

in the lumen of some vessels. There are vessels with single blood elements, and vessels where blood elements are absent. Perivascular edema and hemorrhages are observed around blood vessels.

The results of a morphometric study of the choroid of the rat eyeball can serve as a basis for researchers to use in solving problems in clinical ophthalmology and endocrinology and also morphologists to improve and deepen the problems that may affect this issue.

Key words: eyeball, vascular layer, rat, diabetes, hemomicrocirculatory bed

ORCID and contributionship / ORCID автора та його внесок до статті:

Kyryk Kh. A.: <https://orcid.org/0000-0002-6926-4894>^B

Podoliuk M. V.: <https://orcid.org/0000-0003-3490-8976>^D

Hresko N. I.: <https://orcid.org/0000-0003-2439-713X>^C

Mykhalevych M. M.: <https://orcid.org/0000-0002-7676-4811>^A

Logash M. V.: <https://orcid.org/0000-0003-3978-7616>^B

Bekesevych A. M.: <https://orcid.org/0000-0001-9385-9786>^F

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

The authors declare no conflict of interest / Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Kyryk Khrystyna Andriivna / Кирик Христина Андріївна

Danylo Halytsky Lviv National Medical University / Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького

Ukraine, 79000, Lviv, 69 Pekarskastr. / Адреса: Україна, 79000, м. Львів, вул. Пекарська 69

Tel.: 0676711710 / Тел.: 0676711710

E-mail: kyryk.khrystyna.lviv@gmail.com

A – Work concept and design, **B** – Data collection and analysis, **C** – Responsibility for statistical analysis, **D** – Writing the article, **E** – Critical review, **F** – Final approval of the article / **A** – концепція роботи та дизайн, **B** – збір та аналіз даних, **C** – відповідальність за статистичний аналіз, **D** – написання статті, **E** – критичний огляд, **F** – остаточне затвердження статті.

Received 25.01.2025 / Стаття надійшла 25.01.2025 року

Accepted 30.04.2025 / Стаття прийнята до друку 30.04.2025 року

DOI 10.29254/2077-4214-2025-2-177-437-445

UDC 617.55-001.7-089.844-06

Sherstiuik S. O., Gaft K. L., Panov S. I., Nakonechna S. A., Khramova T. O., Zotova A. B., Sydorenko R. V.

**ANALYSIS OF COMPLICATIONS OF ALLOPLASTY FOR ANTERIOR ABDOMINAL WALL
HERNIAS IN ANATOMICAL AND PHYSIOLOGICAL ASPECTS**

**V. N. Karazin Kharkiv National University, Ministry of Education and Science of Ukraine
(Kharkiv, Ukraine)**

s.nakonechna@karazin.ua

This article presents a comparative evaluation of hernia defect repair using a specialized polypropylene mesh implant, which ensures the elasticity of the abdominal wall and significantly reduces the risk of hernia recurrence compared to repair using local tissues. The article emphasizes the main principles of anterior abdominal wall hernia treatment, including minimal invasiveness, reduction of recurrence risk, patient comfort, and rapid recovery. Therefore, modern hernia surgery aims to identify the most suitable defect closure techniques for each patient using minimally invasive laparoscopic methods.

The aim of the study – to analyze the nature and clinical cases of complications following anterior abdominal wall alloplasty in patients operated on using various techniques, and to determine the long-term outcomes of different plastic surgery methods for the abdominal wall.

This study includes an analysis of surgical treatment outcomes in patients operated on over a three-year observation period for various abdominal wall defects. All patients were divided into groups based on age and the type of rectus diastasis. They underwent allohernioplasty using Inlay or Sublay techniques with mesh placement, or purely laparoscopic methods.

The study concludes that postoperative complications constitute a complex symptom complex of bodily changes in operated patients that may pose a threat to health or life. Classical alloplasty techniques enable the elimination of most abdominal wall defects. The identified early postoperative complications include acute cardiopulmonary insufficiency, pneumonia, increased intra-abdominal pressure, prolonged mechanical ventilation, and pulmonary artery thromboembolism.

Alloplasty is the method of choice for surgical treatment of abdominal hernias, due to a significant reduction in recurrence rates and improved postoperative outcomes in patients with comorbid conditions.

Key words: hernioplasty, anterior abdominal wall hernias, rectus abdominis diastasis, anatomical and physiological aspects, videolaparoscopy.

Connection of the publication with planned research work.

This article is part of the planned scientific research project of the Department of Human Normal Anatomy and Physiology at V. N. Karazin Kharkiv National University, titled "Variability of anatomical features of thoracic and abdominal organs in the context of performing videothoracoscopic and videolaparoscopic surgical interventions", state registration number 0123U100286.

Introduction.

Currently, alloplasty is the leading surgical method for treating anterior abdominal wall hernias, particularly in cases of midline, ventral, postoperative, and recurrent defects. The use of polypropylene mesh implants improves the strength of the abdominal wall, reduces the recurrence rate, and enhances functional outcomes. According to the literature, more than 300 variants of hernioplasty using autologous tissue are associated with a high recurrence risk—up to 32% [1].

In modern surgical practice, the main goals are to minimize surgical trauma, shorten hospitalization, and reduce complication rates, which necessitates a well-reasoned choice of the optimal alloplasty technique [2-5].

Complications after allohernioplasty are divided into local (seromas, purulent-necrotic lesions, fistula formation, implant rejection) and systemic (cardiopulmonary disorders, thromboembolism). This underscores the need for an in-depth analysis of outcomes depending on the surgical method used [6, 7]. Mortality after surgery for postoperative ventral hernias ranges from 1.4% to 4%, and may reach up to 33% in cases of incarceration [6].

Complex clinical cases – especially those involving infected or contaminated surgical fields, presence of stomas, ulcers, or significant tissue loss – require an individualized approach and careful selection of the implant type [8, 9]. The morphofunctional properties of the musculoaponeurotic structures and their interaction with the implant play a key role [10-12].

The rate of postoperative wound infection varies depending on the hernia type and surgical access: it is 6.3% after open alloplasty of ventral hernias, and only 1.4% after laparoscopic procedures [13, 14]. The introduction of endovideosurgical technologies has helped reduce the incidence of ventral hernias, though it has not eliminated the problem entirely [15].

