в звичайному темпі, відсоток рідини в грудній клітці сягав ( $67,54 \pm 1,18$ )%, що також було достовірно більше, ніж у хворих з ожирінням, які отримували рідину в рестриктивному режимі – ( $65,35 \pm 1,60$ )% – 4-та група дослідження.

Вміст рідини в грудній клітці в умовних одиницях на 1 КОМ одразу з 1-ї доби дослідження був достовірно більшим у хворих 3-ї групи, ніж у пацієнтів 1-ї, 2-ї та 4-ї групи. Для хворих 1-ї групи цей показник становив ( $37,93 \pm 1,51$ ) 1/КΩ; для пацієнтів 2-ї групи – ( $37,60 \pm 1,16$ ) 1/КΩ, а для хворих 4-ї групи – ( $38,00 \pm 0,97$ ) 1/КΩ. Тоді як у пацієнтів 3-ї групи він сягав ( $39,14 \pm 1,27$ ) 1/КΩ (для всіх порівнянь з 3-ю групою  $P < 0,05$ ). Ці співвідношення залишалися незмінними протягом всього часу дослідження. В кінці обстеження вміст рідини в грудній клітці в умовних одиницях на 1 КОМ у хворих 1-ї групи становив ( $35,61 \pm 0,94$ ) 1/КΩ, у хворих 2-ї групи був ( $35,55 \pm 0,99$ ) 1/КΩ, а у пацієнтів 4-ї групи дорівнював ( $36,23 \pm 1,26$ ) 1/КΩ, тоді як у пацієнтів 3-ї групи сягав ( $37,40 \pm 1,19$ ) 1/КΩ.

## ОБГОВОРЕННЯ

Отримані результати свідчать про наявність зв'язку між індексом маси тіла пацієнтів та зміною концентрації гемоглобіну після проведення інфузійної терапії в ургентному періопераційному періоді. Зокрема, у пацієнтів з ожирінням, яким обсяг інфузійної терапії розраховувався на актуальну масу тіла, відзначено більш виражене зниження рівня гемоглобіну після проведення рідинної ресусцитації. Це може свідчити про відносне гемодилуційне переважання, що пов'язане з особливостями розподілу водної фракції в організмі осіб із надлишковою жировою масою.

becomes redistributed to other organs and tissues, where it may be unnecessary.

Fluid accumulation in the pulmonary interstitium impairs the mechanical properties of the lungs, worsens ventilation and ventilation-perfusion matching, and may ultimately lead to the development of respiratory failure [22].

The TFC value in Group 3 patients remained significantly higher than in all other groups throughout the entire study period.

On day 1, the percentage of water in the thoracic cavity in Group 3 was significantly higher compared to patients with normal BMI and those who were overweight. Specifically, in patients with normal BMI, it was ( $68.34 \pm 2.26$ )%, and in overweight patients – ( $68.63 \pm 1.58$ )%, whereas in Group 3 patients it reached ( $70.69 \pm 1.77$ )% ( $P < 0.05$  for both comparisons).

In Group 4, the percentage of thoracic water content did not significantly differ from the values observed in Groups 1 and 2.

On day 3, there was a transient increase in thoracic water content in Group 4, which became significantly higher than in Groups 1 and 2. However, in Group 3, this parameter remained significantly elevated until the end of the observation period.

On both day 5 and day 7, the percentage of thoracic water in Group 3 was also significantly higher than in Group 4.

At the end of the study, the percentage of thoracic water content was ( $64.16 \pm 1.00$ )% in Group 1, ( $64.89 \pm 1.21$ )% in Group 2, and ( $67.54 \pm 1.18$ )% in obese patients who received conventional-rate fluid infusion (Group 3). This was also significantly higher than in obese patients receiving fluid under a restrictive protocol (Group 4), where it was ( $65.35 \pm 1.60$ )%.

From day 1 of the study, thoracic fluid content expressed in arbitrary units per kilohm (1/kΩ) was significantly higher in Group 3 patients compared to those in Groups 1, 2, and 4.

In Group 1, the TFC value was ( $37.93 \pm 1.51$ ) 1/kΩ; in Group 2 – ( $37.60 \pm 1.16$ ) 1/kΩ; and in Group 4 – ( $38.00 \pm 0.97$ ) 1/kΩ. In contrast, patients in Group 3 had a TFC value of ( $39.14 \pm 1.27$ ) 1/kΩ ( $P < 0.05$  for all comparisons with Group 3).

