

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова робота

Праця на правах рукопису

ПЛІС МАКСИМ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 616-089.5-085.211:[616-089.8:004.896](043.3/.5)

ДИСЕРТАЦІЯ

**АНЕСТЕЗІОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБОТИЗОВАНИХ
ХІРУРГІЧНИХ ВТРУЧАНЬ**

222 «Медицина»

22 «Охорона здоров'я»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Максим ПЛІС

Науковий керівник: доктор медичних наук, професор, Царьов Олександр
Володимирович

Дніпро – 2026

АНОТАЦІЯ

Пліс М.О. Анестезіологічне забезпечення роботизованих хірургічних втручань. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за напрямком 22 – Охорона здоров'я, 222 – Медицина. – Дніпровський державний медичний університет, Дніпро, 2026.

Дисертаційну роботу виконано на кафедрі анестезіології, інтенсивної терапії та медицини невідкладних станів факультету післядипломної освіти.

Дисертаційна робота присвячена вивченню, обґрунтуванню та застосуванню у клінічній практиці оптимального варіанту анестезіологічного забезпечення пацієнтів під час робот-асистованих оперативних втручань.

Дослідження проведено на базі медичного центру «Medical Plaza» ТОВ «ЕКО ДНІПРО», м. Дніпро у період 2022-2024 рр.

Методологія проведеного дослідження обрана відповідно до положень Гельсінської декларації та інших міжнародних і вітчизняних документів, у яких висвітлено біоетичні принципи проведення наукових досліджень і схвалена комісією з біоетики Дніпровського державного медичного університету. Інформована згода була отримана від усіх обстежених пацієнтів або їх офіційних представників перед початком дослідження.

У дослідження було залучено 81 пацієнта, які були розподілені на 2 групи. Перша група включала 45 пацієнтів, яким проводилась інгаляційна анестезія севофлураном. Друга група включала 36 пацієнтів, яким проводилась тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом. Пацієнтам обох груп дослідження в післяопераційному періоді застосовували епідуральну аналгезію.

Серед обстежених пацієнтів першої групи було 37 чоловіків (82,2%) та 8 жінок (17,8%). Середній вік пацієнтів у групі становив 63,0 роки [60,0; 65,0]. Медіана індексу маси тіла складала 29,0 кг/м² [28,0; 31,0]. Середній показник оцінки фізичного статусу за шкалою ASA – 3,0 [2,0; 3,0].

Серед обстежених пацієнтів другої групи було 33 чоловіки (91,7%) та 3 жінок (8,3%). Середній вік пацієнтів у групі становив 60,0 років [55,8; 65,2]. Медіана індексу маси тіла складала 29,0 кг/м² [28,0; 30,0]. Середній показник оцінки фізичного статусу за шкалою ASA – 3,0 [2,0; 3,0].

Усі пацієнти у передопераційному періоді оцінювались за шкалою ASA та проводився розрахунок індексу маси тіла. Інтраопераційно усім проводився моніторинг, що включав у себе неінвазивне визначення артеріального тиску, частоти серцевих скорочень, ЕКГ, показників температури тіла, SpO₂, EtCO₂, глибини анестезії за допомогою BIS-монітора.

Штучна вентиляція легень в обох групах та інгаляційна анестезія у групі 1 здійснювались за допомогою експертного наркозно-дихального апарату «Dräger PRIMUS» з системою моніторингу газів.

Лабораторно у всіх пацієнтів оцінювався загальний аналіз крові, біохімічні показники, маркери стресу (глюкоза, кортизол). Всі лабораторні дослідження проводились до, після, через 24 та 48 годин після оперативного втручання.

У післяопераційному періоді у всіх пацієнти оцінювалась інтенсивність больового синдрому за візуальною аналоговою шкалою болю (ВАШ).

Критерії включення в дослідження: вік пацієнта ≥ 18 років; планове робот-асистоване оперативне втручання; клас анестезіологічного ризику за шкалою ASA I–III; наявність інформованої згоди на участь у дослідженні.

Критеріями виключення з дослідження були: вік ≤ 18 років; хронічні захворювання у стадії декомпенсації; оперативні втручання без використання роботизованої хірургічної системи; вагітність; відмова пацієнта від участі у дослідженні.

У дисертаційній роботі були отримані результати дослідження, що дозволили досягти реалізації основної мети роботи - підвищення ефективності та безпечності анестезіологічного забезпечення роботизованих хірургічних втручань шляхом вибору найбільш оптимальних варіантів загального знеболення

на підставі вивчення показників керованості анестезії, оцінки стрес-відповіді та швидкості післяопераційного відновлення.

Порівняльний аналіз інтраопераційних показників продемонстрував, що обидва застосованих варіанти анестезіологічного забезпечення були ефективними для підтримання адекватної глибини анестезії, оксигенації та температурного гомеостазу. Інтраопераційно рівень BIS становив 41,0 ум. од. в обох групах ($p=0,98$), однак на етапі завершення оперативного втручання він був вищим у групі 1 — 54,0 ум. од. [53,0; 56,0] проти 48,0 ум. од. [47,8; 50,0] у групі 2 ($p<0,01$), що свідчило про швидше відновлення свідомості та кращу керованість анестезією. Підвищення рівня EtCO₂ у пацієнтів обох груп було відмічено на етапі створення пневмоперетонеума і коригувалося до меж фізіологічних значень зміною параметрів штучної вентиляції легенів.

Найбільші виражені відмінності між групами визначені для показників гемодинаміки. На початку оперативного втручання систолічний артеріальний тиск був однаковим в обох групах — 140,0 мм рт. ст. [140,0; 150,0] ($p=0,45$). Інтраопераційно він був достовірно вищим у групі 1 — 100,0 мм рт. ст. [95,0; 100,0] проти 90,0 мм рт. ст. [85,0; 90,0] у групі 2 ($p<0,01$), а на етапі гемостазу — 130,0 мм рт. ст. [120,0; 130,0] проти 105,0 мм рт. ст. [100,0; 110,0] відповідно ($p<0,01$).

За даними змішаних лінійних моделей, у групі пропофолу систолічний артеріальний тиск був нижчим на 13,75 мм рт. ст., середній артеріальний тиск — на 6,73 мм рт. ст., а частота серцевих скорочень — на 8,17 уд/хв. Отже, севофлуран асоціювався зі стабільнішим гемодинамічним профілем.

Порівняльний аналіз лабораторних показників продемонстрував, що обидва варіанти анестезіологічного забезпечення під час робот-асистованих оперативних втручань супроводжувалися типовими транзиторними післяопераційними змінами. Встановлено, що метод анестезії не мав клінічно значущого впливу на показники загального аналізу крові. Однак у групі 2 частіше

визначалися більш виражені зміни біохімічних показників, зокрема вищі рівні сечовини та креатиніну через 24 і 48 годин після операції. Креатинін через 24 години становив 101,0 мкмоль/л [96,8; 111,2] у групі 2 проти 93,0 мкмоль/л [84,0; 98,0] у групі 1 ($p<0,01$), а через 48 годин — 96,5 мкмоль/л [90,8; 102,5] проти 85,0 мкмоль/л [78,0; 94,0] відповідно ($p<0,01$).

