Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна.
Серія «Медицина». 2024. Т. 32. № 1(48). С. 73–85
The Journal of V.N. Karazin Kharkiv National University.
Series «Medicine». 2024;32(1(48)):73–85

ISSN 2313-2396 (Online)
ISSN 2313-6693 (Print)

DOI: https://doi.org/10.26565/2313-6693-2024-48-08
УДК: 617.55-06:616.12-005.4-005.1-084]-089.163/.168:615.384

Моніторинг інфузійної терапії у пацієнтів зі зниженим кардіальним резервом при абдомінальних операціях

Цівенко О.І.[1], https://orcid.org/0000-0003-0839-9768, e-mail: olexiy.i.tsivenko@karazin.ua
Матвєєнко М.С.[1], https://orcid.org/0000-0002-0388-138X, e-mail: mariia.matvieienko@karazin.ua
Ляшок А.Л.[1], https://orcid.org/0000-0003-2098-1697, e-mail: andrii.liashok@karazin.ua
Бичкова О.Ю.[1], https://orcid.org/0000-0003-0577-8738, e-mail: olga.bychkova@karazin.ua
Цівенко В.М.[2], https://orcid.org/0009-0006-1006-9011, e-mail: vik.tsivenko@gmail.com

[1]Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України, Харків, Україна
[2]Товариство з обмеженою відповідальністю «Докарт», Харків, Україна

Monitoring of infusion therapy in patients with reduced cardiac reserve during abdominal operations

Tsivenko O.I.[1], https://orcid.org/0000-0003-0839-9768, e-mail: olexiy.i.tsivenko@karazin.ua
Matvieienko M.S.[1], https://orcid.org/0000-0002-0388-138X, e-mail: mariia.matvieienko@karazin.ua
Liashok A.L.[1], https://orcid.org/0000-0003-2098-1697, e-mail: andrii.liashok@karazin.ua
Bychkova O.Yu.[1], https://orcid.org/0000-0003-0577-8738, e-mail: olga.bychkova@karazin.ua
Tsivenko V.M.[2], https://orcid.org/0009-0006-1006-9011, e-mail: vik.tsivenko@gmail.com

[1]V.N. Karazin Kharkiv National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
[2]Docart limited liability company, Kharkiv, Ukraine

Ключові слова:

інфузійна терапія, серцева недостатність, профілактика кардіальних ускладнень.

Для кореспонденції:

Цівенко Олексій Іванович
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України, кафедра хірургічних хвороб;
майдан Свободи, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;
e-mail: olexiy.i.tsivenko@karazin.ua

© *Цівенко О.І., Матвєєнко М.С., Ляшок А.Л., Бичкова О.Ю., Цівенко В.М., 2024*

РЕЗЮМЕ

Актуальність. У патогенезі багатьох інтра- та післяопераційних ускладнень значну роль відіграють склад, об'єм і темп інфузійної терапії (ІТ), особливо актуальною ця проблема є для пацієнтів із супутньою хронічною патологією серцево-судинної, дихальної систем та нирок. Інформативними показниками для оцінки коректності проведення ІТ і ранньої діагностики інтраопераційних ускладнень, пов'язаних з похибками її проведення, є комплексний моніторинг функціональних показників серцево-судинної та дихальної систем.
Мета роботи. Дослідити зміни біохімічних маркерів серцевої недостатності та УЗД-ознаки венозного застою при двох режимах інфузійної терапії (рестриктивному та ліберальному), на підставі порівняльного дослідження визначити оптимальний режим періопераційної ІТ у пацієнтів, які оперуються у плановому порядку з приводу захворювань органів черевної порожнини та мають супутню патологію у вигляді ішемічної хвороби серця (ІХС) та серцевої недостатності (СН).
Матеріали та методи. В одноцентрове, проспективне, рандомізоване дослідження включили 86 пацієнтів. Усі пацієнти були розподілені на дві групи рандомним шляхом залежно від режиму інтраопераційної ІТ: в першій групі (n = 44) – був застосований рестриктивний режим 5–8 мл/кг/годину, в другій (n = 42) – ліберальний. На етапах дослідження в порівнюваних групах проводилось визначення рівня прогормону мозкового натрійуретичного пептиду (NT-proBNP) та виконувалась ехокардіографія. Оцінювалась скорочувальна здатність серця, центральна гемодинаміка, фракція викиду. Виконувалось УЗ-дослідження нижньої порожнистої вени (inferior vena cava, IVC) під час дихання як неінвазивний спосіб оцінки внутрішньосудинного об'єму крові. Визначався діаметр вени під час вдоху та видиху. На основі респіраторної зміни діаметра IVC розраховувався кавальний індекс, який виражається у відсотках. Індекс, що наближається до 100%, вказує на майже повний колапс та ймовірне виснаження об'єму, тим часом як індекс, близький до 0%, спостерігається при мінімальному респіраторному спадінні стінок вени і внутрішньосудинному переповненні. УЗД легень проводили згідно з BLUE-протоколом конвексним датчиком у 8 зонах по передній грудній стінці. Тяжкість легеневого застою оцінювали на основі підрахунку суми

ISSN 2313-2396 (Online)
ISSN 2313-6693 (Print)

В-ліній: 5 та менше – відсутність застою, від 6 до 15 – незначний застій, від 15 до 29 – помірний, 30 та більше – значний.

Результати та їх обговорення. Проведене дослідження свідчить про перевагу рестриктивного режиму ІТ у пацієнтів із супутньою ІХС та мінімальними ознаками застійної СН під час абдомінальних хірургічних операцій. Режим з обмеженням внутрішньовенного введення рідини виявився кращим, оскільки зменшує венозний застій, знижує кількість рідини в інтерстиційному просторі легень, викликає меншу компенсаторну реакцію серцево-судинної системи на інфузію із нормальними значеннями NT-proBNP. Завдання анестезіолога при цьому – ретельний контроль добового та кумулятивного гідробалансу, адекватний моніторинг показників серцево-судинної системи, використання сучасних УЗД технологій та протоколів контролю волемічного статусу, оцінка динаміки біомаркерів серцевої недостатності, що дозволить безпечно провести складні абдомінальні операції пацієнтам зі зниженим кардіальним резервом.

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що застосування ліберального режиму інфузійної терапії в періопераційному періоді у хворих з ІХС та ХСН І, І-ІІ ФК, порівняно з рестриктивним режимом, призводить до статистично значущого зростання біомаркерів серцевої недостатності та УЗД ознак волемічного перенавантаження.

Рестриктивний режим ІТ в дозі 5–8 мл/кг/годину, порівняно з ліберальним, у дозі 12–15 мл/кг/годину може бути визнаним оптимальним та безпечним у пацієнтів з ІХС та ХСН І, І-ІІ ФК при операціях на органах черевної порожнини.

Застосування та широке впровадження в практику комплексного визначення рівня аміно-кінцевого прогормону мозкового натрійуретичного пептиду (NT-proBNP) NT-proBNP, неінвазивних методів УЗД серця – ехокардіографії, УЗД легень та центральних судин – оцінки динамічного наповнення нижньої порожнистої вени (IVC) дозволяє суттєво доповнити клінічну інформацію щодо волемічного статусу, венозного застою, скорочувальної здатності серця та затримки рідини в інтерстиційному просторі легень, та може бути ключовим у профілактиці кардіальних ускладнень у даної категорії пацієнтів.

Для цитування:

Цівенко О.І., Матвєєнко М.С., Ляшок А.Л., Бичкова О.Ю., Цівенко В.М. Моніторинг інфузійної терапії у пацієнтів зі зниженим кардіальним резервом при абдомінальних операціях. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Медицина»*. 2024. Т. 32. № 1(48). С. 73–85. DOI: https://doi.org/10.26565/2313-6693-2024-48-08

Key words:

infusion therapy, heart failure, prevention of cardiac complications.

For correspondence:

Tsivenko Oleksii Ivanovych
V.N. Karazin Kharkiv National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Department of Surgical Diseases; 4 Svobody Sq., Kharkiv, Ukraine, 61022; e-mail: olexiy.i.tsivenko@karazin.ua

© Tsivenko O.I., Matvieienko M.S., Liashok A.L., Bychkova O.Yu., Tsivenko V.M., 2024

ABSTRACT

Background. In the pathogenesis of many intra- and postoperative complications, the composition, volume and rate of infusion therapy (IT) play a significant role. This problem is especially relevant for patients with concomitant chronic pathology of the cardiovascular, respiratory systems and kidneys. Informative indicators for assessing the correctness of IT and early diagnosis of intraoperative complications associated with errors in its implementation are complex monitoring of functional indicators of the cardiovascular and respiratory systems.