An operation lasting more than 115 minutes is associated with an increased risk of wound complications. This may be due to higher bacterial contamination of the open wound and the greater complexity of the procedure itself, including simultaneous surgeries [16].

The recurrence rate after anterior abdominal wall hernia repair is significantly affected by the size and location of the defect, the chosen repair method, the patient's general health status, presence of obesity, chronic diseases, diabetes mellitus, and infectious complications at the wound site [8, 9, 11].

Literature data indicate that with open hernioplasty, recurrence rates range from 4.2% to 10.2%, depending on mesh type, size, fixation method, and implantation technique [17]. According to Reinhold W. (2018), data from the Herniamed Registry showed the lowest recurrence rate (up to 4.5%) following laparoscopic TAPP hernioplasty, highlighting the effectiveness of minimally invasive techniques [6].

Other recurrence predictors include inadequate mesh fixation, incorrect surgical access, excessive tissue tension during implantation (leading to ischemia and formation of seromas, hematomas, or infections). It is also essential for surgeons to adhere to anatomical mesh placement principles (sublay, onlay, inlay, IPOM).

We identified the following as risk factors for hernia recurrence: age over 60 years (18%), diabetes mellitus (20%), gastrointestinal diseases (25%), grade II–III obesity (50%), increased intra-abdominal pressure (15%), autologous tissue repair (14%), serum protein level below 65 g/L (5%), recurrent hernia (24%), use of polypropylene mesh (7%), and duration of open surgery exceeding 155 minutes (10%).

Statistical analysis confirmed that age and obesity above grade I are significant risk factors for hernia recurrence. Recurrent hernia formation is primarily associated with individual predisposition and specific features of connective tissue, notably a decreased collagen type I/III ratio. This imbalance is believed to result from altered activity of tissue matrix metalloproteinases and their inhibitors [17, 18].

We hypothesize that the application of modern alloplasty techniques, taking into account the physical and mechanical properties of the implants, contributes to a reduction in postoperative complications and hernia recurrence rates.

The aim of the study.

To conduct a comparative assessment of the frequency and nature of complications following various methods of anterior abdominal wall reconstruction, with and without the use of alloplasty, to identify key predictors of adverse outcomes and to develop practical recommendations for improving the effectiveness of hernia treatment.

Object and research methods.

The study included 127 patients with anterior abdominal wall hernias treated at the Blyznyukivska Central District Hospital between 2022 and 2025. Patients were divided into age groups as follows: the main group included individuals aged ≥60 years (n=50; 39.4%), and the comparison group included individuals aged 40–59 years (n=77; 60.6%).

Three groups were distinguished based on the type of surgical intervention:

1. Open autoplasy using the Sapezhko/Napalkov techniques (n=43);
2. Open alloplasty (Inlay/Sublay techniques) (n=50);
3. Laparoscopic alloplasty (n=34).

Inclusion criteria: absence of systemic connective tissue diseases, inflammatory, oncological, or psychiatric conditions; absence of alcoholism or drug addiction; and written informed consent.

The study design was approved by the Bioethics Committee of the Faculty of Medicine at V. N. Karazin Kharkiv National University (Protocol No. 4, April 12, 2023), with confirmation of compliance with ethical standards in accordance with ICH/GCP guidelines, the Helsinki Declaration (1964), the Council of Europe Convention on Human Rights and Biomedicine (1997), and applicable Ukrainian legislation.

Statistical analysis was performed using SPSS version 24.0. The t-test, chi-square test (χ^2), and ANOVA were applied for data analysis. Significance was considered statistically significant at $p < 0.05$.

Research results and their discussion.

The first stage of the study was dedicated to a comparative analysis of the clinical effectiveness of various surgical techniques for treating rectus abdominis diastasis, focusing on postoperative complication rates, length of hospital stay, and long-term outcomes. It was found that the most frequent complications associated with traditional open anterior abdominal wall repair techniques were postoperative wound-related pathological processes – seroma, hematoma, skin necrosis, infectious complications, and fistula formation.

The results presented in **table 1** demonstrate a significant advantage of alloplastic techniques over autoplasy in terms of the overall incidence of early postoperative complications. The lower rate of complications observed with polypropylene mesh application can be attributed to reduced tissue trauma, more optimal distribution of intra-abdominal pressure, and the absence of excessive tension at the implant edges.

In the long-term postoperative period, hernia recurrences were recorded in 15% of patients who underwent autoplasy and in 8% of those who underwent alloplasty. The overall recurrence rate was 12%. Additionally, some patients developed fistulas and suppuration of the encapsulated endoprosthesis. To prevent purulent complications, dynamic ultrasound monitoring was performed following drain removal, with puncture evacuation of fluid when necessary.

Among patients who underwent laparoscopic alloplasty, the complication rate was the lowest: hernia recurrence – 4.3%, seroma – 2.2%, hematoma – 2.2%, and mesh rejection – 2.3%. These findings confirm the high effectiveness of the minimally invasive approach.

Table 2 shows the recurrence rate according to the plastic surgery methods.

The average duration of hospitalization was: 24.5±1.1 days for autoplasy, 14.5±1.5 days for open alloplasty, and 11.3±1.3 days for laparoscopic intervention ($p<0.01$), indicating faster recovery associated with the use of mesh endoprostheses, especially with laparoscopic access.

Based on these findings, it can be concluded that synthetic mesh alloplasty of the anterior abdominal wall is the method of choice for treating patients with rectus diastasis.

Table 3 shows the origin of complications that arose in the early postoperative period in patients in the first and second groups.

It was established that the high incidence of complications after autoplasy is associated with impaired respiratory function due to reduced abdominal cavity volume, increased intra-abdominal pressure, decreased venous return, and the development of congestive pneumonia.

The duration of laparoscopic procedures ranged from 1 to 2.5 hours, with an overall early complication rate of 18.0%, including wound infections and mesh rejection

Table 1 – Complications following open repairs (autoplasy vs. alloplasty)

Complication Category	Complication Type	Autoplasy	Alloplasty	Relative Reduction (%)
Serous complications	Seroma	15.5%	11.2%	-27.7%
Hemorrhagic complications	Hematoma	14.6%	9.3%	-36.3%
Necrotic changes	Skin necrosis	8.6%	4.0%	-53.5%
Infectious complications	Suppuration	6.5%	2.2%	-66.2%
Chronic complications	Fistulas	16.1%	12.0%	-25.5%
Total complication rate	–	61.3%	38.7%	-36.9%

Table 2 – Recurrence Rate by Repair Method

Repair Method	Number of Patients (n)	Number of Recurrences	Recurrence Rate (%)	Relative Reduction in Recurrence (%)
Autoplasy	34	15	44.1%	–
Alloplasty	55	8	14.5%	-67.1%
Laparoscopic	34	2	4.3%	-90.3%

tion (2.3%) as well as local trauma in the trocar zone (2.2%).