Проведена оцінка маркерів стресу продемонструвала деякі переваги інгаляційної анестезії севофлураном. До операції рівень глюкози в обох групах становив 7,0 ммоль/л [5,0; 9,0] ($p=0,88$). Після операції він був нижчим у групі 1 — 7,0 ммоль/л [5,0; 8,0] проти 10,0 ммоль/л [9,0; 12,0] у групі 2 ($p<0,01$). Через 24 години показники становили 7,0 ммоль/л [6,0; 8,0] проти 9,0 ммоль/л [8,0; 10,0], через 48 годин — 5,0 ммоль/л [5,0; 7,0] проти 8,0 ммоль/л [7,0; 9,0] відповідно ($p<0,01$). Рівень кортизолу після операції також був нижчим у групі 1 — 329,0 нмоль/л [258,0; 380,0] проти 383,5 нмоль/л [330,8; 437,8] ($p<0,01$). Це свідчить про менш виражену стрес-відповідь та швидшу метаболічну стабілізацію при застосуванні севофлурану.

Оцінка інтенсивності болю у післяопераційному періоді показала, що найбільші відмінності відзначалися через 12–72 години після операції, коли показники болю були нижчими у групі 1 ($p<0,01$), однак бал за ВАШ в обох групах і не перевищував 2 балів, що клінічно відповідало слабкому больовому синдрому.

Аналіз швидкості післяопераційного відновлення виявив достовірну перевагу севофлурану. У пацієнтів 1 групи час до екстубації становив 12 хв. [10; 14], тоді як у пацієнтів 2 групи - 24 хв. [22; 27] ($p<0,01$). Час до активізації був коротшим — 10 год [9; 10] проти 12,5 год [12; 14] ($p<0,01$). Тривалість перебування у ВАІТ становила 18 год [16; 19] проти 20,5 год [19,8; 22] ($p<0,01$), а тривалість госпіталізації — 7 днів [7; 7] проти 8 днів [8; 9] відповідно ($p<0,01$).

Кореляційний аналіз підтвердив взаємозв'язок між інтраопераційними факторами та раннім післяопераційним відновленням. У загальній вибірці

встановлено сильний прямий зв'язок між часом до екстубації та часом до активізації ($r_s=0,77$; $p<0,01$). Тривалість ШВЛ прямо корелювала з часом до екстубації ($r_s=0,43$), часом до активізації ($r_s=0,61$), дозою фентанілу ($r_s=0,74$) та дозою міорелаксантів ($r_s=0,78$), усі $p<0,01$.

Аналіз післяопераційних ускладнень показав, що найчастіше спостерігалися нудота та блювання — 18 випадків (22,2%), плексит — 16 випадків (19,8%), набряк рогівки та пролежні — по 10 випадків (12,3%), підшкірна емфізема — 5 випадків (6,2%). Єдиним ускладненням із достовірною міжгруповою різницею були післяопераційна нудота та блювання: 18 випадків (40,0%) у групі севофлурану проти 0 випадків у групі пропофолу ($p<0,01$).

Таким чином, інгаляційна анестезія севофлураном забезпечує більш керовану глибину анестезії, стабільніший гемодинамічний профіль, менш виражену стрес-відповідь та швидше післяопераційне відновлення.

Наукова новизна дослідження:

Вперше проведена комплексна порівняльна оцінка впливу різних варіантів анестезіологічного забезпечення (інгаляційна анестезія севофлураном або тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом) на інтраопераційні параметри (глибина анестезії, профіль гемодинаміки, оксигенація, температурний гомеостаз) у пацієнтів під час робот-асистованих оперативних втручань на етапах операції.

Доповнено наукові дані щодо особливостей гемодинамічної відповіді при різних варіантах анестезіологічного забезпечення робот-асистованих втручань. Встановлено, що інгаляційна анестезія севофлураном асоціюється з більш високими та стабільними показниками артеріального тиску і частоти серцевих скорочень, тоді як тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом супроводжується більш вираженою гемодинамічною депресією.

Вперше визначені особливості метаболічних змін та стрес-відповіді на оперативне втручання у пацієнтів під час роботизованих операцій залежно від варіанту анестезії. Продемонстровано, що інгаляційна анестезія севофлураном пов'язана з нижчими рівнями глюкози та кортизолу у післяопераційному періоді, а також з менш вираженими транзиторними біохімічними змінами.

Вперше вивчено вплив різних стратегій анестезіологічного забезпечення на швидкість післяопераційного відновлення у пацієнтів після роботизованої хірургії. Доведено, що інгаляційна анестезія севофлураном сприяє швидшому пробудженню, скорочує час до екстубації, відповідно пришвидшує ранню активізацію та скорочує тривалість перебування пацієнтів у відділенні інтенсивної терапії та госпіталізації в цілому.

Практичне та теоретичне значення дослідження.

Теоретичне значення проведеного дослідження полягає у поглибленні наукових знань про особливості та вплив різних варіантів анестезіологічного забезпечення на перебіг інтраопераційного та післяопераційного періоду у пацієнтів, яким проводились робот-асистовані оперативні втручання.

Розширено дані про особливості впливу різних варіантів анестезіологічного супроводу на інтраопераційні показники гомеостазу та маркери стрес відповіді на операційну травму під час проведення роботизованих операцій.

Визначено, що метод анестезіологічного забезпечення є важливим фактором, який визначає швидкість раннього післяопераційного відновлення, інтенсивність больового синдрому та структуру ускладнень.

Практичне значення проведеного дослідження полягає у можливості застосування отриманих даних для оптимізації вибору варіанту анестезіологічного забезпечення у пацієнтів під час робот-асистованих оперативних втручань.

Встановлено, що застосування інгалаційної анестезії севофлураном забезпечує кращу керованість глибиною анестезії, більш стабільний гемодинамічний профіль, швидшу екстубацію, ранню активізацію пацієнтів, скорочення тривалості перебування у відділенні інтенсивної терапії та стаціонарі.

Результати дослідження можуть бути використані для розробки індивідуальних анестезіологічних стратегій з урахуванням коморбідного стану пацієнта, ризиків та особливостей оперативного втручання.

Практичне впровадження отриманих даних дозволяє підвищити безпеку анестезіологічного супроводу, зменшити ризик інтраопераційних ускладнень, покращити якість післяопераційного відновлення після робот-асистованих оперативних втручань.

Ключові слова: анестезіологія, роботизована хірургія, мінімально інвазивна хірургія, знеболення, періопераційне знеболення, загальна анестезія, регіонарні методи знеболення, регіонарна анестезія, пневмоперитонеум, карбоксиперитонеум, положення Тренделенбурга, периопераційний період, гемодинаміка, ускладнення, ускладнення анестезії, інфузійна терапія, моніторинг під час анестезії, гемодинамічний моніторинг, інтраопераційний моніторинг, ризик пацієнта, безпека пацієнтів.

SUMMARY

Plis M.O. - Anesthetic Management of Robotic Surgical Interventions. – Qualification scientific work as a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 22 – Healthcare, 222 – Medicine. – Dnipro State Medical University, Dnipro, 2026.

The dissertation work was carried out at the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Medicine of the Faculty of Postgraduate Education.

The dissertation work is devoted to the study, justification and application in clinical practice of the optimal option for anesthesia of patients during robot-assisted surgical interventions.

The study was conducted on the basis of the “Medical Plaza” medical center of “ECO DNIPRO LLC”, Dnipro in the period 2022-2024.

The methodology of the study was selected in accordance with the provisions of the Declaration of Helsinki and other international and domestic documents that highlight the bioethical principles of conducting scientific research and was approved by the Bioethics Commission of the Dnipro State Medical University. Informed consent was obtained from all examined patients or their official representatives before the start of the study.