Purpose of the study is to investigate changes in biochemical markers of heart failure and ultrasound signs of venous stasis in two modes of infusion therapy (restrictive and liberal), on the basis of a comparative study, to determine the optimal mode of perioperative IT in patients undergoing elective surgery for diseases of the abdominal cavity and having comorbid pathology in the form of coronary heart disease (CHD) and heart failure (HF).

Materials and Methods. 86 patients were included in a single-center, prospective, randomized study. All patients were randomly divided into two groups depending on the mode of intraoperative IT: in the first group (n = 44) – a restrictive mode of 5–8 ml/kg/hour was applied, in the second (n = 42) – a liberal mode was applied. Echocardiography was performed at the stages of the study. Heart contractility, central hemodynamics, and ejection fraction were evaluated. An ultrasound scan of the inferior vena cava (IVC) was performed during breathing as a non-invasive method of assessing the intravascular blood volume. The diameter of the vein during inhalation and exhalation was evaluated. Based on the respiratory change in the diameter of the IVC, the caval index is calculated, which is expressed as a percentage. An index approaching 100% indicates near-complete collapse and probable volume depletion, while an index close to 0% indicates minimal collapse and intravascular overflow. Ultrasound of the lungs was performed according to the BLUE protocol with a convex sensor in 8 zones along the front chest wall. The severity of pulmonary congestion was assessed based on the sum of B-lines: 5 and less – no congestion, 6 to 15 – slight congestion, 15 to 29 – moderate, 30 and more – significant.

ISSN 2313-2396 (Online)
ISSN 2313-6693 (Print)

Results. The conducted study shows the advantage of the restrictive regimen of IT in patients with concomitant coronary artery disease and minimal signs of congestive heart failure during abdominal surgical operations. The regime with restriction of intravenous fluid administration was better, as it reduces venous congestion, reduces the amount of fluid in the interstitial space of the lungs, causes a smaller compensatory reaction of the cardiovascular system to infusion with normal values of NT-proBNP. The task of the anesthesiologist in this case is careful control of daily and cumulative water balance, adequate monitoring of indicators of the cardiovascular system, use of modern ultrasound technologies and protocols for controlling volemic status, assessment of the dynamics of biomarkers of heart failure, which will allow complex abdominal operations to be safely performed in patients with reduced cardiac reserve.
Conclusions. As a result of the conducted research, it was established that the use of a liberal regimen of infusion therapy in the perioperative period in patients with coronary heart disease and HF I, I-II FC compared to a restrictive regimen leads to a statistically significant increase in biomarkers of heart failure and ultrasound signs of volemic overload.
The restrictive regimen of IT in a dose of 5–8 ml/kg/hour, in comparison with a liberal one in a dose of 12–15 ml/kg/hour, can be recognized as optimal and safe in patients with coronary heart disease and HF I, I-II FC during surgery on the organs of the abdominal cavity.
The use and widespread implementation in practice of complex determination of the level of the amino-terminal prohormone of brain natriuretic peptide (NT-proBNP) NT-proBNP, non-invasive methods of ultrasound of the heart – echocardiography, ultrasound of the lungs and central vessels – assessment of the dynamic filling of the inferior vena cava (IVC) allows significantly supplement clinical information on volemic status, venous stasis, contractility of the heart and fluid retention in the interstitial space of the lungs and may be key in the prevention of cardiac complications in this category of patients.

For citation:

Tsivenko OI, Matvieienko MS, Liashok AL, Bychkova OYu, Tsivenko VM. Monitoring of infusion therapy in patients with reduced cardiac reserve during abdominal operations. *The Journal of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series «Medicine».* 2024;32(1(48)):73–85. DOI: https://doi.org/10.26565/2313-6693-2024-48-08

ВСТУП

Останнє десятиріччя ознаменовано значними, інколи революційними досягненнями в медицині й, зокрема, в хірургії, які пов'язані з новими методами знеболення, впровадженням методів і технологій, що значно знижують травматичність оперативних утручань і реакцію на періопераційний стрес, та широке застосування міні-інвазивних ендоскопічних операцій. Аналіз отриманих результатів став науковим підґрунтям для розробки та впровадження напрямку розвитку хірургії під загальною назвою – стратегія прискореного післяопераційного відновлення (Enhanced recovery after surgery (ERAS) або fast track (швидкий шлях)). Останні досягнення у розумінні періопераційної патофізіології показали, що деякі чинники сприяють розвитку післяопераційних ускладнень, збільшують тривалість госпіталізації, відтермінують одужання та повну реабілітацію. Це цілий комплекс перед-, інтра- та післяопераційного ведення пацієнтів, який відповідає сучасним критеріям фізіологічності, міні-травматичності та щадного психологічного навантаження, пов'язаного з операцією. Головне в стратегії ERAS – це зведення до мініміму стресових реакцій в періопераційному періоді. Передбачається максимально раннє відновлення ентерального харчування й фізичної активності. Фармакологічна корекція повинна бути індивідуалізована, короткотермінова та має проводитись суворо за показаннями. Це перш за все стосується об'єму інфузійної терапії, перебільшення якого може призвести до розвитку ускладнень при хірургічних утручаннях [1].

INTRODUCTION

The last decade has been marked by significant, sometimes revolutionary, achievements in medicine and in particular in surgery, which are associated with new methods of anesthesia, implementation of methods and technologies that significantly reduce the traumatization of surgical interventions and the response to perioperative stress and widespread use of mini-invasive endoscopic surgeries. The analysis of the results became the scientific basis for the development and implementation of the area of surgery under the general name – the strategy of enchanced recovery after surgery (ERAS) or fast track. Recent achievements in the understanding of perioperative pathophysiology have shown that several factors contribute to the development of postoperative complications, increase the duration of hospitalization, delay recovery and complete rehabilitation. This is a wide complex of pre-, intra- and postoperative management of patients, which corresponds to the modern criteria of physiological, minitraumatic and sparing psychological burden associated with the surgery. The main part of the ERAS strategy is the reduction of stress reactions in the perioperative period to a minimum. The earliest possible restoration of enteral nutrition and physical activity are supposed. Pharmacological correction should be individualized, short-term, and should be carried out strictly according to indications. This primarily concerns the volume of infusion therapy, the oversupply of which can lead to the development of complications during surgical interventions [1].

ISSN 2313-2396 (Online)
ISSN 2313-6693 (Print)

Сучасна тактика інтраопераційної інфузійної терапії (ІТ) викликає велику зацікавленість дослідників, оскільки суттєво впливає на кількість кардіальних ускладнень, особливо у хворих із супутньою ішемічною хворобою серця (ІХС), гіпертонічною хворобою (ГХ), серцевою недостатністю (СН), які становлять чималу частину серед усіх пацієнтів хірургічного профілю. За статистичними даними, хоча ускладнення з боку серцево-судинної системи виникають у 0,2–6,2% випадків при некардіальних оперативних втручаннях [2], саме вони є головною причиною летальності в періопераційному періоді, тому одним з головних завдань є попередження, рання діагностика та лікування цих ускладнень [3].

Хірургічні маніпуляції, загальна анестезія та режим інфузійної терапії впливають на інтраопераційний гідробаланс. Будь-яка загальна анестезія супроводжується певною депресією міокарда, зниженням серцевого викиду, змінами тонусу периферичних судин. При абдомінальних операціях ситуацію ускладнює ціла низка додаткових факторів: особливості передопераційної підготовки шлунково-кишкового тракту (ШКТ), патофізіологія та особливості перебігу основного захворювання, фактори перед- й інтраопераційного стресу, травматичність операції, крововтрата, перспірація [3]. Все це має особливий вплив на пацієнтів з обмеженим кардіальним резервом. Пацієнти з періопераційною гострою або хронічною СН мають підвищений ризик смертності під час некардіальних утручань. У нещодавно опублікованому аналізі 21 госпіталізації з приводу некардіальних утручань у пацієнтів з наявністю будь-якого ступеня СН була показана значно вища внутрішньолікарняна смертність від усіх причин, порівняно з пацієнтами без СН (4,8% проти 0,78%). Серед пацієнтів з діагнозом хронічної СН періопераційна смертність була вищою у пацієнтів із загостренням хронічної СН, порівняно із пацієнтами з компенсованою хронічною СН. У недавньому великомасштабному когортному дослідженні осіб, яким проводили хірургічне втручання, приблизний показник смертності за 90 днів становив 2,0% серед пацієнтів із СН і 0,4% серед пацієнтів без СН. Загальний ризик 30-денних післяопераційних ускладнень становив 5,7% і 2,7% відповідно. Слід зазначити, що ризик смертності прогресивно зростав зі зниженням систолічної функції [4]. Ця категорія пацієнтів особливо чутлива до збільшення внутрішньосудинного об'єму рідини.