During two years of follow-up, recurrence after laparoscopic alloplasty was recorded in 4.3% of cases. Long-term outcomes were evaluated in 70% of patients over a period of 1 to 3 years, providing a representative assessment of the long-term efficacy of the treatment methods.

These data support the preferential use of alloplasty, particularly the laparoscopic approach, for treating patients with hernias and rectus abdominis diastasis of the anterior abdominal wall.

The results of the present study confirm the advantages of alloplasty over autoplasy in reducing the incidence of postoperative complications and hernia recurrence. These findings are consistent with the current recommendations of the European Hernia Society (EHS), which identify the use of mesh implants as the gold standard for ventral hernia repair, particularly in high-risk patients [9].

The recurrence rate in the laparoscopic alloplasty group (4.3%) was nearly identical to the mean level reported in the multinational Herniamed Registry, which recorded a recurrence rate of 4.5% [19]. This supports the alignment of our outcomes with global surgical standards and the effectiveness of the applied techniques.

In the study by Claus C.M.P. et al. (2020), which analyzed data from over 13,000 patients, the incidence of seroma formation after alloplasty was approximately 11%, which is substantially lower than that observed with autologous tissue repair (16–20%). Comparable findings were obtained in our study: 11.2% after alloplasty and 16.7% after autoplasy, confirming the reproducibility of international results under national clinical conditions [20].

According to data from EuraHS (European Registry of Abdominal Wall Hernias), laparoscopic techniques (TAPP,

Table 3 – Early Postoperative Complications in Patients with Anterior Abdominal Wall Hernias

Type of Complication	Open Repair	Mesh Alloplasty	Laparoscopic Technique	Relative Reduction (%)
Acute cardiopulmonary insufficiency	15.0%	12.0%	10.0%	-33.3%
Pneumonia	11.6%	10.0%	2.0%	-82.8%
Increased intra-abdominal pressure	8.5%	4.0%	2.0%	-76.5%
Prolonged mechanical ventilation	11.2%	4.0%	3.0%	-73.2%
Pulmonary artery thromboembolism	6.6%	2.2%	1.0%	-84.8%

IPOM) are recommended for patients with comorbid conditions, obesity, or a high risk of postoperative infection. These criteria were used to select patients for the third group in our study, which resulted in a lower frequency of complications and recurrences.

The highest complication rate was observed in patients who underwent traditional autoplasty, attributed to significant tissue tension and changes in intra-abdominal pressure. Alloplasty provides lower tissue trauma, improved recovery, and a reduced recurrence rate. These results are consistent with data from other literature sources [2, 4, 8].

The key predictors of recurrence included: grade II or higher obesity (up to 50% of recurrences), age over 60, diabetes, and small-sized polyethylene implants. The use of intravesical tonometry enables intraoperative assessment of elevated intra-abdominal pressure and helps reduce the risk of intra-abdominal hypertension syndrome [6, 12].

For a more objective and individualized determination of the optimal alloplasty approach and implant type, it is essential to consider various risk factors, including surgical and anesthetic risks, the diameter and location of the hernia defect, the degree of anterior abdominal wall tissue deficiency, the severity of rectus abdominis diastasis, local tissue infection, the patient's general immune status, the mechanical properties of anatomical structures at the defect site, and intra-abdominal pressure. The latter should be assessed through simulation of abdominal anatomy and physiology both before and after alloplasty.

The most significant risk factors for postoperative complications include: chronic comorbid cardiovascular and respiratory diseases, metabolic disorders, and postoperative intestinal paresis [7, 12].

To improve outcomes in patients undergoing alloplasty, some surgeons implement integrated perioperative management programs that include preoperative, intraoperative, and postoperative components [7]. The effectiveness of such programs is assessed by evaluating pain dynamics, gastrointestinal recovery rates, patient mobilization, and hospital stay duration.

Based on the data collected, the following preoperative measures are recommended for patients with rectus abdominis diastasis: respiratory training to enhance reserve capacity and adapt the system to expected postoperative increases in intra-abdominal pressure; prevention and treatment of chronic extra-abdominal conditions; elimination of infectious sources; correction of homeostasis; bowel preparation and prevention of postoperative adhesions; Selection of the most favorable seasonal and physiological conditions for surgery [14, 15].

Conclusions.

1. Alloplasty is a more effective surgical method for ventral hernia repair compared to autoplasty, as evidenced by significantly lower rates of postoperative complications (11.2% vs. 16.7%) and recurrence (4.3% vs. 13.7%).

2. Laparoscopic alloplasty techniques (TAPP, IPOM) demonstrate the lowest complication rates and are recommended for high-risk patients, particularly those with obesity, diabetes, advanced age, or comorbidities.

3. The highest rate of complications was observed with autoplasty, largely due to increased tissue tension and altered intra-abdominal pressure, especially in cases of significant anterior abdominal wall tissue deficiency.

4. Key predictors of adverse outcomes include: grade II or higher obesity, age over 60 years, diabetes mellitus, small polypropylene mesh implants, chronic comorbidities, and disrupted homeostasis.

5. Comprehensive pre- and postoperative preparation—including intravesical tonometry, infection control, respiratory conditioning, and homeostasis optimization—significantly reduces complication rates and shortens hospitalization time.

6. Optimal selection of alloplasty technique requires individualized assessment of rectus diastasis severity, defect size, hernia location, intra-abdominal pressure, and immune status.

Prospects for further research.

Future studies will focus on multicenter prospective comparisons of various types of mesh implants, fixation methods, and their impact on long-term quality of life in patients undergoing alloplasty.

DOI 10.29254/2077-4214-2025-2-177-437-445

УДК 617.55-001.7-089.844-06

Шерстюк С. О., Гафт К. Л., Панов С. І., Наконечна С. А.,
Храмова Т. О., Зотова А. Б., Сидоренко Р. В.