The study included 81 patients, who were divided into 2 groups. The first group included 45 patients who underwent inhalation anesthesia with sevoflurane. The second group included 36 patients who underwent total intravenous anesthesia with propofol. Patients in both study groups received epidural analgesia in the postoperative period.

Among the examined patients of the first group, there were 37 men (82.2%) and 8 women (17.8%). The mean age of the patients in the group was 63.0 years [60.0;

65.0]. The median body mass index was 29.0 kg/m² [28.0; 31.0]. The mean ASA physical status score was 3.0 [2.0; 3.0].

Among the examined patients of the second group, there were 33 men (91.7%) and 3 women (8.3%). The mean age of the patients in the group was 60.0 years [55.8; 65.2]. The median body mass index was 29.0 kg/m² [28.0; 30.0]. The mean ASA physical status score was 3.0 [2.0; 3.0].

All patients were preoperatively assessed using the ASA scale and body mass index was calculated. Intraoperatively, all patients underwent monitoring, which included non-invasive determination of blood pressure, heart rate, ECG, body temperature, SpO₂, EtCO₂, and depth of anesthesia using a BIS monitor.

Artificial ventilation in both groups and inhalation anesthesia in group 1 were performed using an expert anesthesia apparatus "Dräger PRIMUS" with a gas monitoring system.

Laboratory evaluation of all patients included a complete blood count, biochemical parameters, and stress markers (glucose, cortisol). All laboratory tests were performed before, after, 24 and 48 hours after surgery.

In the postoperative period, all patients were assessed for pain intensity using the visual analog pain scale (VAS).

Inclusion criteria in the study: patient age ≥ 18 years; planned robot-assisted surgery; anesthetic risk class on the ASA I–III scale; informed consent to participate in the study.

Exclusion criteria from the study were: age ≤ 18 years; chronic diseases in the decompensation stage; surgical interventions without the use of a robotic surgical system; pregnancy; patient refusal to participate in the study.

The dissertation work obtained the results of the study, which allowed achieving the main goal of the work - increasing the efficiency and safety of anesthetic support for robotic surgical interventions by selecting the most optimal options for general anesthesia based on the study of anesthesia control indicators, assessment of stress response and speed of postoperative recovery.

Comparative analysis of intraoperative parameters demonstrated that both applied anesthetic support options were effective in maintaining adequate depth of anesthesia, oxygenation, and temperature homeostasis. Intraoperatively, the BIS level was 41.0 conventional units in both groups ($p=0.98$), but at the stage of completion of the surgical intervention it was higher in group 1 — 54.0 conventional units [53.0; 56.0] versus 48.0 conventional units [47.8; 50.0] in group 2 ($p<0.01$), which indicated a faster recovery of consciousness and better control of anesthesia. An increase in EtCO₂ levels in patients of both groups was noted at the stage of pneumoperitoneum creation and was corrected to the limits of physiological values by changing the parameters of artificial lung ventilation. The most pronounced differences between the groups were determined for hemodynamic parameters. At the beginning of the surgical intervention, systolic blood pressure was the same in both groups - 140.0 mm Hg [140.0; 150.0] ($p=0.45$). Intraoperatively, it was significantly higher in group 1 - 100.0 mm Hg [95.0; 100.0] versus 90.0 mm Hg [85.0; 90.0] in group 2 ($p<0.01$), and at the stage of hemostasis - 130.0 mm Hg [120.0; 130.0] versus 105.0 mm Hg [100.0; 110.0], respectively ($p<0.01$).

According to mixed linear models, in the propofol group, systolic blood pressure was lower by 13.75 mm Hg s., mean arterial pressure by 6.73 mm Hg s., and heart rate by 8.17 beats/min. Thus, sevoflurane was associated with a more stable hemodynamic profile.

Comparative analysis of laboratory parameters demonstrated that both options of anesthetic support during robot-assisted surgical interventions were accompanied by typical transient postoperative changes. It was established that the method of anesthesia had no clinically significant effect on the indicators of complete blood count. However, more pronounced changes in biochemical parameters were more often determined in group 2, in particular, higher levels of urea and creatinine 24 and 48 hours after surgery. Creatinine after 24 hours was 101.0 $\mu\text{mol/l}$ [96.8; 111.2] in group 2 versus 93.0 $\mu\text{mol/l}$ [84.0; 98.0] in group 1 ($p < 0.01$), and after 48 hours — 96.5 $\mu\text{mol/l}$ [90.8; 102.5] versus 85.0 $\mu\text{mol/l}$ [78.0; 94.0] respectively ($p < 0.01$).

The assessment of stress markers demonstrated some advantages of inhalation anesthesia with sevoflurane. Before surgery, the glucose level in both groups was 7.0 mmol/l [5.0; 9.0] ($p = 0.88$). After surgery, it was lower in group 1 — 7.0 mmol/l [5.0; 8.0] versus 10.0 mmol/l [9.0; 12.0] in group 2 ($p < 0.01$). After 24 hours, the indicators were 7.0 mmol/l [6.0; 8.0] versus 9.0 mmol/l [8.0; 10.0], after 48 hours — 5.0 mmol/l [5.0; 7.0] versus 8.0 mmol/l [7.0; 9.0] respectively ($p < 0.01$). Postoperative cortisol levels were also lower in group 1, 329.0 nmol/l [258.0; 380.0] versus 383.5 nmol/l [330.8; 437.8] ($p < 0.01$). This suggests a less pronounced stress response and faster metabolic stabilization with sevoflurane.

Assessment of postoperative pain intensity showed that the greatest differences were noted 12–72 hours after surgery, when pain scores were lower in group 1 ($p < 0.01$), but the VAS score in both groups did not exceed 2 points, which clinically corresponded to mild pain.

Analysis of the speed of postoperative recovery revealed a significant advantage of sevoflurane. In patients in group 1, the time to extubation was 12 minutes. [10; 14], while in patients of group 2 - 24 min. [22; 27] ($p < 0.01$). Time to activation was shorter - 10 h [9; 10] vs. 12.5 h [12; 14] ($p < 0.01$). The duration of stay in the ICU was 18 h

[16; 19] vs. 20.5 h [19.8; 22] ($p<0.01$), and the duration of hospitalization was 7 days [7; 7] vs. 8 days [8; 9], respectively ($p<0.01$).

Correlation analysis confirmed the relationship between intraoperative factors and early postoperative recovery. In the total sample, a strong direct relationship was established between time to extubation and time to activation ($r_s=0.77$; $p<0.01$). The duration of mechanical ventilation was directly correlated with time to extubation ($r_s=0.43$), time to activation ($r_s=0.61$), fentanyl dose ($r_s=0.74$) and muscle relaxant dose ($r_s=0.78$), all $p<0.01$.

Analysis of postoperative complications showed that the most common were nausea and vomiting - 18 cases (22.2%), plexitis - 16 cases (19.8%), corneal edema and pressure sores - 10 cases each (12.3%), subcutaneous emphysema - 5 cases (6.2%). The only complication with a significant intergroup difference was postoperative nausea and vomiting: 18 cases (40.0%) in the sevoflurane group versus 0 cases in the propofol group ($p<0.01$).

Thus, inhalation anesthesia with sevoflurane provides a more controllable depth of anesthesia, a more stable hemodynamic profile, a less pronounced stress response, and a faster postoperative recovery.