Одним із основних інструментів анестезіолога в оптимізації інтраопераційної гемодинаміки, тканинної перфузії та оксигенації є інфузійна терапія. Навіть помірна інтраопераційна гіповолемія (10–15% дефіциту об'єму циркулюючої крові (ОЦК)) може зумовлювати порушення капілярної перфузії, що несприятливо впливає на кількість післяопераційних ускладнень та на результат оперативного втручання [4, 5]. Навпаки, при перенавантаженні рідиною, особливо у пацієнтів зі зниженими функціональними можливостями серцево-судинної системи, відбувається затримка рідини у венозному руслі, що призводить до зниження артеріо-венозного градієнта тиску в життєво-важливих органах, та порушення адекватної тканинної перфузії [5]. Тривале підвищення капілярного гідростатичного тиску призводить до розвитку

Modern tactics of intraoperative infusion therapy (IT) are of great interest to researchers, since it significantly affects the number of cardiac complications, especially in patients with comorbed coronary heart disease (CHD), hypertension, heart failure (HF), which make up a considerable part among all patients of the surgical profile. According to statistics, although cardiovascular complications occur in 0.2–6.2% of cases with non-cardiac surgical interventions [2], they are the main cause of mortality in the perioperative period, therefore, one of the main tasks is the prevention, early diagnosis and treatment of these complications [3].

Surgical interventions, general anesthesia and infusion therapy regimen affect the intraoperative fluid balance. Any general anesthesia is accompanied by a certain depression of the myocardium, a decrease in cardiac output and changes in the tone of the peripheral vessels. In abdominal operations, the situation is complicated by a great number of additional factors: specifics of the gastrointestinal tract (GIT) preoperative preparation, pathophysiology and specifics of the underlying disease, factors of pre- and intraoperative stress, trauma of the surgery, blood loss, perspiration [3]. All this has a special effect on patients with the limited cardiac reserve. Patients with perioperative acute or chronic HF have an increased risk of mortality during non-cardiac interventions. In a recently published analysis of 21 hospitalizations for non-cardiac interventions, patients with any grade of HF were shown to have significantly higher in-hospital all-cause mortality rate compared to patients without HF (4.8% versus 0.78%). Perioperative mortality was higher in patients with exacerbation of chronic HF compared to patients with compensated chronic HF among all patients diagnosed with chronic HF. In a recent large-scale cohort study of individuals who underwent surgery, the approximate 90-day mortality rate was 2.0% among patients with HF and 0.4% among patients without HF. The overall risk of 30-day postoperative complications was 5.7% and 2.7%, respectively. It should be noted that the risk of mortality increased progressively with a decrease in systolic function. [4]. This category of patients is highly sensitive to increased intravascular fluid volume.

One of the main tools of the anesthesiologist in optimization of intraoperative hemodynamics, tissue perfusion and oxygenation is IT. Even moderate intraoperative hypovolemia (10–15% deficit in the circulating blood volume) can cause an capillary perfusion impairment, which adversely affects the number of postoperative complications and the result of surgical intervention [4, 5]. On the contrary, with fluid overload, especially in patients with reduced functional capabilities of the cardiovascular system, fluid retention occurs in the venous bed, that leads to a decrease in the arteriovenous pressure gradient in vital organs and an adequate tissue perfusion impairment [5]. Prolonged increase of capillary hydrostatic pressure leads to the development of interstitial edema, which significantly impairs blood circulation and oxygenation of encapsulated organs, such as kidneys, brain due to compression, and lungs, due to the deterioration of ventilation-perfusion relations. This is of a great importance for patients who initially have signs of CHF and limited cardiac reserve. Patients undergoing non-cardiac surgery are at risk of developing

ISSN 2313-2396 (Online)
ISSN 2313-6693 (Print)

інтерстиційного набряку, що значно погіршує кровообіг та оксигенацію інкапсульованих органів, таких як нирки, головний мозок за рахунок стискання, та легень, за рахунок погіршення вентиляційно-перфузійних відносин. Це має особливе значення для пацієнтів, що у вихідному стані мають ознаки ХСН та обмежений кардіальний резерв. У пацієнтів, які переносять не кардіохірургічні втручання, існує ризик розвитку гострої декомпенсованої СН зі швидкою появою або погіршенням симптомів та/або ознак СН, спричинених накопиченням рідини та/або супутніми захворюваннями [6]. Оскільки періопераційний ризик серцевих ускладнень залежить від наявності та ступеня серцевого захворювання, широкодоступні та прості біомаркери, які виявляють і кількісно визначають важливі прогностичні аспекти ураження серця, можуть допомогти в оцінці стану пацієнта. Високочутливий серцевий тропонін Т/І (Hs-cTn T/I) кількісно оцінює пошкодження міокарда, а BNP і NT-proBNP кількісно визначають гемодинамічний стрес стінки серця. Кілька великих проспективних досліджень показали, що як hs-cTn T/I, так і BNP/NT-proBNP мають високу та додаткову прогностичну цінність для періопераційних серцевих ускладнень, включаючи серцево-судинну смерть, зупинку серця, гостру СН і тахіаритмії [7].

Точна діагностика періопераційних порушень рідинного гомеостазу за допомогою сучасних біохімічних маркерів та УЗД дозволяє своєчасно діагностувати патологічні зміни, коли ще немає їх явних клінічних ознак, та обрати раціональну тактику ІТ. Результати метааналізу, в якому виконали порівняльну характеристику 18 досліджень, показали, що: підвищення рівня NT-ProBNP у ранньому післяопераційному періоді – найсильніший незалежний предиктор виникнення ускладнень з боку серцево-судинної системи (серцева недостатність, нефатальний інфаркт міокарда та смерть) і через 30, і 180 днів після оперативного втручання. Автори метааналізу припускають, що підвищення рівня NT-ProBNP у передопераційному періоді є високопрогностичним фактором серйозних серцево-судинних ускладнень після некардіохірургічних операцій і може бути кращим предиктором цих подій, ніж індекс RCRI [8]. Сучасні протоколи УЗД дозволяють швидко та якісно оцінити волемічний статус, скорочувальну здатність міокарда, наявність венозного застою [9]. Ультразвукове сканування легень біля ліжка – дуже цінний діагностичний метод, оскільки він дозволяє виявити ранні відмінні характерні ознаки гідростатичного набряку (наприклад, рівномірний розподіл інтерстиційного набряку, пов'язаного з > 3 лініями В) та ГРЗД (наприклад, зменшення «ковзання» легень, зони консолідації, пульс, повітряні бронхограми, потовщення плеври) [10, 11]. Цікаво, що фіксація збільшення кількості В-ліній відповідає збільшенню маси тіла, підвищенню рівня натрійуретичних пептидів у крові та зниженню співвідношення PaO_2/FiO_2 у перші дні після операції [12].

Таким чином, значна кількість хірургічних пацієнтів з патологією серцево-судинної системи, виникнення у них саме кардіальних ускладнень, які часто призводять до збільшення летальності, разом з відсутністю єдиного підходу в ранній діагностиці й корекції періопераційних ускладнень, що зумовлені

acute decompensated HF with rapid onset or worsening of symptoms and/or signs of HF caused by fluid accumulation and/or comorbidities [6]. Since the perioperative risk of cardiac complications depends on the presence and grade of cardiac disease, widely available and simple biomarkers that identify and quantify important prognostic aspects of cardiac involvement can help in assessing patient's condition. Highly sensitive cardiac troponin T/I (Hs-cTn T/I) quantifies myocardial injury, BNP and NT-proBNP quantify hemodynamic stress of the heart wall. Several large prospective studies have shown that both hs-cTn T/I and BNP/NT-proBNP have high and additional predictive value for perioperative cardiac complications, including cardiovascular death, cardiac arrest, acute HF and tachyarrhythmias [7].

Accurate diagnosis of perioperative disorders of liquid homeostasis with the help of modern biochemical markers and ultrasound studies allows us to diagnose pathological changes promptly when there are no obvious clinical signs of them yet and choose rational IT tactics. The results of the meta-analysis, in which a comparative characterization of 18 studies was performed, have shown: an increase in the level of NT-ProBNP in the early postoperative period is the strongest independent predictor of the occurrence of cardiovascular complications (heart failure, non-fatal myocardial infarction and death) in 30 and 180 days after surgery. The authors of the meta-analysis suggest that an increased NT-ProBNP level in the preoperative period is a highly prognostic factor for serious cardiovascular complications after non-cardiac surgeries and may be a better predictor of these events than the RCRI index [8]. Modern ultrasound protocols allow to assess the volemic status, myocardial contractility, the presence of venous congestion quickly and qualitatively [9]. Ultrasound scanning of the lungs near the bed is a very valuable diagnostic method because it allows to identify early distinctive characteristic signs of hydrostatic edema (for example, an equal distribution of interstitial edema associated with > 3 B-lines) and ARI (for example, a decrease in the «sliding» of the lungs, consolidation zones, pulse, air bronchograms, pleural thickening) [10, 11]. Interestingly, the fixation of an increase in the number of B-lines corresponds to an increase in weight, the level of natriuretic peptides in the blood and a decrease in the ratio of PaO_2/FiO_2 in the first days after surgery [12].