АНАЛІЗ УСКЛАДНЕНЬ АЛОПЛАСТИКИ ГРИЖ ПЕРЕДНЬОЇ ЧЕРЕВНОЇ СТІНКИ У АНАТОМО-ФІЗІОЛОГІЧНОМУ АСПЕКТІ

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України
(м. Харків, Україна)

s.nakonechna@karazin.ua

У статті наведена порівняльна оцінка пластики гризових дефектів спеціальним сітчастим імплантом із пропіленових волокон, який гарантує пружність черевної стінки й значно знижує ризик рецидиву грижі із пластикою з використанням місцевих тканин. В статті підкреслені головні принципи лікування гриж передньої черевної стінки, це малотравматичність, мінімізація шансів на рецидив проблеми, комфорт та швидке відновлення для пацієнта. Тому сучасна хірургія гриж передньої черевної стінки покликана знайти найбільш підходящі для пацієнта способи ушивання дефекту за допомогою малоінвазивних лапароскопічних методик.

Мета роботи – проаналізувати характер та клінічні випадки ускладнень алопластики передньої черевної стінки пацієнтів, які були оперовані за допомогою різних методик та визначити віддалені результати використання різних способів пластик передньої черевної стінки.

У цій роботі проведено аналіз результатів хірургічного лікування хворих, які були прооперовані в умовах хірургічного відділення за три роки спостереження з приводу різних дефектів черевної стінки. Усі пацієнти були поділені на групи за віковим параметром та залежно від виду діастазу прямих м'язів живота, яким провели алогерніопластику за типом Inlay і Sublay зі встановленням сітки або суто лапароскопічними методами.

У статті дійдено висновків про те, що післяопераційні ускладнення – це складний симптомокомплекс змін в організмі оперованого пацієнта, що може становити небезпеку для здоров'я чи життя. Класичні методики алопластики дозволяють ліквідувати більшість дефектів черевної стінки. Встановлено характер ускладнень, які виникали в ранньому післяопераційному періоді у пацієнтів: гостра серцево-легенева недостатність, пневмонія, підвищення внутрішньочеревного тиску, продовжена штучна вентиляція легень, тромбоемболія легеневої артерії.

Алопластика є методом вибору хірургічного лікування гриж живота, завдяки суттєвому зниженню частоти рецидивів та покращенню післяопераційних результатів у хворих із супутньою патологією.

Ключові слова: герніопластика, грижі передньої черевної стінки, діастаз прямих м'язів живота, анатомо-фізіологічні аспекти, відеолапароскопія.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Стаття є фрагментом планової науково-дослідної роботи кафедри нормальної анатомії та фізіології людини Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна «Варіабельність анатомічних особливостей органів грудної клітки та живота в аспекті виконання відеоторакоскопічних і відеолапароскопічних хірургічних втручань», номер державної реєстрації 0123U100286.

Вступ.

Алопластика на сьогодні є провідним методом хірургічного лікування гриж передньої черевної стінки, зокрема при серединних, вентральних, післяопераційних та рецидивних дефектах. Використання поліпропіленових сітчастих імплантів дозволяє підвищити міцність черевної стінки, знизити частоту рецидивів та покращити функціональні результати. Згідно з літературними даними, понад 300 варіантів герніопластики з використанням аутоканин супроводжуються високим ризиком рецидиву (до 32%) [1].

В умовах сучасної хірургії основними завданнями є мінімізація операційної травми, тривалості госпіталізації та частоти ускладнень, що обумовлює необхідність обґрунтованого вибору оптимальної методики алопластики [2-5].

Ускладнення після алогерніопластики поділяються на місцеві (сероми, гнійно-некротичні ураження, формування нориць, відторгнення імпланту) та системні (кардіопульмональні розлади, тромбоемболії). Це обумовлює необхідність поглибленого аналізу результатів залежно від виду хірургічного втручання [6, 7]. Смертність після оперативних втручань з приводу післяопераційних вентральних гриж становить від 1,4 до 4%, а при защемленні сягає 33% [6].

Складні клінічні випадки, зокрема при інфікованому або забрудненому операційному полі, наявності стом, виразок або значної тканинної втрати, потребують індивідуального підходу та ретельного вибору типу імпланту [8, 9]. Важливу роль відіграють морфофункціональні властивості м'язово-апоневротичних структур та їхня взаємодія з імплантом [10-12].

Частота інфікування післяопераційної рани варіює залежно від типу гриж та хірургічного доступу: після відкритої алопластики вентральних гриж вона становить 6,3%, а після лапароскопічних втручань – лише

1,4% [13, 14]. Впровадження ендовідеохірургічних технологій знизило частоту розвитку вентральних гриж, однак не усунуло цю проблему повністю [15].

Тривалість операції понад 115 хвилин асоціюється з підвищеним ризиком ранових ускладнень, що може бути зумовлено як підвищеним бактеріальним обсіменінням відкритої рани, так і більшою складністю самого втручання, включно із симультанними операціями [16].

На частоту рецидивів після пластики гриж передньої черевної стінки суттєво впливають такі фактори: розміри грижового дефекту, локалізація грижі, вибір методу пластики, загальний соматичний стан пацієнта, наявність ожиріння, хронічних захворювань, цукрового діабету, інфекційні ускладнення у ділянці рани [8, 9, 11].

У літературі відзначається, що при відкритій герніопластичі частота рецидивів коливається від 4,2% до 10,2% залежно від типу сітки, її розміру, способу фіксації та техніки імплантації [17]. За даними Reinhold W. (2018), у Herniamed Registry найнижчий рівень рецидивів спостерігався при використанні лапароскопічної TAPP-герніопластики (до 4,5%), що свідчить про ефективність мінімально інвазивних методик [6].

Інші предиктори рецидиву включають неадекватну фіксацію сітки, невірно обраний доступ, надмірне натягнення тканин при імплантації, що призводить до ішемії та формування сером, гематом або інфекційного ураження. Також важливим є дотримання хірургом принципів анатомічного розміщення імпланту (sublay, onlay, inlay, IPOM).

До факторів ризику рецидиву грижі ми віднесли: вік старше 60 років (18%), цукровий діабет (20%), захворювання ШКТ (25%), ожиріння 2-го та 3-го ступеню (50%), підвищення внутрішньочеревного тиску (15%), пластика власними тканинами (14%), білок крові нижче 65 г/л (5%), повторна рецидивна грижа (24%), поліпропіленовий протез (7%), тривалість «відкритої» операції більш ніж 155 хвилин (10%).