Scientific novelty of the study.

For the first time, a comprehensive comparative assessment of the impact of different options for anesthesia (inhalation anesthesia with sevoflurane or total intravenous anesthesia with propofol) on intraoperative parameters (depth of anesthesia, hemodynamic profile, oxygenation, temperature homeostasis) in patients during robot-assisted surgical interventions at the stages of the operation was carried out.

Scientific data on the features of the hemodynamic response during different options for anesthetic support of robot-assisted interventions were supplemented. It was established that inhalation anesthesia with sevoflurane is associated with higher and more stable blood pressure and heart rate, while total intravenous anesthesia with propofol is accompanied by more pronounced hemodynamic depression.

For the first time, the features of metabolic changes and stress responses to surgical intervention in patients during robotic surgeries have been determined depending on the anesthesia option. It has been demonstrated that inhalation anesthesia with sevoflurane is associated with lower levels of glucose and cortisol in the postoperative period, as well as with less pronounced transient biochemical changes.

For the first time, the influence of different anesthetic strategies on the rate of postoperative recovery in patients after robotic surgery has been studied. It has been proven that inhalation anesthesia with sevoflurane promotes faster awakening, reduces the time to extubation, accordingly accelerates early activation and reduces the duration of patients' stay in the intensive care unit and hospitalization in general.

Practical and theoretical significance of the study.

The theoretical significance of the study is to deepen scientific knowledge about the features and impact of different options for anesthesia on the course of the intraoperative and postoperative period in patients who underwent robot-assisted surgical interventions.

The data on the features of the impact of different options for anesthetic support on intraoperative homeostasis indicators and markers of stress response to surgical trauma during robotic operations have been expanded.

It has been determined that the method of anesthesia is an important factor that determines the speed of early postoperative recovery, the intensity of pain syndrome and the structure of complications.

The practical significance of the study is the possibility of using the obtained data to optimize the choice of anesthesia in patients during robot-assisted surgical interventions.

It was found that the use of inhalation anesthesia with sevoflurane provides better control of the depth of anesthesia, a more stable hemodynamic profile, faster extubation, early activation of patients, and a reduction in the duration of stay in the intensive care unit and hospital.

The results of the study can be used to develop individual anesthetic strategies taking into account the patient's comorbid condition, risks, and characteristics of the surgical intervention.

The practical implementation of the obtained data allows to increase the safety of anesthesia, reduce the risk of intraoperative complications, and improve the quality of postoperative recovery after robot-assisted surgical interventions.

Keywords: *anesthesiology, robotic surgery, minimally invasive surgery, anesthesia, perioperative anesthesia, general anesthesia, regional anesthesia, regional anesthesia, pneumoperitoneum, carboxyperitoneum, Trendelenburg position, perioperative period, hemodynamics, complications, complications of anesthesia, infusion therapy, monitoring during anesthesia, hemodynamic monitoring, intraoperative monitoring, patient risk, patient safety.*

Список публікацій аспіранта за темою дисертації

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Волков ОО, Луценко ВВ, Пліс МО, Павленко МВ, Кріштафор ДА. Порівняння ТАР-блоку та епідуральної аналгезії в післяопераційному знеболенні при роботизованій радикальній простатектомії. Медичні перспективи. 2023;(2):76-84. doi:10.26641/2307-0404.2023.2.283258
2. Пліс МО, Царьов ОВ. Анестезіологічні виклики у роботизованій хірургії. Вісник проблем біології і медицини. 2025;3(178):88-96. doi:10.29254/2077-4214-2025-3-178-88-96
3. Пліс МО, Царьов ОВ. Особливості анестезіологічного забезпечення роботизованих хірургічних втручань. Український медичний часопис. 2026;1(175):1–6. doi:10.32471/umj.1680-3051.272789.
4. Пліс МО, Царьов ОВ. Зміни показників гемодинаміки під час робот-асистованих оперативних втручань в залежності від виду анестезії. Вісник проблем біології і медицини. 2026;1(180):327-335. doi:10.29254/2077-4214-2026-1-180-327-335
5. Пліс МО, Царьов ОВ. Динаміка біохімічних показників та маркерів стресу після робот -асистованих операцій в залежності від варіанту анестезії. Перспективи та інновації науки. 2026;2(60):2531-2541. doi:10.52058/2786-4952-2026-2(60)-2531-2541
6. Пліс МО, Царьов ОВ. Швидкість післяопераційного відновлення після робот-асистованих хірургічних втручань в залежності від варіанту анестезії. Медицина невідкладних станів. 2026;3:21-26. doi:10.22141/2224-0586.22.3.2026.2003

Наукові праці, що засвідчують апробацію дисертації

1. Пліс МО, Фоменко ДА, Царьов ОВ. Проблемні питання анестезіологічного забезпечення роботизованої хірургії. Матеріали Конгресу анестезіологів України. Київ 25-26 листопада 2022р. Біль, знеболення та інтенсивна терапія. 2022. №3(96). с. 51.
2. Plis MO, Tsarev AV. Assessment of surgical stress markers in patients after robot-assisted surgical interventions under sevoflurane inhalation anesthesia. Scientific development in a changing world. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference. SPC "Sci-conf.com.ua". Lviv, Ukraine. 2026. Pp. 128-130
3. Plis MO, Tsarev AV. Structure of intraoperative and postoperative complications in robot-assisted surgical interventions depending on the type of anesthetic management. Science and education: synergy of innovation. Proceedings of the 7th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Berlin, Germany. 2026. Pp. 70-72.
4. Plis MO, Tsarev AV. Features of the interrelationships of perioperative parameters during robotic surgical interventions depending on the type of anesthesia. Innovations of modern science and education. Proceedings of the 6th International scientific and practical conference. Perfect Publishing. Vancouver, Canada. 2026. Pp. 59-61.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	20
ВСТУП.....	22
РОЗДІЛ 1	
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	30
<i>1.1. Роботизована хірургія: етапи розвитку, сфера застосування, основні переваги та недоліки.....</i>	<i>30</i>
<i>1.2. Інтраопераційні особливості роботизованої хірургії</i>	<i>33</i>
<i>1.3. Анестезіологічне забезпечення роботизованих оперативних втручань</i>	<i>39</i>
<i>1.4. Стрес-відповідь та метаболічні зміни під час роботизованої хірургії</i>	<i>52</i>
<i>1.5. Відновлення пацієнтів після роботизованих оперативних втручань</i>	<i>55</i>
РОЗДІЛ 2	
МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	57
<i>2.1. Загальна характеристика хворих</i>	<i>57</i>
<i>2.2. Методи дослідження та їх обґрунтування</i>	<i>63</i>
РОЗДІЛ 3	
ВПЛИВ РІЗНИХ ВАРІАНТІВ АНЕСТЕЗІОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА КЕРОВАНІСТЬ ГЛИБИНОЮ АНЕСТЕЗІЇ ТА ПОКАЗНИКИ ГОМЕОСТАЗУ У ПАЦІЄНТІВ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ РОБОТ-АСИСТОВАНИХ ОПЕРАТИВНИХ ВТРУЧАНЬ	70
<i>3.1. Порівняльна оцінка глибини анестезії в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення.....</i>	<i>70</i>
<i>3.2. Порівняльна динаміка показників вентиляції та оксигенації в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення</i>	<i>73</i>
<i>3.3. Порівняльна динаміка температури тіла в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення.....</i>	<i>77</i>
<i>3.4. Порівняльна оцінка змін гемодинаміки в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення.....</i>	<i>78</i>
РОЗДІЛ 4	
ДИНАМІКА КЛІНІЧНИХ І БІОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КРОВІ, МАРКЕРІВ СТРЕСОВОЇ ВІДПОВІДІ НА ОПЕРАЦІЙНУ ТРАВМУ ТА ІНТЕНСИВНОСТІ БОЛЬОВОГО СИНДРОМУ У ПАЦІЄНТІВ ПРИ РОБОТ-АСИСТОВАНИХ ОПЕРАТИВНИХ ВТРУЧАННЯХ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВАРІАНТУ АНЕСТЕЗІЇ	93