Thus, a significant number of surgical patients with pathology of the cardiovascular system, the occurrence of cardiac complications in them, which often leads to an increase in mortality, together with the lack of a unified approach to early diagnosis and correction of perioperative complications due to the state of liquid homeostasis, as well as the desire to improve diagnostic and treatment programs, aroused our i nterest in solving this problem. Accurate identification of the required volume of infusion in the perioperative period, together with monitoring of its effectiveness, provides hemodynamic stability, adequate tissue perfusion and oxygen delivery to tissues and, as a result, reduces the incidence of perioperative cardiac complications in this category of patients [13, 14].

ISSN 2313-2396 (Online)
ISSN 2313-6693 (Print)

станом рідинного гомеостазу, а також прагнення до удосконалення діагностично-лікувальних програм викликали наш інтерес до вирішення даної проблеми. Точне визначення потрібного об'єму інфузії в періопераційному періоді разом з моніторингом її ефективності забезпечує гемодинамічну стабільність, адекватну тканинну перфузію та доставку кисню тканинам і, як наслідок, дозволяє знизити інцидентність періопераційних кардіальних ускладнень у зазначеної категорії пацієнтів [13, 14].

Мета роботи – дослідити зміни біохімічних маркерів серцевої недостатності та УЗД-ознаки венозного застою при двох режимах інфузійної терапії (рестриктивному та ліберальному). На підставі порівняльного дослідження визначити оптимальний режим періопераційної ІТ у пацієнтів, які оперуються у плановому порядку з приводу захворювань органів черевної порожнини та мають супутню патологію у вигляді ішемічної хвороби серця (ІХС) та серцевої недостатності (СН).

The objective of the work is to investigate changes in biochemical markers of heart failure and ultrasound signs of venous congestion in two modes of infusion therapy (restrictive and liberal), on the basis of a comparative study to determine the optimal mode of perioperative IT in patients who are operated in a planned manner for abdominal diseases and have concomitant pathology in the form of coronary heart disease (CHD) and heart failure (HF).

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В одноцентрове, проспективне, рандомізоване дослідження включили 86 пацієнтів, які перебували на лікуванні у Харківській клінічній лікарні на залізничному транспорті № 2 філії Центру Охорони Здоров'я Акціонерного Товариства «Українська Залізниця» (2018–2021 рр.). Усім пацієнтам були проведені планові оперативні втручання з приводу хірургічних захворювань органів черевної порожнини: жовчнокам'яної хвороби, холедохолітіазу, післяопераційної вентральної кили, діафрагмальної кили, спленектомії з лапаротомного доступу. Анестезіологічна протекція – тотальна внутрішньовенна анестезія (ТВВА) на основі пропофолу, аналгезія – фентаніл, міорелаксація – тракріум. Усім хворим проводилася штучна вентиляція легень (ШВЛ) у режимі нормовентиляції з FiO_2 = 0,3.

Крім цього, критеріями включення в дослідження були: вік понад 60 років, анамнез ІХС зі ступенем хронічної СН за NYHA I–II, ризик за RCRI 2–3, оцінка за шкалою клінічного стану хворого з ХСН (ШОКС) I–II ФК (3–5 балів); показання для виконання розширеного абдомінального оперативного втручання, клас за ASA II–III, інтраопераційна крововтрата не більше ніж 10% ОЦК. Критерії виключення: відмова пацієнта від участі в дослідженні, ургентність оперативного втручання, гострий коронарний синдром в анамнезі протягом останніх 6 місяців, ХСН за NYHA III і більше, інтраопераційна крововтрата понад 10%, порушення серцевого ритму.

Досліджувані групи пацієнтів не мали відмінностей за вихідними антропометричними даними, віком, статтю, індексом маси тіла, переліком хірургічних захворювань, видами та методами оперативних втручань та анестезіологічного забезпечення, анестезіологічним та кардіальним ризиком, коронарним резервом (табл. 1).

У ході дослідження пацієнти були розподілені рандомним шляхом на дві групи, залежно від режиму інтраопераційної ІТ: в першій групі (n = 44) – було застосовано рестриктивний режим ІТ, що дорівнював 5–8 мл/кг/годину, в другій (n = 42) – ліберальний,

MATERIALS AND METHODS

A single-center, prospective, randomized study included 86 patients who were treated in Primary Trade Union Organization «Kharkiv Clinical Hospital at Railway Transport 2» Branch of the Center for Health Care Ukrzaliznytsya (2018–2021 years). All patients underwent planned surgical interventions for surgical diseases of the abdominal cavity: cholelithiasis, choledocholithiasis, postoperative ventral keel, diaphragmatic keel, splenectomy from laparotomy access. The operative interventions were performed using total intravenous anesthesia (TIVA). TIVA based on propofol, analgesia – fentanyl, muscle relaxation – tracrium. All patients underwent mechanical ventilation in normoventilation mode with FiO2 = 0.3.

In addition, the criteria for inclusion to the study were: age over 60 years, history of coronary artery disease with a degree of chronic HF according to NYHA I – II, risk according to RCRI 2 – 3, score on the scale of the clinical state of the patient with CHF I-II FC (3–5 points); indications for extended abdominal surgery, ASA class II – III, intraoperative blood loss no more than 10% BCC. Exclusion criteria: patient's refusal to participate in the study, surgery urgency, history of acute coronary syndrome during the last 6 months, CHF by NYHA III and more, intraoperative blood loss of more than 10%, cardiac rhythm disturbance.

The investigated groups of patients had no differences in initial anthropometric data, age, sex, body mass index, list of surgical diseases, types and methods of surgical intervention and anesthesiological support, anesthesiological and cardiac risk, coronary reserve (Table 1).

During the study, patients were randomized into two groups, depending on the intraoperative IT regimen: in the first group (n = 44) a restrictive IT regimen was applied, that was equal to 5–8 ml/kg/hour, in the second group (n = 42) liberal IT regimen, at a dose of 12–15 ml/kg/hour, was applied. IT in both groups was carried out using balanced crystalloids solutions. After completion of the surgery, stabilization of the patient's condition and the function of external respiration restoration, all patients were transferred to the intensive

ISSN 2313-2396 (Online)
ISSN 2313-6693 (Print)

Таблиця 1. Клініко-антропологічна характеристика груп пацієнтів
Table 1. Clinical and anthropological characteristics of patient groups

Характеристика / Characteristics	Група I/Group I	Група II/Group II
Кількість / Number	44	42
Стать / Gender		
Чоловіки / Male	24	20
Жінки / Female	20	22
Вік / Age	69,6 ± 1,3	68,9 ± 1,1
Медіана індексу маси тіла, кг/м^2 Median of body mass index, kg/m^2	32,4 [27,7; 38,4]	33,1 [26,1; 37,2]
Паління / Smoking, n (%)	15	18
Артеріальна гіпертонія / Arterial hypertension, n (%)	44	46
Стаціонарне лікування з приводу ХСН за попередні 12 міс, n (%) Hospital treatment for CHF in the previous 12 months, n (%)	22	19
Інфаркт міокарда в анамнезі / Anamnesis of myocardial infarction, n (%)	6	5
Фібриляція передсердь / Atrial fibrillation, n (%)	8	7
Цукровий діабет / Diabetes mellitus	11	12
Оцінка за ASA / ASA class		
Клас II / Class II	21	24
Клас III / Class III	23	18
Оцінка кардіального ризику за RCRI / RCRI score		
2 бали / Score 2	24	20
3 бали / Score 3	20	22

у дозі 12–15 мл/кг/годину. ІТ в обох групах проводилась з використанням збалансованих розчинів кристалоїдів. Після завершення операції, стабілізації стану та відновлення функції зовнішнього дихання всі пацієнти переводились до відділення реанімації та інтенсивної терапії (ВРІТ). Термін перебування у ВРІТ для кожного пацієнта визначався індивідуально.

Дизайн дослідження включав три етапи контролю – перед оперативним втручанням (1 КТ), через 6 годин, коли усі пацієнти були екстубовані і дихали самостійно (2 КТ), через 24 години після операції (3 КТ). При цьому в ході дослідження контролювали параметри гемодинаміки (АТ, АТср., ЧСС), проводили ЕКГ-моніторинг, кількісне оцінювання біомаркерів серцевої недостатності – аміно-кінцевого прогормону мозкового натрійуретичного пептиду (NT-proBNP), зростання якого свідчить про перенавантаження правих відділів серця та УЗД-оцінку волемічного статусу та венозного застою.