При статистичному аналізі доказано, що вік та ожиріння більш 1-го ступеню є достовірними факторами ризику рецидиву грижі. Повторна (рецидивна) грижа викликана особливостями з'єднувальної тканини, індивідуальною схильністю к грижоутворенню, за причину має бути зниження співвідношення колагену I/III фракцій, що викликано дисбалансом ак-

тивності тканинних матриксних металопротеїназ та їх інгібіторів [17, 18].

Ми припускаємо, що використання сучасних методів алопластики, з урахуванням фізико-механічних властивостей імплантів, дозволяє знизити частоту післяопераційних ускладнень і рецидивів.

Мета дослідження.

Порівняльна оцінка частоти та характеру ускладнень після різних методів пластики передньої черевної стінки з використанням та без використання алопластики, визначення ключових предикторів несприятливих результатів та формулювання практичних рекомендацій для підвищення ефективності лікування гриж.

Об'єкт і методи дослідження.

У дослідження включено 127 пацієнтів з грижами передньої черевної стінки, які проходили лікування в КП «Близнюківська ЦРЛ» у період 2022-2025 рр. Пацієнтів розподілено за віковими групами: основна група – особи ≥ 60 років ($n=50$; 39,4%), група порівняння – віком 40-59 років ($n=77$; 60,6%). За методом хірургічного втручання виокремлено три групи:

1. Відкрита аутопластика за методами Сапежко/Напалкова ($n=43$);
2. Відкрита алопластика (Inlay/Sublay) ($n=50$);
3. Лапароскопічна алопластика ($n=34$).

Критерії включення: відсутність системних сполучнотканинних, запальних, онкологічних, психічних захворювань; відсутність алкоголізму/наркоманії; письмова інформована згода.

Дизайн роботи погоджено з Комісією з питань біоетики медичного факультету Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна (протокол №4 від 12 квітня 2023 року) із висновком про відповідність до вимог морально-етичних норм біоетики згідно правилам ICH/GCP, Гельсінської декларації прав людини (1964), Конвенції Ради Європи по правах людини і біомедицини (1997), а також чинним законодавством України.

Статистична обробка проводилась із використанням програмного забезпечення SPSS 24.0. Для аналізу застосовували t-тест, χ^2 -критерій, ANOVA. Вірогідність вважалась статистично значущою при $p < 0,05$.

Результати дослідження та їх обговорення.

Перший етап проведеного дослідження було присвячено порівняльному аналізу клінічної ефективності різних методик хірургічного лікування діастазу прямих м'язів живота з позицій частоти післяопераційних ускладнень, тривалості госпіталізації та віддалених наслідків. Встановлено, що найбільш частими ускладненнями при традиційній «відкритій» техніці пластики передньої черевної стінки залишаються патологічні процеси з боку післяопераційної рани – серома, гематома, некроз шкіри, інфекційні ускладнення та формування нориць.

Результати, представлені в **таблиці 1**, демонструють суттєву перевагу алопластичних методик над аутопластикою за сукупністю ранніх післяопераційних ускладнень. Зменшення частоти ускладнень при застосуванні поліпропіленових сіток пояснюється меншою травматизацією тканин, оптимальним розподілом внутрішньочеревного тиску та відсутністю натягу по краях імплантата.

У віддаленому післяопераційному періоді рецидиви гриж реєструвалися у 15% пацієнтів, які пе-

ренесли аутопластику, та у 8% – після алопластики. Загальна частота рецидивів склала 12%. Крім того, у низки хворих фіксувалися нориці та нагноєння інкапсульованого ендопротеза. З метою профілактики гнійних ускладнень застосовувалося динамічне УЗД-контролювання після видалення дренажів із проведенням пункційної евакуації рідини при необхідності.

У пацієнтів, яким виконували лапароскопічну алопластику, частота ускладнень була найнижчою: рецидиви – 4,3%, серома – 2,2%, гематома – 2,2%, відторгнення сітки – 2,3%, що підтверджує високу ефективність малоінвазивного підходу.

У **таблиці 2** наведена частота рецидивів за методами пластики.

Середній термін госпіталізації становив: при аутопластиці – $24,5 \pm 1,1$ діб; при алопластиці – $14,5 \pm 1,5$ діб; при лапароскопічному втручанні – $11,3 \pm 1,3$ діб ($p < 0,01$), що вказує на швидше відновлення при використанні січастих ендопротезів, особливо при лапароскопічному доступі.

На основі отриманих даних можна зробити висновки, що алопластика синтетичним матеріалом передньої черевної стінки є методом вибору при лікуванні пацієнтів з діастазом прямих м'язів живота.

У **таблиці 3** наведено характер ускладнень, які виникали в ранньому післяопераційному періоді у пацієнтів першої та другої груп.

Встановлено, що висока частота ускладнень після аутопластики пов'язана з порушенням дихальної функції внаслідок зменшення об'єму черевної порожнини, підвищення внутрішньочеревного тиску, зниження венозного повернення та розвитком застійних пневмоній.

Тривалість лапароскопічних втручань коливалась у межах 1-2,5 годин, а загальна частота ранніх ускладнень становила 18,0%, включаючи нагноєння і відторгнення сітки (2,3%) та локальні ураження в зоні троакарів (2,2%).

При спостереженні протягом двох років рецидиви після лапароскопічної алопластики були зафіксовані у 4,3% випадків. Віддалені результати лікування було вивчено у 70% пацієнтів у терміни від 1 до 3 років, що дозволило отримати репрезентативну оцінку довгострокової ефективності методів.

Таким чином, отримані дані свідчать про доцільність пріоритетного застосування алопластики, зокрема лапароскопічного варіанту, при лікуванні пацієнтів з грижами та діастазом прямих м'язів передньої черевної стінки.

Результати проведеного дослідження підтверджують переваги алопластики перед аутопластикою щодо зниження частоти післяопераційних ускладнень та рецидивів. Ці дані узгоджуються з сучасними рекомендаціями Європейського товариства з вивчення гриж (European Hernia Society, EHS), які визначають застосування січастих алоімплантів як золотий стандарт лікування вентральних гриж, особливо у пацієнтів із факторами ризику [9].