These differences remained consistent throughout the entire study period.

At the end of the observation, the thoracic fluid content in Group 1 was ( $35.61 \pm 0.94$ ) 1/kΩ, in Group 2 – ( $35.55 \pm 0.99$ ) 1/kΩ, and in Group 4 – ( $36.23 \pm 1.26$ ) 1/kΩ, while in Group 3 it reached ( $37.40 \pm 1.19$ ) 1/kΩ.

## DISCUSSION

The obtained results indicate a relationship between patients' body mass index (BMI) and changes in hemoglobin concentration following infusion therapy during the urgent perioperative period.

Specifically, in obese patients who received infusion volumes calculated based on actual body weight, a more pronounced decrease in hemoglobin levels was observed after fluid resuscitation. This may reflect relative hemodilutional overload associated with the distinctive distribution of the body's water fraction in individuals with excess adipose tissue.

Натомість у групі, де обсяг інфузійної терапії був скоригований з урахуванням ідеальної маси тіла (IBW), спостерігалася менша вираженість зниження концентрації гемоглобіну, що може вказувати на доцільність використання IBW як більш точного орієнтира при визначенні обсягу інфузійної терапії у пацієнтів з ожирінням. Ці спостереження узгоджуються з публікаціями, в яких акцентується на обмеженні рідинної ресусцитації в умовах політравми, особливо за наявності факторів, що підвищують ризик інтерстиційної гіпергідратації, таких як ожиріння [3–5].

Крім цього, було продемонстровано, що рестриктивна інфузійна тактика, розрахована за ідеальною масою тіла (IBW), достовірно знижує приріст Thoracic Fluid Content ( $\Delta$ TFC) у першу добу після госпіталізації хворих при політравмі порівняно зі стандартним режимом, особливо у пацієнтів з  $IMT \geq 30$  кг/м<sup>2</sup>. Отримані результати узгоджуються з сучасними клінічними та експериментальними даними, що підтверджують переваги обмеженого об'єму кристалоїдів як до легневих, так і до системних ускладнень.

Когортні та рандомізовані дослідження за останні роки засвідчили, що обмеження початкової інфузії до < 30 мл/кг знижує частоту ARDS, поліорганної недостатності та коагулопатій у травмованих пацієнтів [11, 23]. Наші дані про менший приріст TFC підкріплюють ці спостереження і демонструють фізіологічний механізм захисту легень, зменшення інтраторакального «fluid creep» у фазі системного запалення.

У хворих з ожирінням гідрофобність жирової тканини та нижча перфузія призводять до меншого об'єму розподілу для водної фракції, що робить їх особливо чутливими до перевантаження рідиною. Наші результати про більший приріст TFC у стандартній групі при  $IMT \geq 35$  кг/м<sup>2</sup> корелює з даними систематичного огляду про підвищену летальність від легневих ускладнень саме в цій підгрупі [24]. У той же час «парадокс ожиріння» щодо виживання в ОРІТ, описаний у низці робіт, може пояснюватися саме раннім а не кумулятивним надлишком ендогенної рідини; наш протокол дересусцитації після 24 год частково нівелював цей ефект.

Отже, результати дослідження підтверджують необхідність індивідуалізованого підходу до інфузійної терапії у пацієнтів із надмірною масою тіла та ожирінням. Урахування ідеальної, а не фактичної маси тіла може дозволити уникнути надмірної гемодилуції та потенційно знизити ризики пов'язані з перевантаженням об'ємом.

## ВИСНОВКИ

Застосування традиційної схеми інфузійної терапії – 30 мл × фактична маса тіла + компенсація патологічних втрат у пацієнтів із політравмою та супутнім ожирінням призводить до надмірної акумуляції рідини в грудній клітці. Доцільно використовувати рестриктивний протокол, що передбачає 40 мл × ідеальна маса тіла + компенсація патологічних втрат, який обмежує внутрішньогрудну гіпергідратацію, та тим самим знижує ризик розвитку дихальної недостатності.