На всіх зазначених етапах дослідження проводилась ехокардіографія. Оцінювалась скорочувальна здатність серця, параметри центральної гемодинаміки, фракція викиду. Виконувалось ультразвукове дослідження нижньої порожнистої вени (inferior vena cava, IVC) під час дихання як неінвазивний спосіб оцінки внутрішньосудинного об'єму крові. Оцінювався діаметр вени під час вдиху та видиху, базуючись на тому, що діаметр IVC на видиху за умов нормоволемії становить 1,5–2,5 см, ступінь спадіння IVC в нормі під час вдиху – менше ніж на 50% свого діаметра видиху. На основі респіраторної зміни діаметра IVC розраховувався кавальний індекс, який виражається у відсотках, за формулою:

$$\frac{\text{діаметр видиху IVC} - \text{діаметр вдиху IVC}}{\text{діаметр видиху IVC}} \times 100\%.$$

care unit (ICU). The period of staying in the ICU for each patient was determined individually.

The study design included three stages of control – before surgery (CP 1), 6 hours after, when all patients were extubated and breathing independently (CP 2) and 24 hours after surgery (CP 3). In this case hemodynamic parameters (BP, MAP, HR) were monitored, ECG monitoring, quantitative assessment of heart failure biomarkers- amino-terminal prohormone of brain natriuretic peptide (NT-proBNP), the growth of which indicates the right chambers of the heart overload, and ultrasound assessment of volemic status and venous congestion were performed.

Echocardiography was performed at all these stages of the study. The contractility of the heart, parameters of central hemodynamics, ejection fraction were evaluated. Ultrasound examination of the inferior vena cava (IVC) during breathing was performed as a non-invasive way to assess intravascular blood volume. The diameter of the vein during inhalation and exhalation was estimated, based on the fact that the diameter of the IVC on exhalation under the conditions of normovolemia is 1.5–2.5 cm, the degree of IVC collapse, normally during inhalation, is less than 50% of its exhalation diameter. Based on the respiratory change in the IVC diameter, the caval index was calculated, which is expressed in percent by the formula:

$$\frac{\text{IVC exhalation diameter} - \text{IVC inhalation diameter}}{\text{IVC exhalation diameter}} \times 100\%.$$

An index approaching 100% indicates a near-complete collapse and a significant decrease in the circulating blood volume, while an index close to 0% indicates a minimal decrease in the diameter of the vein during inhalation, which is a sign of fluid overload [10, 11].

ISSN 2313-2396 (Online)
ISSN 2313-6693 (Print)

Індекс, що наближається до 100%, вказує на майже повний колапс та значне зниження об'єму циркулюючої крові, а індекс, близький до 0%, свідчить про мінімальне зменшення діаметра вени під час вдиху, що є ознакою перенавантаження рідиною [10, 11]. УЗД легень проводили згідно з BLUE-протоколом конвексним датчиком у 8 зонах по передній грудній стінці. Тяжкість легеневого застою оцінювали на основі підрахунку суми В-ліній: 5 та менше – відсутність застою, від 6 до 15 – незначний застій, від 15 до 29 – помірний, 30 та більше – значний [12].

Групи були порівнянні за кількістю пацієнтів, тривалістю та об'ємами оперативних втручань. Досліджувані групи відрізнялись за об'ємом інфузійної терапії інтраопераційно та за першу добу після операції, добовим рідинним балансом та загальним часом перебування в клініці, що відображено в табл. 2.

Lung ultrasound was performed according to the BLUE protocol with a convex sensor in 8 zones along the front chest wall. The severity of pulmonary congestion was assessed based on the sum of B-lines: 5 or less – the absence of congestion, from 6 to 15 – slight congestion, from 15 to 29 – moderate, 30 or more – significant [12].

The groups were compared in number of patients, duration and volume of surgical interventions. The study groups were different in the volume of infusion therapy intraoperatively and at the first day after surgery, daily fluid balance, and the total time spent in the clinic, that is reflected in Table 2.

Таблиця 2. Характеристика періопераційного періоду
Table 2. The perioperative period characteristics

Ознака / Characteristics	Група I / Group I	Група II / Group II
Кількість пацієнтів / The number of patients	n = 44	n = 42
Тривалість оперативного втручання, хв / Surgery duration, min	124,5 ± 7,1	118,6 ± 6,5
Інтраопераційна інфузійна терапія, мл Intraoperative infusion therapy, ml	1614,3 ± 67,0*	2547,8 ± 73,9*
Темп інтраопераційної ІТ, мл/кг/год Intraoperative IT rate, ml/kg/h	7,0 ± 0,2*	13,9 ± 0,6*
Періопераційна ІТ, 1-ша доба, мл Perioperative IT at the first day, ml	2681 ± 92*	3668,5 ± 125,5*
Темп періопераційної ІТ, 1-ша доба, мл/кг Perioperative IT rate at the first day, ml/kg	40,8 ± 1,3*	50,1 ± 2,5*
Діурез за 1-шу добу, мл / Urine output for the first day, ml	1421,4 ± 81,4	1619,5 ± 128,9
Водний баланс, 1-ша доба, мл / Fluid balance, first day, ml	+192,9 ± 120,3*	+575,2 ± 179,3*
Час перебування у ВРІТ, діб / Time spent in ICU, days	4,4 ± 0,1	4,5 ± 0,1
Час перебування в клініці, діб / Time spent at the hospital, days	16,8 ± 0,7	18,4 ± 0,6*

Примітка: *вірогідні відмінності між групами (p < 0,001)
Notes: *likely differences between groups, p < 0,001

Дослідження були виконані відповідно до основних біоетичних норм Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи здійснення науково-медичних досліджень зі змінами (2000 р. та 2008 р.). Вжито всіх заходів для забезпечення анонімності пацієнтів. Статистичне опрацювання даних здійснили параметричними та непараметричними методами Вілкоксона (для порівняння в динаміці у пацієнтів однієї групи) та Манна – Уітні (для оцінювання відмінностей між групами). Результати наведені як середнє арифметичне значення (M) та стандартне відхилення (SD), або як медіана і 25%, 75% квартилі, Me [Q1; Q3].

The studies were carried out in compliance with the fundamental bioethical principles established by the Declaration of Helsinki of the World Medical Association regarding the ethical principles of scientific and medical research, with adjustments made in 2000 and 2008. All measures have been taken to ensure the anonymity of patients. Statistical data processing was carried out by parametric and non-parametric methods of Wilcoxon (for comparison in dynamics in patients of the same group) and Mann-Whitney (for assessing differences between groups). Results are given as arithmetic mean (M) and standard deviation (SD), or as median and 25%, 75% quartiles, Me [Q1; Q3].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

RESULTS AND DISCUSSION

В обох досліджуваних групах під час операції та в післяопераційному періоді показники системної й центральної гемодинаміки залишались стабільними та не потребували додаткової корекції. Під час проведення ЕКГ моніторингу значущих епізодів ішемії міокарда та порушень серцевого ритму в обох групах

During the surgery and in the postoperative period the indicators of systemic and central hemodynamics remained stable and did not require additional correction in both studied groups. The ECG monitoring had shown that there were no significant episodes of myocardial ischemia and heart rhythm disturbances in both groups

ISSN 2313-2396 (Online)
ISSN 2313-6693 (Print)

на етапах дослідження не було. Клінічних ознак прогресування серцевої недостатності також не спостерігалось. Показники Na, Ht, загального білка, креатиніну в досліджуваних групах залишались в межах референтних значень.

При порівнянні рівнів біомаркерів серцевої недостатності – прогормону мозкового натрійуретичного пептиду (NT-proBNP), в першій групі пацієнтів з рестриктивним режимом інфузійної терапії на етапах дослідження спостерігалося помірне зростання рівня біомаркера з 67,9 пг/мл в КТ 1 до 72,9 пг/мл у КТ 2 та 78,0 пг/мл у КТ 3. Проте у другій групі з ліберальним режимом інтраопераційної інфузійної терапії виявили значно більше зростання NT-proBNP з 62,8 пг/мл в КТ 1 до 120,9 пг/мл у КТ 2 та 183,1 пг/мл у КТ 3, що може свідчити про помірну гіперволемію та підвищений синтез гормону у відповідь на перерозтягування стінок серця (табл. 3).

at the study stages. Clinical signs of heart failure progression were also not observed. Na, Ht, total protein, creatinine in the study groups remained within the reference values.

Comparing the levels of biomarkers of heart failure – prohormone of brain natriuretic peptide (NT-proBNP), in the first group of patients with a restrictive infusion therapy regimen a moderate increase in the level of biomarker from 67.9 pg/ml at CP 1 to 72.9 pg/ml at CP 2 and 78.0 pg/ml at CP 3 was observed at the study stages. However, in the second group with a liberal intraoperative infusion therapy regimen, NT-proBNP increased significantly from 62.8 pg/ml at CP 1 to 120.9 pg/ml at CP 2, and – 183.1 pg/ml at CP 3, that may indicate moderate hypervolemia and increased hormone synthesis as a response to overextension of the heart walls (Table 3).