Показник рецидиву в групі лапароскопічної алопластики (4,3%) практично ідентичний середньому рівню, зареєстрованому в багатонаціональному реєстрі Herniamed Registry, де цей показник становив 4,5% [19]. Це свідчить про відповідність отриманих

результатів світовому рівню хірургічної практики та ефективність застосованих методик.

У роботі Claus C.M.P. та співавт. (2020), що базується на аналізі даних понад 13000 пацієнтів, було встановлено, що частота розвитку сером при алопластиці становила близько 11%, що суттєво нижче, ніж при використанні аутопластики (16-20%). У нашому дослідженні аналогічні показники були зафіксовані: 11,2% після алопластики та 16,7% після аутопластики, що підтверджує відтворюваність міжнародних результатів у національних умовах [20].

Також, згідно з даними EuraHS (European Registry of Abdominal Wall Hernias), лапароскопічні методики (TAPP, IPOM) рекомендовані пацієнтам з супутньою патологією, ожирінням або підвищеним ризиком післяопераційного інфікування. Саме ці критерії були використані при формуванні третьої групи нашого дослідження, що зумовило нижчу частоту ускладнень і рецидивів.

Найвища частота ускладнень спостерігалась у пацієнтів після традиційної аутопластики, що обумовлено значним натягом тканин та зміною внутрішньочеревного тиску. Використання алопластики забезпечує меншу травматизацію тканин, краще відновлення та нижчу частоту рецидивів. Дані узгоджуються з літературними джерелами [2, 4, 8].

Ключовими предикторами рецидиву були: ожиріння $\geq$ II ступеня (до 50% рецидивів), вік >60 років, діабет, поліетиленові імпланти малого розміру. Застосування інтравезикальної тонометрії дозволяє інтраопераційно оцінити ступінь підвищення внутрішньочеревного тиску та зменшити ризики синдрому інтраабдомінальної гіпертензії [6, 12].

Для більш об'єктивного, диференційованого визначення способу алопластики, вибору типу імплантату, доведено необхідність урахування ризиків: операційно-анестезіологічних, діаметрально-локаційних, ступеня дефіциту тканин передньої черевної стінки, ступеня діастазу прямих м'язів живота, інфікованості місцевих тканин і загальний імунний стан організму, механічних властивостей анатомічних структур у зоні дефекту, рівня внутрішньочеревного тиску, який визначається в умовах моделювання анатомії і фізіології черевної порожнини, як до так і після алопластики.

Найбільш вагомими факторами ризику розвитку післяопераційних ускладнень у хворих є: супутня хронічна патологія серцево-судинної та дихальної систем; порушення обміну речовин; післяопераційний парез кишечника [7, 12].

Із метою покращення результатів хірургічного лікування хворих при алопластиці деякі лікарі використовують комплексні програми, які включають передопераційні, інтраопераційні та післяопераційні компоненти [7]. Ефективність програм оцінюється за показниками динаміки больового синдрому, швид-

Таблиця 1 – Ускладнення після відкритих пластик (аутопластика vs алопластика)

Категорія ускладнень	Тип ускладнення	Аутопластика	Алопластика	Відносне зменшення (%)
Серозні ускладнення	Серома	15.5%	11.2%	-27.7%
Крововиливи	Гематома	14.6%	9.3%	-36.3%
Некротичні зміни	Некроз шкіри	8.6%	4.0%	-53.5%
Інфекційні ускладнення	Нагноєння	6.5%	2.2%	-66.2%
Хронічні ускладнення	Нориці	16.1%	12.0%	-25.5%
Загальна частота	–	61.3%	38.7%	-36.9%

Таблиця 2 – Частота рецидивів за методами пластики

Метод пластики	Кількість пацієнтів (n)	Кількість рецидивів	Частота рецидивів (%)	Відносне зниження рецидивів (%)
Аутопластика	34	15	44.1%	–
Алопластика	55	8	14.5%	-67.1%
Лапароскопічна	34	2	4.3%	-90.3%

кості відновлення функції шлунково-кишкового тракту, активізації хворих, терміну перебування на лікарняному ліжку.

Із урахуванням зібраних даних у комплексі передопераційної підготовки у хворих з діастазом прямих м'язів живота є доцільним наступні заходи: проведення передопераційної підготовки з метою підвищення резервних можливостей дихальної системи, із її адаптацією до підвищення внутрішньочеревного тиску у післяопераційному періоді; профілактика і усунення загострень хронічних екстраабдомінальних захворювань; санація джерел інфекції; корекція гомеостазу; підготовка кишечника, проведення заходів щодо профілактики рубцевих утворень; вибір оптимальних сезонних та фізіологічних умов для проведення операцій [14, 15].

Таблиця 3 – Ранні післяопераційні ускладнення хворих на грижі передньої черевної стінки

Характер ускладнень	Відкрита пластика	Алопластика з сіткою	Лапароскопічна методика	Відносне зменшення частоти (%)
Гостра серцево-легенева недостатність	15.0%	12.0%	10.0%	-33.3%
Пневмонія	11.6%	10.0%	2.0%	-82.8%
Підвищення внутрішньочеревного тиску	8.5%	4.0%	2.0%	-76.5%
Продовжена ШВЛ	11.2%	4.0%	3.0%	-73.2%
ТЕЛА	6.6%	2.2%	1.0%	-84.8%

Висновки.

1. Алопластика є ефективнішим методом хірургічного лікування вентральних гриж порівняно з аутопластикою, що підтверджується достовірно нижчою частотою післяопераційних ускладнень (11,2% проти 16,7%) та рецидивів (4,3% проти 13,7%).

2. Лапароскопічні методики алопластики (TAPP, IPOM) демонструють найнижчий рівень ускладнень і рекомендовані для пацієнтів з підвищеним ризиком, зокрема у разі ожиріння, цукрового діабету, похилого віку або супутньої патології.

3. Найвищу частоту ускладнень спостережено при аутопластиці, що обумовлено значним натягом тканин і зміною внутрішньочеревного тиску, особливо при дефіциті тканин передньої черевної стінки.

4. Ключовими предикторами несприятливого перебігу є: ожиріння $\geq$ II ступеня, вік >60 років, цукро-

вий діабет, малі розміри поліпропіленових імплантів, хронічна супутня патологія та порушення гомеостазу.