In contrast, in the group where infusion volume was adjusted according to ideal body weight (IBW), the decline in hemoglobin concentration was less pronounced, suggesting that IBW may serve as a more accurate reference point for determining infusion volumes in obese patients.

These observations are consistent with published data emphasizing the importance of limiting fluid resuscitation in the context of polytrauma, particularly when risk factors for interstitial hyperhydration, such as obesity, are present [3–5].

In addition, it was demonstrated that a restrictive infusion strategy based on ideal body weight (IBW) significantly reduces the increase in Thoracic Fluid Content ( $\Delta$ TFC) during the first 24 hours after hospital admission for polytrauma, compared to the standard regimen—especially in patients with a BMI  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup>.

The results align with current clinical and experimental evidence supporting the benefits of limiting crystalloid volumes in preventing both pulmonary and systemic complications.

Recent cohort and randomized studies have shown that restricting initial fluid resuscitation to < 30 mL/kg reduces the incidence of ARDS, multiple organ failure, and coagulopathies in trauma patients [11, 23].

Our findings of a lower  $\Delta$ TFC further support these observations and illustrate a physiological mechanism of lung protection through reduced intrathoracic «fluid creep» during the systemic inflammatory response phase.

In obese patients, the hydrophobic nature of adipose tissue and reduced perfusion result in a smaller distribution volume for the aqueous fraction, making them particularly susceptible to fluid overload.

Our findings of a greater increase in TFC in the standard treatment group with BMI  $\geq 35$  kg/m<sup>2</sup> are consistent with data from a systematic review indicating increased mortality from pulmonary complications specifically in this subgroup [24].

At the same time, the so-called «obesity paradox» in ICU survival described in several studies may be explained by early-rather than cumulative-excess of endogenous fluid; our dereuscitation protocol initiated after 24 hours may have partially mitigated this effect.

Thus, the results of this study support the necessity of an individualized approach to infusion therapy in overweight and obese patients.

Accounting for ideal rather than actual body weight may help avoid excessive hemodilution and potentially reduce volume overload-associated risks.

## CONCLUSIONS

The use of the traditional infusion therapy regimen – 30 mL × actual body weight plus compensation for pathological losses—in polytrauma patients with concomitant obesity leads to excessive fluid accumulation in the thoracic cavity.