Таблиця 3. Біохімічні та функціональні показники в групах на етапах дослідження
Table 3. Biochemical and functional parameters in the groups at the study stages

Показник / Parameter	Група I / Group I	Група II / Group II
NTpro-BNP (КТ 1) / NTpro-BNP (CP 1)	67,9 [52,3; 72,1]	62,8 [53,9; 67,3]
NTpro-BNP (КТ 2) / NTpro-BNP (CP 2)	72,9 [68,9; 53,6]*	120,9 [114,1; 128,9]*
NTpro-BNP (КТ 3) / NTpro-BNP (CP 3)	78,0 [68,6; 87,7]**	183,1 [157,9; 220,9]**
ФВ ЛЖ, % (КТ 1) / EF of the LV, % (CP 1)	55 [43; 60]	53 [41; 58]
ФВ ЛЖ, % (КТ 2) / EF of the LV, % (CP 2)	52 [43; 60]	48 [43; 60]
ФВ ЛЖ, % (КТ 3) / EF of the LV, % (CP 3)	50 [43; 60]	44 [30; 51]
Діаметр НПВ, видих, см (КТ 1) IVC diameter, exhalation, cm (CP 1)	1,7 [1,6; 1,8]	1,8 [1,5; 2,3]
Діаметр НПВ, видих, см (КТ 2) IVC diameter, exhalation, cm (CP 2)	2,4 [2,4; 2,6]	2,5 [2,3; 2,7]
Діаметр НПВ, видих, см (КТ 3) IVC diameter, exhalation, cm (CP 3)	2,3 [2,1; 2,5]	2,7 [2,5; 3,3]
Кавальний індекс, % (КТ 1) / Caval index, % (CP 1)	42,2 [36,4; 44,1]	43,6 [40,2; 46,1]
Кавальний індекс, % (КТ 2) / Caval index, % (CP 2)	36,4 [31,1; 40,2]*	28,1 [24,3; 33,5]*
Кавальний індекс, % (КТ 3) / Caval index, % (CP 3)	30,8 [22,4; 36,5]**	12,6 [9,8; 16,7]**
Сума В-ліній, n (КТ 1) / B-lines sum, n (CP 1)	8 [4; 11]	10 [6; 13]
Сума В-ліній, n (КТ 2) / B-lines sum, n (CP 2)	12 [8; 16]	15 [9; 19]
Сума В-ліній, n (КТ 3) / B-lines sum, n (CP 3)	15 [11; 18]*	21 [18; 27]*

Примітка:
*значущі відмінності між групами p < 0,01;
**вірогідно значущі відмінності між групами p < 0,001

Notes:
*significant differences between groups p < 0,01;
**likely significant differences between groups p < 0,001

При виконанні ехокардіографії в досліджуваних групах суттєвих змін скоротливості та фракції викиду (ФВ) на етапах дослідження не спостерігалось. Показники ФВ у першій групі мали значення 55%, 52% та 50%, відповідно в 1, 2 та 3 контрольних точках, а в другій змінювалися з 53% до 48% та 44% в 1, 2 та 3 КТ. Однак були виявлені УЗД-ознаки венозного застою зі зростанням діаметра нижньої порожнистої вени на видиху в першій групі з 1,7 см до 2,4 см та 2,3 см у 1, 2 та 3 КТ відповідно та в другій групі – з 1,8 см у 1 КТ до 2,5 см у 2 КТ та 2,7 см у 3 КТ. Більш значущими виявились зміни кавального індексу, який відображає залежність ступеня спадіння

There was no significant changes in contractility and ejection fraction (EF) in the study groups at the study stages during the echocardiography. EF rates in the first group was 55%, 52% and 50%, respectively, at the control points 1, 2 and 3, and in the second group changed from 53% to 48% and 44% at the CP 1, 2 and 3. However, ultrasound signs of venous congestion were found with an increase in the diameter of the inferior vena cava on exhalation in the first group from 1.7 cm to 2.4 cm and 2.3 cm at CP 1, 2 and 3, respectively, and in the second group – from 1.8 cm at CP 1 to 2.5 cm at CP 2 and 2.7 cm at CP 3. The changes of the caval index, which reflects the dependence of the degree of

ISSN 2313-2396 (Online)
ISSN 2313-6693 (Print)

стінок нижньої порожнистої вени при диханні від її наповненості. Його значення змінювались у першій групі від 42,2% в 1 КТ до 36,4% в 2 КТ та 30,8% в 3 КТ. У другій групі зміни відбулись з 43,6% до 28,1% в 2 КТ та до 12,6% в 3 КТ, що свідчить про венозний застій та має статистично значущу відмінність. Також підтверджена затримка рідини в легенях у групі з ліберальним режимом у другій (15) та третій (21) контрольних точках за кількістю В-ліній, порівняно з вихідним рівнем (10), та між групами – в групі з рестриктивним режимом кількість В-ліній – 8, 12, 15 в 1, 2 та 3 контрольних точках відповідно, що також склало статистично значущу різницю між групами (табл. 3).

Проведене дослідження свідчить про суттєве зростання маркерів серцевої недостатності на етапах дослідження у пацієнтів із супутньою ІХС та мінімальними ознаками застійної СН під час абдомінальних хірургічних операцій при застосуванні ліберального режиму інфузійної терапії. В цій групі також спостерігались явища венозного застою в системі нижньої порожнистої вени та накопичення рідини в інтерстиційному просторі легені, що доведено УЗД-дослідженням. Навпаки, режим з обмеженням внутрішньовенного введення рідини у даної категорії хворих не призводив до зростання рівня маркерів серцевої недостатності, венозного застою та накопичення рідини в легенях.

Проведене дослідження демонструє, що комплексне визначення NT-proBNP, оцінка динамічного наповнення нижньої порожнистої вени (IVC) та УЗД легень можуть давати вичерпну інформацію щодо обрання режиму інфузійної терапії у даної категорії пацієнтів, моніторувати реакції гемодинаміки для своєчасної корекції ІТ, а також при прогнозуванні та профілактиці кардіальних ускладнень. УЗД-ознаки венозного застою та затримки рідини в легенях у групі з ліберальним режимом у другій та третій контрольних точках демонструють можливість підвищеного ризику розвитку кардіальних ускладнень у вигляді прогресування серцевої недостатності та високої вірогідності розвитку набряку легень у групі з ліберальним режимом інфузійної терапії, що підтверджується підвищенням рівня NT-proBNP. Ризик несприятливих післяопераційних подій, пов'язаних із СН, залежить від того, чи збережена або знижена систолічна функція ЛШ, від гемодинамічної компенсації та від наявності або відсутності симптомів СН у вихідному стані. Застосування неінвазивних, швидких та точних сучасних методів УЗ-діагностики, які виконуються біля ліжка хворого за лічені хвилини, дозволяють своєчасно отримувати важливі дані щодо стану пацієнта та, за необхідності, проводити корекцію терапії.

the inferior vena cava walls collapse during breathing on its fullness, were more significant. Its values varied from 42.2% at CP 1 to 36.4% at CP 2 and 30.8% at CP 3 in the first group. In the second group changes occurred from 43.6% to 28.1% at CP 1 and 2 and up to 12.6% at CP 3, which indicated venous stagnation and had a statistically significant difference. Also fluid retention in the lungs in the group with a liberal regimen was confirmed at the second (15) and third (21) control points by the number of B-lines in comparison with the baseline (10) and between the groups – in the group with a restrictive regime, the number of B-lines was 8, 12, 15, at the control points 1, 2 and 3, respectively, that was also statistically significant difference between the groups (Table 3).

The study showed a significant increase in heart failure markers at the study stages in patients with concomitant coronary artery disease and minimal signs of congestive HF during abdominal surgical operations when a liberal infusion therapy regimen was used. In this group the phenomena of venous congestion in the inferior vena cava system and the accumulation of fluid in the lung interstitial space were also observed, that was proved by ultrasound examination. On the contrary, a restrictive intravenous fluid administration regimen in this category of patients did not lead to an increase in the level of heart failure markers, venous congestion and fluid accumulation in the lungs.

The study demonstrated that a complex detection of NT-proBNP, assessment of dynamic inferior vena cava (IVC) filling and ultrasound of the lungs can provide comprehensive information for the choice of infusion therapy in this category of patients, monitor hemodynamic reactions for prompt correction of IT, as well as in the prediction and prevention of cardiac complications. Ultrasound signs of venous congestion and fluid retention in the lungs in the group with a liberal regimen at the second and third control points demonstrated the possibility of an increased risk of developing cardiac complications in the form of a heart failure progression and a high probability of a pulmonary edema developing in the group with a liberal infusion therapy regimen, that was confirmed by an increase in the level of NT-proBNP. The risk of adverse postoperative events associated with HF depends on whether the systolic function of LV is preserved or reduced, on hemodynamic compensation, and on the initial presence or absence of symptoms of HF. The use of non-invasive, fast and accurate modern methods of ultrasound diagnostics, which are performed at the patient's bedside in a matter of minutes, allow to obtain important data on the patient's condition promptly and, if necessary, to correct the therapy.