4.1. Порівняльна оцінка динаміки клінічних та біохімічних показників в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення.....	93
4.2. Порівняльна оцінка динаміки біохімічних маркерів стресової відповіді організму на операційну травму в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення.....	103
4.3. Порівняльна оцінка динаміки післяопераційного болю в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення	106
4.4. Кореляційний аналіз маркерів стресу та інтенсивності болю у післяопераційному періоді в залежності від варіанту анестезії	108

РОЗДІЛ 5

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ШВИДКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ТА СТРУКТУРИ УСКЛАДНЕНЬ У ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНОМУ ПЕРІОДІ У ПАЦІЄНТІВ З РОБОТ-АСИСТОВАНИМИ ОПЕРАТИВНИМИ ВТРУЧАННЯМИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВАРІАНТУ АНЕСТЕЗІОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	113
--	------------

5.1. Порівняльна оцінка швидкості післяопераційного відновлення в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення	113
5.2. Взаємозв'язок показників раннього післяопераційного відновлення з інтраопераційними факторами	118
5.3. Порівняльний аналіз структури післяопераційних ускладнень в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення	123

РОЗДІЛ 6

УЗАГАЛЬНЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	128
ВИСНОВКИ	140
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	144
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	146
ДОДАТКИ.....	169

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АТ – артеріальний тиск

ВАШ - візуальна аналогова шкала

ВЧТ - внутрішньочерепний тиск

ДОЗН - діаметр оболонки зорового нерва

ЕКГ - електрокардіографія

ЕТТ - ендотрахеальна трубка

ЗАК – загальний аналіз крові

НПЗЗ - нестероїдні протизапальні засоби

ПОНБ - післяопераційна нудота та блювання

САТ – середній артеріальний тиск

ТВВА – тотальна внутрішньовенна анестезія

ЧСС - частота серцевих скорочень

ХОЗЛ - хронічне обструктивне захворювання легень

ШВЛ – штучна вентиляція легень

ШКФ - швидкість клубочкової фільтрації

ШКТ - шлунково-кишковий тракт

ASA - Американське товариство анестезіологів

CBF - мозковий кровотік

CMRO - швидкість споживання мозком кисню

CO₂ - вуглекислий газ

ERAS - програма прискореного відновлення після операції (Enhanced Recovery After Surgery)

EtCO₂ - рівень CO₂ в кінці видиху

FDA - Управління з контролю за продуктами харчування та лікарськими засобами США

IL-1 β - інтерлейкін-1 β

IL-6 - інтерлейкін-6

NO - закис азоту

O₂ - кисень

PCV - вентиляція з контролем за тиском

PCV-VG - вентиляція з контролем за тиском і гарантією об'єму

pCO₂ - парціальний тиск вуглекислого газу

PEEP - позитивний тиск у кінці видиху

SIAARTI - Італійське товариство анестезії, аналгезії, реанімації та інтенсивної терапії

SIC - Італійське товариство хірургії

SIGO - Італійське товариство гінекології та акушерства

SIU - Італійське товариство урології

TAP-блок - блокада поперечного м'яза живота

TIVA - тотальна внутрішньовенна анестезія

TNF - фактор некрозу пухлини

VCV - вентиляція з контролем за об'ємом

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми. Одним з найтехнологічніших і сучасніших підходів у хірургії на сьогодні є робот-асистована малоінвазивна хірургія. Впровадження роботизованих систем допомогло розширити оперативні можливості та поліпшити перебіг оперативного втручання, зокрема зменшити травматизацію тканин, мінімізувати крововтрату, знизити інтенсивність післяопераційного болю та скоротити тривалість перебування пацієнтів у відділенні реанімації та стаціонарі в цілому [1, 5, 6, 17, 18]. З точки зору хірургії огляд оперативного поля у високоякісній тривимірній візуалізації, підвищена точність рухів та дисекції, усунення впливу тремору рук - це умови, що забезпечують можливість виконання технічно складних оперативних втручань, саме тому показання та сфера застосування роботизованої хірургії постійно розширюються [7, 19, 20, 21, 22, 23].

Разом з тим роботизовані оперативні втручання мають низку специфічних інтраопераційних особливостей, які суттєво впливають на анестезіологічне забезпечення та ускладнюють його. До таких особливостей відносяться: тривалий пневмоперитонеум, перебування пацієнта в екстримальних положеннях тіла на операційному столі (положення Тренделенбурга та анти-Тренделенбурга), обмежений доступ до пацієнта. Сукупність впливу цих факторів вимагає ретельного моніторингу глибини анестезії, вентиляції, гемодинаміки, нервово-м'язової блокади [26, 29, 30, 34, 35, 36, 37, 38, 39].

Пневмоперитонеум та нефізіологічне положення тіла можуть призводити до змін газообміну, підвищення EtCO_2 , зниження легеневого комплаєнсу, гемодинамічної нестабільності, порушення ниркової та печінкової перфузії, а також підвищення ризику позиційних ускладнень [1, 44, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 62].

Вибір оптимального методу анестезіологічного забезпечення таких пацієнтів надалі залишається дискусійним питанням та не має єдиного рішення. У клінічній практиці найчастіше застосовують інгаляційну анестезію севофлураном або тотальну внутрішньовенну анестезію пропофолом, однак кожен із цих методів має свої переваги та недоліки при застосуванні у роботизованій хірургії [64, 65, 80]. Пропофол сприяє зниженню ризику післяопераційної нудоти та блювання, має менший вплив на забруднення операційного середовища та має переваги у зменшенні ризику внутрішньоочної або внутрішньочерепної гіпертензії [64, 86, 88, 93, 94, 95, 96, 97]. Разом з тим, інгаляційна анестезія севофлураном асоційована з високою керованістю та потенційно швидшим відновленням свідомості і захисних рефлексів у пацієнтів [1, 15, 87].

Особливого значення вибір анестезіологічної стратегії набуває в умовах тривалих робот-асистованих втручань, коли важливо забезпечити стабільну гемодинаміку, адекватну оксигенацію, контроль глибини анестезії, збереження функціонального стану печінки та нирок, а також мінімізацію хірургічної стрес-відповіді [67, 87, 89, 107, 108, 112, 113]. Хірургічний стрес супроводжується активацією нейроендокринних і метаболічних механізмів, підвищенням рівня глюкози, кортизолу, катехоламінів та розвитком інсулінорезистентності, що може негативно впливати на перебіг післяопераційного періоду [135, 136, 137, 142, 143, 144]. При цьому дані щодо впливу севофлурану та пропофолу на метаболічну і гормональну відповідь при робот-асистованих операціях залишаються обмеженими та неоднозначними [145, 146, 147].