It is advisable to apply a restrictive protocol based on 40 mL × ideal body weight plus compensation for pathological losses, which limits intrathoracic hyperhydration and thereby reduces the risk of respiratory failure.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ferrari A.J., Santomauro D.F., Aali A., Abate Y.H., Abbafati C., Abbastabar H., et al. Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021 *The Lancet*. 2024. Vol. 403, № 10440. P. 2133–2161. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)00757-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)00757-8)
2. Cromwell P.M., Reynolds I.S., Heneghan H.M., Glasgow S.M. Obesity and outcomes in trauma – a systematic review and meta-analysis *Injury*. 2023. Vol. 54, № 2. P. 469–480. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.injury.2022.10.026>
3. Chakraborty R.K., Burns B. Systemic inflammatory response syndrome *StatPearls*. National Library of Medicine. Last update: May 29, 2023. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK547669/>
4. Li R., Ye J.J., Gan L., Zhang M., Sun D., Li Y., Wang T., Chang P. Traumatic inflammatory response: pathophysiological role and clinical value of cytokines *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2024. Vol. 50. P. 1313–1330. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00068-023-02388-5>
5. Pape C., Moore E.E., McKinley, Sauer A. Pathophysiology in patients with polytrauma *Injury*. 2022. Vol. 53, № 7. P. 2400–2412. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020138322002832>
6. Siddall E., Khatri M., Radhakrishnan J. Capillary leak syndrome: etiologies, pathophysiology, and management *Kidney International*. 2017. Vol. 92, № 1. P. 37–46. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S008525381730073X>
7. Yuan Y. Vascularized lung tissue engineering *Encyclopedia of Tissue Engineering and Regenerative Medicine*. 2019. P. 179–187. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128012383655629>
8. Whitsett A., Zacharias W., Swarr D., Kalinichenko V.V. Cell- and tissue-based therapies for lung disease *Principles of Tissue Engineering (Fifth Edition)*. 2020. Chapter 67. P. 1253–1272. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128184226000691>
9. Claude-De Granado R., Mehta R.L. Fluid overload in the ICU: evaluation and management *BMC Nephrology*. 2016. Vol. 17. P. 109. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12882-016-0323-6>
10. Pantet O., Ageron F.X., Zingg T. Advances in resuscitation and dereuscitation *Current Opinion in Critical Care*. 2025. Vol. 31, № 3. P. 277–284. DOI: <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000001267>
11. Wang X., Pu L., Xu H., Niu L., Yang C. Effects of restrictive fluid resuscitation on the clinical efficacy of treating traumatic hemorrhagic shock combined with traumatic coagulopathy *Signa Vitae*. 2024. Vol. 20, № 1. DOI: <https://doi.org/10.22514/sv.2024.007>
12. Tubert P., Kalimouitou A., Bouzat P., David J.S., Gauss T. Are crystalloid-based fluid expansion strategies still relevant in the first hours of trauma induced hemorrhagic shock? *Critical Care (London, England)*. 2024. Vol. 28, № 1. P. 416. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13054-024-05185-7>
13. Zhang Y., Wang M., Lu Z., Yang M. Effect of fluid resuscitation strategies for obese patients with sepsis and septic shock: a systematic review *Intensive Care Research*. 2023. Vol. 3, № 1. P. 61–68. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44231-022-00019-y>
14. Aigner A., Schiefer J.L., Reinshagen K., Najem S., German Burn Registry, Vasileiadis V., Königs I. Too much or too little? Fluid resuscitation in the first 24 h after severe burns: evaluating the Parkland formula – a retrospective analysis of adult burn patients in Austria, Germany, and Switzerland 2015–2022 *Burns: Journal of the International Society for Burn Injuries*. 2025. Vol. 51, № 4. P. 107397. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.burns.2025.107397>
15. Huo J., Cheng J., Liu C., Fu Y., Xu F., Li J. Thoracic fluid content as a novel and rapid diagnostic indicator of secondary capillary leak syndrome in pediatric patients post-cardiopulmonary bypass *Frontiers in Pediatrics*. 2025. Vol. 13. P. 1494533. DOI: <https://doi.org/10.3389/fped.2025.1494533>
16. Maraey A., Chacko P., Moukarbel G.V. Thoracic impedance monitoring in heart failure: from theory to practice *Expert Review of Medical Devices*. 2024. Advance online publication. P. 1–4. DOI: <https://doi.org/10.1080/17434440.2024.2347412>
17. Martín-Serrano P., Alday-Muñoz E., Planas-Roca A., Martín-Pérez E. Use of thoracic fluid content for prediction of fluid balance and postoperative pulmonary complications after major abdominal surgery: an observational study *Revista Española de Anestesiología y Reanimación*. 2024. Vol. 71, № 3. P. 141–150. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.redare.2024.03.005>
18. Cihoric M., Kehlet H., Højlund J., Lauritsen M.L., Kanstrup K., Foss N.B. Perioperative changes in fluid distribution and haemodynamics in acute high-risk abdominal surgery *Critical Care*. 2023. Vol. 27, № 1. P. 20. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04309-9>