ВИСНОВКИ

В результаті проведеного дослідження встановлено, що застосування ліберального режиму інфузійної терапії в періопераційному періоді у хворих з ІХС та ХСН I, I–II ФК, порівняно з рестриктивним режимом, призводить до статистично значущого зростання біомаркерів серцевої недостатності та УЗД ознак волемічного перенавантаження.

CONCLUSIONS

Based on the study, it was discovered that the use of a liberal regimen of infusion therapy in the perioperative period in patients with coronary heart disease and HF I, I-II FC compared to a restrictive regimen leads to a statistically significant increase in biomarkers of heart failure and ultrasound signs of volemic overload.

ISSN 2313-2396 (Online)
ISSN 2313-6693 (Print)

Рестриктивний режим ІТ в дозі 5–8 мл/кг/годину, порівняно з ліберальним в дозі 12–15 мл/кг/годину, може бути визнаним оптимальним та безпечним у пацієнтів з ІХС та ХСН І, І–ІІ ФК при операціях на органах черевної порожнини.

Використання та широке впровадження в практику комплексного визначення рівня аміно-кінцевого прогормону мозкового натрійуретичного пептиду (NT-proBNP), неінвазивних методів УЗД серця – ехокардіографії, УЗД легень та центральних судин – оцінки динамічного наповнення нижньої порожнистої вени (IVC) дозволяють суттєво доповнити клінічну інформацію щодо волемічного статусу, венозного застою, скорочувальної здатності серця та затримки рідини в інтерстиційному просторі легень та можуть бути ключовими в профілактиці кардіальних ускладнень у даної категорії пацієнтів.

The restrictive regimen of IT in a dose of 5 – 8 ml/kg/hour, in comparison with a liberal one in a dose of 12 – 15 ml/kg/hour, can be recognized as optimal and safe in patients with coronary heart disease and HF I, I-II FC during surgery on the organs of the abdominal cavity.

The use and widespread implementation in practice of complex determination of the level of the amino-terminal prohormone of brain natriuretic peptide (NT-proBNP) NT-proBNP, non-invasive methods of ultrasound of the heart – echocardiography, ultrasound of the lungs and central vessels – assessment of the dynamic filling of the inferior vena cava (IVC) allows significantly supplement clinical information on volemic status, venous stasis, contractility of the heart and fluid retention in the interstitial space of the lungs and may be key in the prevention of cardiac complications in this category of patients.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Jessen M.K., Vallentin M.F., Holmberg M.J., Bolther M., Hansen F.B., Holst J.M., Andersen L.W. Goal-directed haemodynamic therapy during general anaesthesia for noncardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Anaesthesia*. 2022. № 128 (3). P. 416–433. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bja.2021.10.046
2. Smilowitz N.R., Berger J.S. Perioperative Cardiovascular Risk Assessment and Management for Noncardiac Surgery: A Review. *JAMA Network.* 2020. № 324(3). P. 279–290. DOI: https://doi.org/10.1001/jama.2020.7840
3. Aga Y.S., Abou Kamar S., Chin J.F., van den Berg V.J., Strachinaru M., Bowen D. et al. Potential role of left atrial strain in estimation of left atrial pressure in patients with chronic heart failure. *ESC Heart Failure Journal.* 2023. № 10(4). P. 2345–2353. DOI: https://doi.org/10.1002/ehf2.14372
4. Halvorsen S., Mehilli J., Cassese S., Hall T. S., Abdelhamid M., Barbato E., Zacharowski K. 2022 ESC Guidelines on cardiovascular assessment and management of patients undergoing non-cardiac surgery: Developed by the task force for cardiovascular assessment and management of patients undergoing non-cardiac surgery of the European Society of Cardiology (ESC) Endorsed by the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care (ESAIC). *European Heart Journal.* 2022. № 43(39). P. 3826–3924.
5. Sinha A., Gupta D.K., Yancy C.W., Shah S.J., Rasmussen-Torvik L.J., McNally E.M., Greenland P., Lloyd-Jones D.M., Khan S.S. Risk-Based Approach for the Prediction and Prevention of Heart Failure. *Circulation: Heart Failure.* 2021. № 14(2). e007761 p. DOI: https://doi.org/10.1161/CIRCHEARTFAILURE.120.007761
6. Dushianthan A., Knight M., Russell P., Grocott M. P. Goal-directed haemodynamic therapy (GDHT) in surgical patients: systematic review and meta-analysis of the impact of GDHT on post-operative pulmonary complications. *Perioperative Medicine*. 2020. № 9. 30 p. DOI: https://doi.org/10.1186/s13741-020-00161-5
7. Duceppe E., Patel A., Chan M. T.V., Berwanger O., Ackland G., Kavsak P. A. et al. Preoperative N-Terminal Pro-B-Type Natriuretic Peptide and Cardiovascular Events After Noncardiac Surgery: A Cohort Study. *Annals of Internal Medicine.* 2020. № 172(2). P. 96–104. DOI: https://doi.org/10.7326/M19-2501
8. Truong V.T., Vo H.Q., Ngo T.N.M., Mazur J., Nguyen T.T.H., Pham T.T.M. et al. Normal Ranges of Global Left Ventricular Myocardial Work Indices in Adults: A Meta-Analysis. *Journal of the American Society of Echocardiography.* 2022. № 35(4). P. 369–377.e8. DOI: https://doi.org/10.1016/j.echo.2021.11.010
9. Galindo P., Gasca C., Argaiz E.R., Koratala A. Point of care venous Doppler ultrasound: Exploring the missing piece of bedside hemodynamic assessment. *World Journal of Critical Care Medicine*. 2021. № 10(6). P. 310–322. DOI: https://doi.org/10.5492/wjccm.v10.i6.310
10. Gupta B., Ahluwalia P., Gupta A., Ranjan N., Kakkar K., Aneja P. Utility of VExUS score in the peri-operative care unit, intensive care unit, and emergency setting – A systematic review. *Indian Journal of Anaesthesia.* 2023. № 67(4). P. S218–S226. DOI: https://doi.org/10.4103/ija.ija_475_23
11. Gao X., Shu H., Yu Y., Yang X., Shang Y. Application progress of point-of-care ultrasound monitoring inferior vena cava in volume management of critically ill patients. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue.* 2021. № 33(11). P. 1379–1383. DOI: https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121430-20210401-00493

REFERENCES

1. Jessen MK, Vallentin MF, Holmberg MJ, Bolther M, Hansen FB, Holst JM., Andersen LW. Goal-directed haemodynamic therapy during general anaesthesia for noncardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Anaesthesia.* 2022;128(3):416–33. (In English). DOI: https://doi.org/10.1016/j.bja.2021.10.046
2. Smilowitz NR, Berger JS. Perioperative Cardiovascular Risk Assessment and Management for Noncardiac Surgery: A Review. *JAMA Network.* 2020;324(3):279–90. (In English). DOI: https://doi.org/10.1001/jama.2020.7840
3. Aga YS, Abou Kamar S, Chin JF, van den Berg VJ, Strachinaru M, Bowen D et al. Potential role of left atrial strain in estimation of left atrial pressure in patients with chronic heart failure. *ESC Heart Failure Journal.* 2023;10(4):2345–53. (In English). DOI: https://doi.org/10.1002/ehf2.14372
4. Halvorsen S, Mehilli J, Cassese S, Hall TS, Abdelhamid M, Barbato E, Zacharowski K. 2022 ESC Guidelines on cardiovascular assessment and management of patients undergoing non-cardiac surgery: Developed by the task force for cardiovascular assessment and management of patients undergoing non-cardiac surgery of the European Society of Cardiology (ESC) Endorsed by the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care (ESAIC). *European Heart Journal.* 2022;43(39):3826–924. (In English).
5. Sinha A, Gupta DK, Yancy CW, Shah SJ, Rasmussen-Torvik LJ, McNally EM, Greenland P, Lloyd-Jones DM, Khan SS. Risk-Based Approach for the Prediction and Prevention of Heart Failure. *Circulation: Heart Failure.* 2021;14(2):e007761. (In English). DOI: https://doi.org/10.1161/CIRCHEARTFAILURE.120.007761
6. Dushianthan A, Knight M, Russell P, Grocott MP. Goal-directed haemodynamic therapy (GDHT) in surgical patients: systematic review and meta-analysis of the impact of GDHT on post-operative pulmonary complications. *Perioperative Medicine.* 2020;9:30. (In English). DOI: https://doi.org/10.1186/s13741-020-00161-5
7. Duceppe E, Patel A, Chan MTV, Berwanger O, Ackland G, Kavsak PA et al. Preoperative N-Terminal Pro-B-Type Natriuretic Peptide and Cardiovascular Events After Noncardiac Surgery: A Cohort Study. *Annals of Internal Medicine*. 2020;172(2):96–104. (In English). DOI: https://doi.org/10.7326/M19-2501
8. Truong VT, Vo HQ, Ngo TNM, Mazur J, Nguyen TTH, Pham TTM et al. Normal Ranges of Global Left Ventricular Myocardial Work Indices in Adults: A Meta-Analysis. *Journal of the American Society of Echocardiography.* 2022;35(4):369–77.e8. (In English). DOI: https://doi.org/10.1016/j.echo.2021.11.010
9. Galindo P, Gasca C, Argaiz ER, Koratala A. Point of care venous Doppler ultrasound: Exploring the missing piece of bedside hemodynamic assessment. *World Journal of Critical Care Medicine*. 2021;10(6):310–22. (In English). DOI: https://doi.org/10.5492/wjccm.v10.i6.310
10. Gupta B, Ahluwalia P, Gupta A, Ranjan N, Kakkar K, Aneja P. Utility of VExUS score in the peri-operative care unit, intensive care unit, and emergency setting – A systematic review. *Indian Journal of Anaesthesia.* 2023;67(4):S218–26. (In English). DOI: https://doi.org/10.4103/ija.ija_475_23
11. Gao X, Shu H, Yu Y, Yang X, Shang Y. Application progress of point-of-care ultrasound monitoring inferior vena cava in volume management of critically ill patients. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue*. 2021;33(11):1379–83. (In English). DOI: https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121430-20210401-00493