Відповідно до сучасної концепції ERAS, основними показниками ефективного інтраопераційного ведення пацієнтів є швидке пробудження, рання екстубація, адекватне знеболення, рання мобілізація пацієнта, скорочення тривалості госпіталізації [151, 152, 153, 154, 155, 156]. Проте немає достатньої кількості досліджень, що оцінюють особливості післяопераційного відновлення

в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення під час проведення робот-асистованих оперативних втручань.

Таким чином, незважаючи на те що роботизована хірургія є одним з найбільш перспективних напрямків сучасної хірургії, для анестезіолога ці оперативні втручання пов'язані з низкою складнощів. У зв'язку з цим дослідження, спрямоване на визначення оптимальної анестезіологічної стратегії під час робот-асистованих оперативних втручань, є актуальним та має важливе клінічне значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами. Дисертаційна робота є фрагментом науково-дослідних робіт кафедри анестезіології, інтенсивної терапії та медицини невідкладних станів факультету післядипломної освіти Дніпровського державного медичного університету: «Розробка нових технологій анестезіологічного забезпечення, лікування гострого і хронічного болю та цілеспрямованої інтенсивної терапії при критичних станах різного генезу». Державний реєстраційний номер 0120U103122; термін виконання: 01.2020 - 11.2023 рр. та «Розробка та удосконалення технологій підвищення безпеки анестезії, лікування болю та індивідуалізованої інтенсивної терапії у пацієнтів в критичних станах». Державний реєстраційний номер 0123U104848; термін виконання: 01.2024 - 11.2027 рр.

Мета роботи: підвищення ефективності та безпечності анестезіологічного забезпечення роботизованих хірургічних втручань шляхом вибору найбільш оптимальних варіантів загального знеболення на підставі вивчення показників гемодинаміки, маркерів стрес-відповіді, інтенсивності післяопераційного болю та швидкості післяопераційного відновлення.

Завдання дослідження:

1. Провести порівняльний аналіз інтраопераційних змін біспектрального індексу при застосуванні інгаляційної анестезії севофлураном

або тотальної внутрішньовенної анестезії пропофолом під час робот-асистованих оперативних втручань.

2. Вивчити вплив інгаляційної анестезії севофлураном або тотальної внутрішньовенної анестезії пропофолом на інтраопераційні показники оксигенації, вентиляції та гемодинаміки під час робот - асистованих оперативних втручань.

3. Провести порівняльний аналіз динаміки загально-клінічного аналізу крові та біохімічних показників метаболізму у пацієнтів залежно від варіанту анестезіологічного забезпечення робот - асистованих оперативних втручань.

4. Оцінити особливості стресової відповіді організму на операційну травму та інтенсивність післяопераційного болю в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення робот - асистованих оперативних втручань.

5. Дослідити швидкість післяопераційного відновлення та структуру ускладнень у пацієнтів після робот - асистованих оперативних втручань в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення.

6. На підставі порівняльного аналізу різних варіантів періопераційного знеболювання визначити та обґрунтувати найбільш оптимальний варіант анестезіологічного забезпечення робот - асистованих оперативних втручань.

Об'єкт дослідження: варіанти загального знеболення, які використовуються у пацієнтів під час проведення робот-асистованих оперативних втручань.

Предмет дослідження: гемодинамічні, біохімічні, температурні показники; зміни показників газообміну, глибини анестезії, стрес-відповіді та інтенсивності післяопераційного болю; характер і швидкість післяопераційного відновлення та структура післяопераційних ускладнень після робот-асистованих оперативних втручань.

Методи дослідження: лабораторні загальноклінічні (рівень Нб, Нт, еритроцитів, лейкоцитів, тромбоцитів), лабораторні біохімічні (загальний білок,

альбумін, загальний та прямий білірубін, АЛТ, АСТ, сечовина, креатинін, глюкоза, кортизол), інструментальні (систоличний та діастолічний артеріальний тиск, ЧСС, температура, BIS-моніторинг, SpO₂, EtCO₂), інтенсивність болю за ВАШ, розрахункові (САТ, ШКФ, ІМТ), методи статистичної обробка даних.

Наукова новизна дослідження.

Вперше проведена комплексна порівняльна оцінка впливу різних варіантів анестезіологічного забезпечення (інгаляційна анестезія севофлураном або тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом) на інтраопераційні параметри (глибина анестезії, профіль гемодинаміки, оксигенація, температурний гомеостаз) у пацієнтів під час робот-асистованих оперативних втручань на етапах операції.

Доповнено наукові дані щодо особливостей гемодинамічної відповіді при різних варіантах анестезіологічного забезпечення робот-асистованих втручань. Встановлено, що інгаляційна анестезія севофлураном асоціюється з більш високими та стабільними показниками артеріального тиску і частоти серцевих скорочень, тоді як тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом супроводжується більш вираженою гемодинамічною депресією.

Вперше визначені особливості метаболічних змін та стрес-відповіді на оперативне втручання у пацієнтів під час роботизованих операцій залежно від варіанту анестезії. Продемонстровано, що інгаляційна анестезія севофлураном пов'язана з нижчими рівнями глюкози та кортизолу у післяопераційному періоді, а також з менш вираженими транзиторними біохімічними змінами.

Вперше вивчено вплив різних стратегій анестезіологічного забезпечення на швидкість післяопераційного відновлення у пацієнтів після роботизованої хірургії. Доведено, що інгаляційна анестезія севофлураном сприяє швидшому пробудженню, скорочує час до екстубації, відповідно пришвидшує ранню активізацію та скорочує тривалість перебування пацієнтів у відділенні інтенсивної терапії та госпіталізації в цілому.

Практичне та теоретичне значення дослідження.

Теоретичне значення проведеного дослідження полягає у поглибленні наукових знань про особливості та вплив різних варіантів анестезіологічного забезпечення на перебіг інтраопераційного та післяопераційного періоду у пацієнтів, яким проводились робот-асистовані оперативні втручання.

Розширено дані про особливості впливу різних варіантів анестезіологічного супроводу на інтраопераційні показники гомеостазу та маркери стрес відповіді на операційну травму під час проведення роботизованих операцій.

Визначено, що метод анестезіологічного забезпечення є важливим фактором, який визначає швидкість раннього післяопераційного відновлення, інтенсивність больового синдрому та структуру ускладнень.

Практичне значення проведеного дослідження полягає у можливості застосування отриманих даних для оптимізації вибору варіанту анестезіологічного забезпечення у пацієнтів під час робот-асистованих оперативних втручань.

Встановлено, що застосування інгаляційної анестезії севофлураном забезпечує кращу керованість глибиною анестезії, більш стабільний гемодинамічний профіль, швидшу екстубацію, ранню активізацію пацієнтів, скорочення тривалості перебування у відділенні інтенсивної терапії та стаціонарі.

Результати дослідження можуть бути використані для розробки індивідуальних анестезіологічних стратегій з урахуванням коморбідного стану пацієнта, ризиків та особливостей оперативного втручання.

Практичне впровадження отриманих даних дозволяє підвищити безпеку анестезіологічного супроводу, зменшити ризик інтраопераційних ускладнень, покращити якість післяопераційного відновлення після робот-асистованих оперативних втручань.