## REFERENCES

1. Ferrari AJ, Santomauro DF, Aali A, Abate YH, Abbafati C, Abbastabar H, et al. Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet*. 2024;403(10440):2133–61. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)00757-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)00757-8)
2. Cromwell PM, Reynolds IS, Heneghan HM, Glasgow SM. Obesity and outcomes in trauma – a systematic review and meta-analysis. *Injury*. 2023;54(2):469–80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.injury.2022.10.026>
3. Chakraborty RK, Burns B. Systemic inflammatory response syndrome. *StatPearls [Internet]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 [updated 2023 May 29]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK547669/>
4. Li R, Ye JJ, Gan L, Zhang M, Sun D, Li Y, et al. Traumatic inflammatory response: pathophysiological role and clinical value of cytokines. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2024;50:1313–30. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00068-023-02388-5>
5. Pape C, Moore EE, McKinley, Sauer A. Pathophysiology in patients with polytrauma. *Injury*. 2022;53(7):2400–12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.injury.2022.10.026>
6. Siddall E, Khatri M, Radhakrishnan J. Capillary leak syndrome: etiologies, pathophysiology, and management. *Kidney International*. 2017;92(1):37–46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.kint.2017.02.027>
7. Yuan Y. Vascularized lung tissue engineering. In: *Encyclopedia of Tissue Engineering and Regenerative Medicine*. 2019;179–87. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.65562-9>
8. Whitsett A, Zacharias W, Swarr D, Kalinichenko VV. Chapter 67. Cell- and tissue-based therapies for lung disease. In: *Principles of Tissue Engineering, Fifth Edition*. 2020;1253–72. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818422-6.00069-1>
9. Claude-De Granado R, Mehta RL. Fluid overload in the ICU: evaluation and management. *BMC Nephrology*. 2016;17:109. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12882-016-0323-6>
10. Pantet O, Ageron FX, Zingg T. Advances in resuscitation and dereuscitation. *Current Opinion in Critical Care*. 2025;31(3):277–284. DOI: <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000001267>
11. Wang X, Pu L, Xu H, Niu L, Yang C. Effects of restrictive fluid resuscitation on the clinical efficacy of treating traumatic hemorrhagic shock combined with traumatic coagulopathy. *Signa Vitae*. 2024;20(1). DOI: <https://doi.org/10.22514/sv.2024.007>
12. Tubert P, Kalimouitou A, Bouzat P, David JS, Gauss T. Are crystalloid-based fluid expansion strategies still relevant in the first hours of trauma induced hemorrhagic shock? *Critical Care (London, England)*. 2024;28(1):416. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13054-024-05185-7>
13. Zhang Y, Wang M, Lu Z, Yang M. Effect of fluid resuscitation strategies for obese patients with sepsis and septic shock: a systematic review. *Intensive Care Research*. 2023;3(1):61–8. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44231-022-00019-y>
14. Aigner A, Schiefer JL, Reinshagen K, Najem S, German Burn Registry, Vasileiadis V, Königs I. Too much or too little? Fluid resuscitation in the first 24 h after severe burns: evaluating the Parkland formula – a retrospective analysis of adult burn patients in Austria, Germany, and Switzerland 2015–2022. *Burns: Journal of the International Society for Burn Injuries*. 2025;51(4):107397. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.burns.2025.107397>
15. Huo J, Cheng J, Liu C, Fu Y, Xu F, Li J. Thoracic fluid content as a novel and rapid diagnostic indicator of secondary capillary leak syndrome in pediatric patients post-cardiopulmonary bypass. *Frontiers in Pediatrics*. 2025;13:1494533. DOI: <https://doi.org/10.3389/fped.2025.1494533>
16. Maraey A, Chacko P, Moukarbel GV. Thoracic impedance monitoring in heart failure: from theory to practice. *Expert Review of Medical Devices*. 2024. Advance online publication. DOI: <https://doi.org/10.1080/17434440.2024.2347412>
17. Martín-Serrano P, Alday-Muñoz E, Planas-Roca A, Martín-Pérez E. Use of thoracic fluid content for prediction of fluid balance and postoperative pulmonary complications after major abdominal surgery: an observational study. *Revista Española de Anestesiología y Reanimación*. 2024;71(3):141–50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.redare.2024.03.005>
18. Cihoric M, Kehlet H, Højlund J, Lauritsen ML, Kanstrup K, Foss NB. Perioperative changes in fluid distribution and haemodynamics in acute high-risk abdominal surgery. *Critical Care*. 2023;27(1):20. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04309-9>