ISSN 2313-2396 (Online)
ISSN 2313-6693 (Print)

12. Chaitra S., Hattiholi V.V. Diagnostic Accuracy of Bedside Lung Ultrasound in Emergency Protocol for the Diagnosis of Acute Respiratory Failure. *Journal of medical ultrasound*. 2021. № 30(2). P. 94–100. DOI: https://doi.org/10.4103/JMU.JMU_25_21
13. Hiraoka E., Tanabe K., Izuta S., Kubota T., Kohsaka S., Kozuki A. et al. JCS 2022 guideline on perioperative cardiovascular assessment and management for non-cardiac surgery. *Circulation Journal*. 2023. № 87(9). P. 1253–1337. DOI: https://doi.org/10.1253/circj.CJ-22-0609
14. Licker M., Hagerman A., Bedat B., Ellenberger C., Triponez F., Schore R. et al. Restricted, optimized or liberal fluid strategy in thoracic surgery: A narrative review. *Saudi Journal of Anaesthesia*. 2021. № 15(3). 324 p. DOI: https://doi.org/10.4103/sja.sja_1155_20

12. Chaitra S, Hattiholi VV. Diagnostic Accuracy of Bedside Lung Ultrasound in Emergency Protocol for the Diagnosis of Acute Respiratory Failure. *Journal of medical ultrasound*. 2021;30(2):94–100. (In English). DOI: https://doi.org/10.4103/JMU.JMU_25_21
13. Hiraoka E, Tanabe K, Izuta S, Kubota T, Kohsaka S, Kozuki A et al. JCS 2022 guideline on perioperative cardiovascular assessment and management for non-cardiac surgery. *Circulation Journal*. 2023;87(9):1253–337. (In English). DOI: https://doi.org/10.1253/circj.CJ-22-0609
14. Licker M, Hagerman A, Bedat B, Ellenberger C, Triponez F, Schorer R et al. Restricted, optimized or liberal fluid strategy in thoracic surgery: A narrative review. *Saudi Journal of Anaesthesia*. 2021;15(3):324. (In English). DOI: https://doi.org/10.4103/sja.sja_1155_20

Перспективи подальших досліджень

Доцільне подальше дослідження кореляційних зв'язків біохімічних маркерів серцевої недостатності та УЗД-ознаки венозного застою при різних режимах інфузійної терапії у пацієнтів, які оперуються у плановому або ургентному порядку з приводу захворювань органів черевної порожнини та мають супутню патологію у вигляді ішемічної хвороби серця та серцевої недостатності.

Prospects for further research

Further study of the correlations of biochemical markers of heart failure and ultrasound signs of venous stasis in different modes of infusion therapy in patients undergoing planned or urgent surgery for diseases of the abdominal cavity and having concomitant pathology in the form of coronary heart disease (CHD) and heart failure (HF) is appropriate/advisable.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Інформація про фінансування

Роботу виконано в рамках науково-дослідної роботи кафедри хірургічних хвороб Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України «Розробка міні-інвазивних методів лікування пацієнтів з рідинними утвореннями паренхіматозних органів та черевної порожнини в плановій та невідкладній абдомінальній хірургії», номер державної реєстрації 0109U001445.

Funding information

The study was carried out as part of the research work of the Department of Surgical Diseases of V.N. Karazin Kharkiv National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine «Development of mini-invasive methods of treating patients with fluid formations of the parenchymal organs and abdominal cavity in planned and emergency abdominal surgery». Number of state registration 0109U001445.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Цівенко Олексій Іванович – доктор медичних наук, професор кафедри хірургічних хвороб Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України; майдан Свободи, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;
e-mail: olexiy.i.tsivenko@karazin.ua
моб.: +38 (067) 727-16-40
Внесок автора: *концепція та дизайн дослідження, збір даних, написання статті, редагування статті.*

Матвєєнко Марія Сергіївна – кандидат медичних наук (доктор філософії в галузі охорони здоров'я за спеціальністю «Медицина»), доцент, завідувачка 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: mariia.matvieienko@karazin.ua
моб.: +38 (057) 705-12-36
Внесок автора: *концепція та дизайн дослідження, збір даних, написання статті, редагування статті.*

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Tsivenko Olecsii Ivanovych – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Surgical Diseases of V.N. Karazin Kharkiv National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine; 4 Svobody Sq., Kharkiv, Ukraine, 61022;
e-mail: olexiy.i.tsivenko@karazin.ua
tel.: +38 (067) 727-16-40
Author's contribution: *research concept and design, data collection, article writing, article editing.*

Matvieienko Mariia Serhiivna – Doctor of Philosophy in Health Care in specialty «Medicine» (Candidate of Medical Sciences), Associate Professor, Head of the Department of General Surgery, Anesthesiology and Palliative Medicine of V.N. Karazin Kharkiv National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine; 4 Svobody Sq., Kharkiv, Ukraine, 61022;
e-mail: mariia.matvieienko@karazin.ua
tel.: +38 (057) 705-12-36
Author's contribution: *research concept and design, data collection, article writing, article editing.*

ISSN 2313-2396 (Online)
ISSN 2313-6693 (Print)

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
моб.: +38 (057) 705-12-36
Внесок автора: *концепція та дизайн дослідження, збір даних, написання статті, редагування статті.*

Liashok Andrii Leonidovych – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of Department of General Surgery, Anesthesiology and Palliative Medicine 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
tel.: +38 (057) 705-12-36
Author's contribution: *research concept and design, data collection, article writing, article editing.*

Бичкова Ольга Юріївна – кандидат медичних наук, доцент кафедри внутрішньої медицини Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України; майдан Свободи, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;
e-mail: olga.bychkova@karazin.ua
моб.: +38 (057) 349-43-44
Внесок автора: *концепція та дизайн дослідження, збір даних, написання статті, редагування статті.*

Bychkova Olga Yuryivna – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of Department Internal Medicine V.N. Karazin Kharkiv National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine; 4 Svobody Sq., Kharkiv, Ukraine, 61022;
e-mail: olga.bychkova@karazin.ua
tel.: +38 (057) 349-43-44
Author's contribution: *research concept and design, data collection, article writing, article editing.*

Цівенко Вікторія Миколаївна – лікар-кардіолог Товариства з обмеженою відповідальністю «Докарт»; вул. Маяковського, буд. 24, м. Харків, Україна, 61002;
e-mail: vik.tsivenko@gmail.com
моб.: +38 (093)-414-57-57
Внесок автора*: концепція та дизайн дослідження, збір даних, написання статті, редагування статті.*

Tsivenko Viktoriya Mykolaivna – cardiologist Docart limited liability company; 24 Mayakovs'koho Str., Kharkiv, Ukraine, 61002;
e-mail: vik.tsivenko@gmail.com
tel.: +38 (093) 414-57-57
Author's contribution: *research concept and design, data collection, article writing, article editing.*

Рукопис надійшов *Manuscript was received* 01.02.2024	Отримано після рецензування *Received after review* 24.02.2024	Прийнято до друку *Accepted for printing* 13.03.2024	Опубліковано *Published* 29.03.2024