Результати дослідження впроваджено в практику роботи медичного центру «MEDICAL PLAZA» ТОВ «Екодніпро» м. Дніпро та навчально-педагогічний процес кафедри анестезіології та інтенсивної терапії Запорізького державного медико-фармацевтичного університету, кафедри анестезіології, інтенсивної терапії та медицини невідкладних станів ФПО Дніпровського державного медичного університету.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійною науковою роботою, виконаною аспірантом під керівництвом доктора медичних наук, професора Царьова Олександра Володимировича. Спільно з науковим керівником було проведено визначення мети, формулювання основних завдань дослідження, розробка варіантів анестезіологічного забезпечення пацієнтів під час робот-асистованих оперативних втручань, визначені основні критерії й параметри оцінювання ефективності запропонованих підходів.

Автором був здійснений патентно-інформаційний пошук, аналіз літературних джерел за темою наукової роботи, самостійно проведений підбір і обстеження 81 хворого, включеного у дослідження, виконана статистична обробка, інтерпретація та систематизація отриманих даних, підготовлено наукові публікації з оприлюдненням отриманих результатів дослідження та написано усі розділи дисертаційної роботи. Висновки та розробка практичних рекомендацій проводилась разом з науковим керівником.

Апробація результатів дисертації. Отримані результати дослідження було представлено та обговорено на науково-практичних конференціях різного рівня: Конгресі анестезіологів України (м. Київ, Україна, 2022 р.), II Міжнародної науково-практичної конференції «Scientific development in a changing WORLD» (м. Львів, Україна, 2026 р.), 7th International scientific and practical conference «Science and education: synergy of innovation» (Берлін, Германія, 2026 р.), 6th

International scientific and practical conference «Innovations of modern science and education» (Ванкувер, Канада, 2026 р.)

Публікації. За темою дисертації опубліковано 6 наукових публікацій, з яких 2 статті у журналах, що входять до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science, 4 статті в наукових журналах категорії «Б», рекомендованих МОН України. У наукових вітчизняних та міжнародних збірниках матеріалів науково-практичних конференцій опубліковано 4 тези доповідей.

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційна робота написана українською мовою обсягом 174 сторінок друкованого тексту. Робота містить наступну структуру: анотація (представлена українською та англійською мовами), перелік наукових публікацій автора, перелік умовних скорочень, вступ, розділ, присвячений огляду літератури, розділ з матеріалами та методами досліджень, три розділи власних результатів дослідження, узагальнення та обговорення отриманих результатів, висновки, практичні рекомендації, перелік використаних джерел, додатки.

Робота містить 13 таблиць, 24 рисунки та 1 формулу. Перелік використаних джерел складається з 166 джерел, викладених на 23 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Роботизована хірургія: етапи розвитку, сфера застосування, основні переваги та недоліки

Шлях до застосування малоінвазивних хірургічних методів є довгим і бере свій початок з 1805 року, коли Боцціні вперше спробував дослідити уретру за допомогою простої трубки та свічки. Наступним важливим етапом стало застосування Келлінгом пневмоперитонеуму у 1901 році. А вже у 1988 році Філіпом Муре було проведено першу повноцінну лапароскопічну холецистектомію [1, 2, 3, 4].

Завдяки розвитку лапароскопічної хірургії вдалося значно вдосконалити та поліпшити оперативні втручання: зменшити об'єм крововтрати, зменшити обсяг травматизації тканин, знизити кількість післяопераційних ускладнень та рівень болю [1, 5, 6].

Активний розвиток роботизованої хірургії почався у 1990-х роках як військовий проект, що дозволяв хірургам дистанційно оперувати поранених солдатів безпосередньо на полі бою, однак з того часу роботизована хірургія набула популярності і серед цивільних спеціалістів та була впроваджена майже в усі напрямки хірургії: від загальної хірургії до урологічних, гінекологічних, кардіологічних втручань та трансплантології [7, 8].

У 1997 році в Брюсселі Жак Хімпенс та Гі Кардьер виконали першу телеманіпулятивну роботизовану лапароскопічну холецистектомію. У 2001 році Мареско та Гагнер виконали роботизовану лапароскопічну холецистектомію між Нью-Йорком та Струсбуром (Франція), з часом затримки 155 мс [9]. У 2023 році повідомлялось про вперше проведenu повну роботизовану трансплантацію печінки [10].

Першими роботами, схваленими американським Управлінням з контролю за продуктами харчування та лікарськими засобами (FDA), були хірургічна система «da Vinci» та роботизована хірургічна система «ZEUS», які з часом удосконалювалися [11]. Станом на 2017 рік кількість роботизованих систем «da Vinci» у світі становила 4271, з яких 2770 (65%) знаходилося у США, 719 (17%) — у Європі, 561 (13%) — в Азії та 221 (5%) — в інших регіонах світу. На сьогодні, за даними компанії «Intuitive Surgical Inc.», яка виробляє системи «da Vinci», понад 6500 хірургічних систем встановлено у 67 країнах світу, а навчання з використання систем «da Vinci» пройшло понад 55 000 хірургів у всьому світі [11, 12].

У 2012 році в галузі загальної хірургії використання роботизованої хірургії становило лише 1,8% усіх процедур, проте до 2018 року цей показник зріс до 15,1% [7, 13]. За даними англійської Національної служби охорони здоров'я частка роботизованої хірургії, що використовується для радикальної простатектомії, зросла з 5% у 2006 році до 88% усіх простатектомій, виконаних у 2018 році [14]. У Польщі у 2023 році було виконано за допомогою роботів 55% з 9147 операцій з приводу раку простати, 13% з 6309 операцій з приводу раку матки та 7% з 14203 операцій з приводу раку товстої кишки [15, 16].

Роботизована хірургія приваблива з кількох причин: як і лапароскопічна хірургія, вона пропонує менші розрізи, покращує видимість оперативного поля, включаючи тривимірне зображення високої роздільної здатності, нижчий ризик інфекції, коротший термін перебування в лікарні та швидший період одужання [6, 17, 18]. Крім того, на відміну від лапароскопічної хірургії, роботизована хірургія має перевагу у підвищенні діапазону рухів завдяки збільшеній можливості здійснення маніпуляцій інструментами та усунення впливу тремору рук. Підвищена маневреність дозволяє проводити більш точну дисекцію під час операції [7, 19, 20, 21, 22, 23].

Лапароскопія та роботизована хірургія, як її технічна вершина, дозволяють реалізувати найскладніші технічні оперативні втручання та є методом вибору у пацієнтів, які за інших умов могли б розглядатися як неоперабельні (наприклад пацієнти з ожирінням). Ці методики дозволяють зменшити тривалість перебування у стаціонарі та сприяють розвитку амбулаторної хірургії [1, 24, 25].

Основним недоліком роботизованої хірургії є її висока вартість, що коливається від 1,5 до 2,5 мільйонів доларів США, до того ж вартість обслуговування може сягати 10% від вартості самого робота, а вартість витратних матеріалів та інструментів становить майже третину від середньої загальної вартості [26, 27]. Однак незважаючи на це є надія, що використання роботизованої хірургії дозволить скоротити витрати на охорону здоров'я за рахунок зменшення кількості ускладнень, зниження ризику внутрішньолікарняних інфекцій, скорочення тривалості перебування у стаціонарі, що в свою чергу дозволить зменшити використання ресурсів лікарні [7, 13].

Наступний етап розвитку роботизованих систем передбачає інтеграцію штучного інтелекту, завдяки якому робот зможе виконувати заздалегідь запрограмовані завдання або буде навчатися на власному досвіді, що дозволить ще більше покращити результати лікування [28].