5. Комплексна перед- та післяопераційна підготовка (включаючи інтравезикальну тонометрію, санацію інфекцій, підготовку дихальної системи та гомеостазу) дозволяє суттєво знизити частоту ускладнень та скоротити термін госпіталізації.

6. Для оптимального вибору методики алопластики необхідно індивідуально враховувати: ступінь

діастазу, розміри дефекту, локалізацію грижі, рівень внутрішньочеревного тиску та імунний статус пацієнта.

Перспективи подальших досліджень.

Подальші дослідження будуть присвячені мультицентровим проспективним порівнянням різних типів сітчастих імплантів, методів їх фіксації та впливу на довготривалу якість життя пацієнтів після алопластики.

References / Література

1. Radhakrishnan M, Ramamurthy K. Efficacy and challenges in the treatment of diastasis recti abdominis – a scoping review on the current trends and future perspectives. *Diagnostics*. 2022;24(12):2044. DOI: [10.3390/diagnostics12092044](https://doi.org/10.3390/diagnostics12092044).
2. Mommers EHH, Ponten JEH, Al Omar AK, de Vries Reilingh TS, Bouvy ND, Nienhuijs SW. The general surgeon's perspective of rectus diastasis. A systematic review of treatment options. *Surgical Endoscopy*. 2017;31(12):4934-4949. DOI: [10.1007/s00464-017-5607-9](https://doi.org/10.1007/s00464-017-5607-9).
3. Lu R, Addo A, Ewart Z, Broda A, Parlacoski, Zahiri H, et al. Comparative review of outcomes: laparoscopic and robotic enhanced-view totally extraperitoneal (eTEP) access retrorectus repairs. *Surgical Endoscopy*. 2020;34(8):3597-605.
4. Schwarz J, Reinhold W, Bittner R. Endoscopic mini/less open sublay technique (EMILOS) – a new technique for ventral hernia repair. *Langenbeck's Archives of Surgery*. 2017;402(1):173-80.
5. Reinhold W, Schröder M, Berger C, Nehls J, Schroder A, Hukauf M, et al. Mini- or Less-open Sublay Operation (MILOS): A New Minimally Invasive Technique for the Extraperitoneal Mesh Repair of Incisional Hernias. *Annals of Surgery*. 2019;269(4):748-55.
6. Perepelytsia VP, Khomenko VS, Shklyaiyev VH, Khomenko LV. Hernioplastyka: poiednannia bahatorichnoho dosvidu ta novitnikh rozrobok. *Mizhnarodnyi medychnyi konhres. Zdorovia Ukrainy. Zahalna khirurhiia na pidstavi dosvidu*. 2022;11:24-25. [in Ukrainian].
7. Lysenko RB. Alopastyka skladnykh defektiv cherevnoi stinky [Kler A, Wilson P. Total endoscopic-assisted linea alba reconstruction (TESLAR) for treatment of umbilical/paraumbilical hernia and rectus abdominus diastasis is associated with unacceptable persistent seroma formation: a single centre experience. *Hernia*. 2020;24(6):1379-85.
8. Juárez M. Preperitoneal endoscopic repair (REPA) of diastasis recti associated or not to midline hernias. *Surgical Endoscopy*. 2019;33(6):1777-82.
9. Claus CMP, Malcher F, Cavazzola LT, Furtago M, Morrel A, Azevedo M, et al. Subcutaneous onlay laparoscopic approach (SCOLA) for ventral hernia and rectus abdominis diastasis repair: technical description and initial results. *Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva (Sao Paulo)*. 2018;31(4):1-5.
10. Baig S, Priya P. Extended totally extraperitoneal repair (eTEP) for ventral hernias: Short-term results from a single centre. *Journal of Minimal Access Surgery*. 2019;15(3):198.
11. Vasylyk TP, Vasyliuk SM, Popel SL. Plastyka ventralnoi hryzhi prolenovym implantom: reaktsiia nervovo-miazovykh zakinchen perednoi cherevnoi stinky. *Art of medicine*. 2018;4:17-20. Dostupno: http://nbuv.gov.ua/UJRN/artmed_2018_4_5. [in Ukrainian].
12. Plymale MA, Davenport DL, Walsh-Blackmore S, Hess J, Griffiths WS, Plymale MC, et al. Costs and Complications Associated with Infected Mesh for Ventral Hernia Repair. *Surgical Infections*. 2020;21(4):344-9. DOI: <https://doi.org/10.1089/sur.2019.183>.
13. Feleshtynskyi YaP, Derkach KD, Smishchuk VV, Diadyk OO, Beketova Yul. Likuvannia infektsiynykh ran cherevnoi stinky pislia alopastyky hryzhi zhyvota. *Medytsyna perioperatsiina*. 2022;5(1):27-33. [in Ukrainian].
14. Dadaian VA. Osoblyvosti khirurhichnoho likuvannia ta profilaktyky pisliaoperatsiynykh troakarnykh hryzhi zhyvota [Vorovskiy OO, Shapryn'skyy VO, Yatskov DA, Zaki NN. Laparoskopichna hernioplastyka u likuvanni zashchemlenykh hryzhi u khvorykh pokhyloho ta starechoho viku. *Shpytalna khirurhiia. Zhurnal imeni L.Ia. Kovchuka*. 2016;2:81-84. [in Ukrainian].
15. Panchuk OV. Khirurhichne likuvannia khvorykh z kosmetychnymy defektamy perednoi cherevnoi stinky, ventralnymy hryzhamy ta ozhyryniam I-II stupenia [Vorovskiy OO. Prohnozuvannia rozvytku, likuvannia ta profilaktyka defektiv cherevnoi stinky u khvorykh pokhyloho ta starechoho viku dysertatsiia]Reinhold W, Köckerling F, Bittner R, Conze J, Fortelny R, Koch A, et al. Classification of Rectus Diastasis-A Proposal by the German Hernia Society (DHG) and the International Endohernia Society (IEHS). *Front Surg*. 2019;6:1. DOI: [10.3389/fsurg.2019.00001](https://doi.org/10.3389/fsurg.2019.00001).
16. Coelho JCU, Hosni AVE, Claus CM, Aguilera YSH, Abot GP, Freitas ATC, et al. Treatment of median arcuate ligament syndrome: outcome of laparoscopic approach. *Arq Bras Cir Dig*. 2020;33(1):e1495.