19. The British Thoracic Society, Intensive Care Society. Guidelines on the management of respiratory distress syndrome. *BMJ Open Respiratory Research*. 2019. Vol. 6, № 1. P. e000420. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjresp-2019-000420>
20. Білецький О.В., Курсов С.В. Дослідження вмісту рідини в грудній клітці у пацієнтів із політравмою при наявності легеневої контузії. *Вісник проблем біології і медицини*. 2019. № 150(2), ч. 1. С. 99–104. URL: <https://vpbim.com.ua/knowledgebase/investigation-of-the-thoracic-fluid-content-in-patients-with-polytrauma-in-the-presence-of-pulmonary-contusion/>
21. Білецький О.В., Курсов С.В. Оцінка вмісту рідини в грудній клітці в пацієнтів із забоем легень на тлі політравми та його зміни під впливом заходів інтенсивної терапії. *Проблеми безперервної медичної освіти та науки*. 2019. № 33(1). С. 40–48. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/913031>
22. Mirabile V.S., Shebl E., Sankari A., Burns B. Respiratory failure in adults. *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 [cited 2023 Jun 11]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK526127/>
23. Li L., Zhou J., Song K., Liu H., Wang X., Zhu Y., Wang Z. Application of restrictive fluid resuscitation in emergency traumatic hemorrhagic shock and impact on blood gas indicators. *Annals of Vascular Surgery*. 2025. S0890-5096(25)00414-5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2025.06.009>
24. Yao S., Zeng L., Wang F., Chen K. Obesity paradox in lung diseases: What explains it? *Obesity Facts*. 2023. Vol. 16, №5. P. 411–426. DOI: <https://doi.org/10.1159/000531792>
19. The British Thoracic Society, Intensive Care Society. Guidelines on the management of respiratory distress syndrome. *BMJ Open Respiratory Research*. 2019;6(1):e000420. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjresp-2019-000420>
20. Biletskyi OV, Kursov SV. Investigation of thoracic fluid content in patients with polytrauma and pulmonary contusion. *Bulletin of Problems in Biology and Medicine*. 2019;150(2, part 1):99–104. (in Ukrainian) URL: <https://vpbim.com.ua/knowledgebase/investigation-of-the-thoracic-fluid-content-in-patients-with-polytrauma-in-the-presence-of-pulmonary-contusion/>
21. Biletskyi OV, Kursov SV. Assessment of thoracic fluid content in patients with pulmonary contusion in polytrauma and its changes under intensive care. *Problems of Continuous Medical Education and Science*. 2019;33(1):40–8. (in Ukrainian) URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/913031>
22. Mirabile VS, Shebl E, Sankari A, Burns B. Respiratory failure in adults. *National Library of Medicine: StatPearls*. Last Update: June 11, 2023. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK526127/>
23. Li L, Zhou J, Song K, Liu H, Wang X, Zhu Y, Wang Z. Application of restrictive fluid resuscitation in emergency traumatic hemorrhagic shock and impact on blood gas indicators. *Annals of Vascular Surgery*. 2025. Advance online publication. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2025.06.009>
24. Yao S, Zeng L, Wang F, Chen K. Obesity paradox in lung diseases: what explains it? *Obesity Facts*. 2023;16(5):411–26. DOI: <https://doi.org/10.1159/000531792>

#### Перспективи подальших досліджень

Перспективним напрямом є інтеграція неінвазивного моніторингу внутрішньогрудної рідини з динамічними тестами чутливості до об'єму та прогностувальними моделями машинного навчання для персоналізованого «fluid stewardship».

#### Конфлікт інтересів

Автори рукопису свідомо засвідчують відсутність фактичного або потенційного конфлікту інтересів щодо результатів цієї роботи з фармацевтичними компаніями, виробниками біомедичних пристроїв, іншими організаціями, чиї продукти, послуги, фінансова підтримка можуть бути пов'язані з предметом наданих матеріалів або які спонсорували проведені дослідження.

#### Інформація про фінансування

Робота є фрагментом науково-дослідних робіт, що виконуються на медичному факультеті Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Міністерства охорони здоров'я України «Діагностика та прогнозування перебігу травматичної хвороби у хворих з політравмою», номер державної реєстрації 0117U004824, термін виконання 2016–2021 рр. та «Клініко-патогенетичні особливості, удосконалення діагностики, прогнозування ускладнень та індивідуалізація лікувальних стратегій при травматичних ушкодженнях», номер державної реєстрації 0125U002755, термін виконання 2025–2028 рр.

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Гогія Мадона Отарівна** – асистент кафедри загальної хірургії, анестезіології та паліативної медицини Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України; майдан Свободи, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;  
e-mail: [m.o.gogia@karazin.ua](mailto:m.o.gogia@karazin.ua)  
моб.: +38 (063) 571-08-88

#### Prospects for further research

A promising direction is the integration of non-invasive thoracic fluid monitoring with dynamic volume responsiveness tests and machine learning-based predictive models for personalized fluid stewardship.

#### Conflict of interest

The authors of the manuscript hereby declare that there is no actual or potential conflict of interest related to the results of this work with any pharmaceutical companies, biomedical device manufacturers, or other organizations whose products, services, or financial support may be connected to the subject matter of the submitted materials or that may have sponsored the research.

#### Funding information

This work is part of the research projects conducted at the School of Medicine of the V.N. Karazin Kharkiv National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine: «Diagnostics and Prognosis of the Course of Traumatic Disease in Patients with Polytrauma», state Registration number. 0117U004824, term of implementation 2016–2021, and «Clinical and Pathogenetic Features, Improvement of Diagnostics, Complication Prognostication, and Individualization of Treatment Strategies in Traumatic Injuries», state Registration number. 0125U002755, term of implementation 2025–2028.

#### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Gogiya Madona Otarivna** – Assistant Professor of the Department of General Surgery, Anesthesiology and Palliative Medicine of the V.N. Karazin Kharkiv National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine; 4 Svobody Sq., Kharkiv, Ukraine, 61022;  
e-mail: [m.o.gogia@karazin.ua](mailto:m.o.gogia@karazin.ua)  
tel.: +38 (063) 571-08-88

**Внесок автора:** концепція та дизайн дослідження, формулювання мети роботи, підбір літературних джерел, написання тексту статті.

**Курсов Сергій Володимирович** – доктор медичних наук, професор кафедри медицини невідкладних станів та медицини катастроф Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України; вул. Амосова, буд. 58, м. Харків, Україна, 61176;  
e-mail: [s.v.kursov@gmail.com](mailto:s.v.kursov@gmail.com)  
моб.: +38 (095) 190-07-14

**Внесок автора:** дизайн дослідження, статистична обробка результатів, формулювання висновків.

**Марков Олександр Володимирович** – кандидат медичних наук, доцент кафедри загальної хірургії, анестезіології та паліативної медицини Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України; майдан Свободи, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;  
e-mail: [Markov.a.w@gmail.com](mailto:Markov.a.w@gmail.com)  
моб.: +38 (067) 718-87-19

**Внесок автора:** підбір літературних джерел, редагування статті, формулювання висновків

**Ляшок Андрій Леонідович** – кандидат медичних наук, доцент кафедри загальної хірургії, анестезіології та паліативної медицини Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України; майдан Свободи, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;  
e-mail: [andrii.liashok@karazin.ua](mailto:andrii.liashok@karazin.ua)  
моб.: +38 (050) 325-20-59

**Внесок автора:** підбір літературних джерел, редагування статті, формулювання висновків

**Author's contribution:** research concept and design, formulation of the research objectives, selection of literary sources, writing of the article

**Kursov Serhii Volodymyrovych** – Doctor of Medical Sciences, Professor of Department of Emergency Medicine and Disaster Medicine of the Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine; 58 Amosova Str., Kharkiv, Ukraine, 61176;  
e-mail: [s.v.kursov@gmail.com](mailto:s.v.kursov@gmail.com)  
tel.: +38 (095) 190-07-14

**Author's contribution:** research concept and design, selection of literary sources on the topic of work, participation in experimental research, formulation of conclusions.

**Markov Oleksandr Volodymyrovych** – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of General Surgery, Anesthesiology and Palliative Medicine of the V.N. Karazin Kharkiv National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine; 4 Svobody Sq., Kharkiv, Ukraine, 61022;  
e-mail: [Markov.a.w@gmail.com](mailto:Markov.a.w@gmail.com)  
tel.: +38 (067) 718-87-19

**Author's contribution:** selection of literary sources, editing of the article, formulation of conclusions.

**Liashok Andrii Leonidovych** – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of General Surgery, Anesthesiology and Palliative Medicine of the V.N. Karazin Kharkiv National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine; 4 Svobody Sq., Kharkiv, Ukraine, 61022;  
e-mail: [andrii.liashok@karazin.ua](mailto:andrii.liashok@karazin.ua)  
tel.: +38 (050) 325-20-59

**Author's contribution:** selection of literary sources, editing of the article, formulation of conclusions.

Рукопис надійшов  
*Manuscript was received*  
15.04.2025

Отримано після рецензування  
*Received after review*  
01.06.2025

Прийнято до друку  
*Accepted for printing*  
07.06.2025

Опубліковано  
*Published*  
30.06.2025