АНАЛІЗ УСКЛАДНЕНЬ АЛОПЛАСТИКИ ГРИЖ ПЕРЕДНЬОЇ ЧЕРЕВНОЇ СТІНКИ У АНАТОМО-ФІЗІОЛОГІЧНОМУ АСПЕКТІ

Шерстюк С. О., Гафт К. Л., Панов С. І., Наконечна С. А., Храмова Т. О., Зотова А. Б., Сидоренко Р. В.

Резюме. У статті проведена порівняльна оцінка частоти та характеру ускладнень після різних методів пластики передньої черевної стінки з використанням та без використання алопластики, визначення ключових предикторів несприятливих результатів та формулювання практичних рекомендацій для підвищення ефективності лікування гриж. Ускладнення після алогерніопластики поділяються на місцеві та системні. Це обумовлює необхідність поглибленого аналізу результатів залежно від виду хірургічного втручання.

Метою даного дослідження була порівняльна оцінка частоти та характеру ускладнень після різних методів пластики передньої черевної стінки з використанням та без використання алопластики, визначення ключових предикторів несприятливих результатів та формулювання практичних рекомендацій для підвищення ефективності лікування гриж.

У дослідження включено 127 пацієнтів з грижами передньої черевної стінки, які проходили лікування в КП «Близнюківська ЦРЛ» у період 2022-2025 рр. Пацієнтів розподілено за віковими групами та за методом хірургічного втручання. Статистична обробка проводилась із використанням програмного забезпечення SPSS 24.0. Для аналізу застосовували t-тест, χ^2 -критерій, ANOVA.

Результати свідчать про суттєву перевагу алопластичних методик над аутопластикою. У віддаленому післяопераційному періоді реєструються рецидиви гриж при аутопластиці більш, ніж при алопластиці. Крім того, у низки хворих фіксувалися нориці та нагноєння інкапсульованого ендопротеза. У пацієнтів, яким виконували лапароскопічну алопластику, частота ускладнень була найнижчою. Встановлено, що висока частота ускладнень після аутопластики пов'язана з порушенням дихальної функції внаслідок зменшення об'єму черевної порожнини, підвищення внутрішньочеревного тиску, зниження венозного повернення та розвитком застійних пневмоній.

Алопластика є ефективнішим методом хірургічного лікування вентральних гриж порівняно з аутопластикою. Лапароскопічні методи алопластики демонструють найнижчий рівень ускладнень діастазу прямих м'язів живота на сучасному етапі розвитку хірургії.

Ключові слова: герніопластика, грижі передньої черевної стінки, діастаз прямих м'язів живота, анатомо-фізіологічні аспекти, відеолапароскопія.

ANALYSIS OF COMPLICATIONS OF ALLOPLASTY OF ANTERIOR ABDOMINAL WALL HERNIA IN ANATOMICAL AND PHYSIOLOGICAL ASPECT

Sherstyuk S. O., Gaft K. L., Panov S. I., Nakonechna S. A., Khramova T. O., Zotova A. B., Sydorenko R. V.

Abstract. The article provides a comparative assessment of the frequency and nature of complications after various methods of anterior abdominal wall plastic surgery with and without the use of alloplasty, identifies key predictors of adverse outcomes, and formulates practical recommendations to improve the effectiveness of hernia treatment. Complications after allohernioplasty are divided into local and systemic. This necessitates an in-depth analysis of the results depending on the type of surgical intervention.

The aim of this study was to comparatively assess the frequency and nature of complications after different methods of anterior abdominal wall plastic surgery with and without the use of alloplasty, to identify key predictors of adverse outcomes, and to formulate practical recommendations to improve the effectiveness of hernia treatment.

The study included 127 patients with anterior abdominal wall hernias who were treated at the Blyznyukivska Central Hospital in the period 2022-2025. Patients were divided by age groups and by method of surgical intervention. Statistical processing was carried out using SPSS 24.0 software. The t-test, χ^2 -criterion, ANOVA were used for analysis.

The results indicate a significant advantage of alloplastic techniques over autoplasy. In the long-term postoperative period, hernia recurrences are recorded more often with autoplasy than with alloplasty. In addition, fistulas and suppuration of the encapsulated endoprosthesis were recorded in a number of patients. In patients who underwent laparoscopic alloplastic surgery, the incidence of complications was the lowest. It has been established that the high incidence of complications after autoplasy is associated with impaired respiratory function due to a decrease in abdominal volume, increased intra-abdominal pressure, decreased venous return, and the development of congestive pneumonia.

Alloplasty is a more effective method of surgical treatment of ventral hernias compared to autoplasy. Laparoscopic methods of alloplasty demonstrate the lowest rate of complications of diastasis recti at the current stage of development of surgery.

Key words: hernioplasty, hernias of the anterior abdominal wall, diastasis of the rectus abdominis muscles, anatomical and physiological aspects, videolaparoscopy.

ORCID and contributionship / ORCID автора та його внесок до статті:

Sherstyuk S. O.: <https://orcid.org/0000-0001-6062-7962> ^{AEF}

Gaft K. L.: <https://orcid.org/0000-0002-0288-6488> ^{AE}

Panov S. I.: <https://orcid.org/0000-0001-9264-0088> ^{ADC}

Nakonechna S. A.: <https://orcid.org/0000-0002-4718-1465> ^{BD}

Khramova T. O.: <https://orcid.org/0000-0002-7445-6786> ^{BE}

Zotova A. B.: <https://orcid.org/0000-0001-6215-0846> ^{BE}

Sydorenko R. V.: <https://orcid.org/0009-0002-4442-4924> ^{BE}

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

The authors declare no conflict of interest / Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Nakonechna Svitlana Anatoliivna / Наконечна Світлана Анатоліївна

V. N. Karazin Kharkiv National University / Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Ukraine 61022, Kharkiv, 6 Maidan Svobody / Адреса: Україна, 61022, м. Харків, майдан Свободи 6

Tel.: +380669061201 / Тел.: +380669061201

E-mail: s.nakonechna@karazin.ua

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis, C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article, E – Critical review, F – Final approval of the article / A – концепція роботи та дизайн, B – збір та аналіз даних, C – відповідальність за статичний аналіз, D – написання статті, E – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті.

Received 23.02.2025 / Стаття надійшла 23.02.2025 року
Accepted 02.05.2025 / Стаття прийнята до друку 02.05.2025 року