Таким чином, робот-асистована хірургія є найтехнологічнішим етапом розвитку малоінвазивних технологій в хірургії, що значно розширює інтраопераційні можливості хірургів, підвищуючи точність оперативних втручань та покращуючи клінічні результати. Незважаючи на високу вартість, її стрімке впровадження у світі та подальша інтеграція новітніх технологій свідчать про значний потенціал і перспективність цього напрямку хірургії.

1.2. Інтраопераційні особливості роботизованої хірургії

З точки зору анестезіолога роботизована хірургія має наступні особливості: необхідність ретельного відбіру пацієнтів, круте або зворотне положення Тренделенбурга під час оперативного втручання, довша тривалість пневмоперитонеуму, особливо на початковому етапі навчання оператора, та обмежений доступ до пацієнта після стикування робота [26, 29].

Положення пацієнта. Правильне положення пацієнта має забезпечувати безпечне стикування робота та належний доступ до рук та портів робота для хірургічного асистента. Роботизована хірургія залежить від створення та підтримки найкращого можливого поля зору для хірурга, що досягається частково шляхом позиціонування пацієнта таким чином, щоб незадіяні органи віддалялися від місця операції [30, 31].

Для баріатричної хірургії, холецистектомії та інших процедур на верхній частині черевної порожнини використовується положення анти-Тренделенбурга, яке передбачає підняття голови та опускання ніг. При проведенні простатектомії, гістеректомії та інших операцій на нижній частині черевної порожнини пацієнти вкладаються у положення Тренделенбурга і на протязі більшої частини оперативного втручання пацієнт перебуває з опущеною головою. Круте положення Тренделенбурга визначається як положення з опущеною головою на $30-40^\circ$ або навіть до 45° . Для колектомії, нефректомії та інших операцій на середній частині черевної порожнини операційний стіл може залишатися в нейтральному положенні [1, 7, 32, 33].

З анестезіологічної точки зору важливо розуміти яким чином положення пацієнта впливає на функціонування органів та систем. Особливості впливу положення Тренделенбурга на фізіологічні функції представлені у таблиці 1.1 [7, 29, 30, 34, 35, 36, 37, 38, 39].

Таблиця 1.1

Фізіологічні зміни обумовлені впливом положення Тренделенбурга

Серцево-судинна система	• Підвищення системного судинного опору • Збільшення потреби міокарда в кисні • Підвищення середнього артеріального тиску • Зниження ниркового, портального та черевного кровотоку
Дихальна система	• Невідповідність вентиляції та перфузії • Зростання пікового тиску у дихальних шляхах • Зниження функціональної залишкової ємності легень, життєвої ємності, комплайнсу • Можливе виникнення застійних явищ або набряку легень • Гіперкапія • Респіраторний ацидоз
Центральна нервова система	• Підвищення внутрішньочерепного тиску • Збільшення мозкового кровотоку
Ендокринна система	• Активація ренін-ангіотензинової системи • Вивільнення катехоламінів
Зміни з боку інших систем	• Підвищення внутрішньоочного тиску • Гастроезофагальний рефлюкс • Венозна повітряна емболія • Невропаксія • Набряк обличчя

Проте у нещодавно проведеному метааналізі встановлено, що за умови належної передопераційної підготовки положення Тренделенбурга з великим

кутом нахилу має незначний вплив на ризик розвитку тромбоемболічних, кардіальних і цереброваскулярних ускладнень [40].

Окрім фізіологічних змін, положення Тренделенбурга має низку фізичних наслідків, таких як зміщення трахеї і як наслідок дислокація ендотрахеальної трубки, набряк надгортанних структур та верхніх дихальних шляхів, через що після екстубації може призвести до розвитку стридору або порушенню зовнішнього дихання, що може обумовити необхідність реінтубації.

До інших ускладнень відносять: післяопераційну абразію рогівки та можливу втрату зору, зміщення пацієнта під час позиціонування, високий венозний тиск у мочці вуха, що необхідно враховувати при розміщенні датчика пульсоксиметра. Для запобігання цим негативним впливам потрібно проводити ретельну передопераційну оцінку здатності пацієнта переносити вимушене положення, особливо у пацієнтів з хронічними захворюваннями легень (наприклад хронічне обструктивне захворювання легень - ХОЗЛ), ожирінням, глаукомою. Необхідно вживати додаткові заходи безпеки, а саме забезпечити видимість обличчя впродовж всього оперативного втручання, надійно зафіксувати ендотрахеальну трубку, розглянути можливість встановлення назо- або орогастрального зонда, цілеспрямоване управління інфузійною терапією (goal-directed fluid management), забезпечити захист очей, переконатися, що точки тиску мають м'яку підкладку, надійну фіксацію датчика пульсоксиметру, уникати екстремальних положень з нахилом тулуба $>30^\circ$ [30, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 46].

Ще одним можливим ускладненням пов'язаним з тривалим положенням Тренделенбурга є позиційне пошкодження периферичних нервів. Тривала іммобілізація та постійний тиск на точки опори призводять до порушення перфузії тканин, ішемії та обумовлюють ризик ушкодження нервових структур. Додатковий ризик відіграють тривалість і глибина анестезії, оскільки пригнічуються захисні рефлекси і м'язовий тонус. Важливим чинником є також

неправильне позиціонування верхніх кінцівок, зокрема надмірне відведення рук або використання плечових упорів, що підвищує ризик ушкодження плечового сплетіння. Серед пацієнт - залежних факторів важливе значення має індекс маси тіла, оскільки як ожиріння (через компресію судин і зниження перфузії), так і недостатня маса тіла (через менший захист нервових структур) підвищують ризик пошкодження [47, 48, 49].

З метою зниження ризику розвитку позиційних ускладнень та нейропатії плечового сплетення, відповідно до рекомендацій ASA кут відведення рук не повинен перевищувати 90° , при чому необхідно відмовитись від використання плечових фіксуючих ременів, а також необхідно регулярно контролювати положення пацієнта і фіксувати це у контрольному чек-листі [50].

Літотомічне положення тривалістю понад 2 години асоційоване з підвищеним ризиком травматизації нервів. Окрім того, при проведенні радикальних простатектомій тривалістю понад 5 годин у літотомічному положенні були зареєстровані випадки розвитку рабдоміолізу [30, 38].

Пневмоперитонеум. Пневмоперитонеум досягається шляхом введення газу в черевну порожнину. Для індукції пневмоперитонеуму було досліджено багато різних газів, включаючи кімнатне повітря, кисень (O_2), закис азоту (NO) та вуглекислий газ (CO_2). CO_2 виявився найбезпечнішим варіантом, оскільки ризик газової емболії нижчий, ніж для O_2 та кімнатного повітря, завдяки вищій швидкості резорбції газу. При використанні закису азоту існує підвищений ризик внутрішньочеревного загоряння, якщо NO змішується з метаном, який виробляється кишківником [1, 51, 52].

CO_2 у черевній порожнині, з часом резорбується в кровоток. Абдомінальна резорбція CO_2 залежить від таких факторів як внутрішньочеревинний тиск, місце введення CO_2 та етап оперативного втручання. Існують дані, що екстраперитонеальна інсуфляція CO_2 , яка використовується при лапароскопічній

простатектомії, забезпечує набагато швидшу резорбцію газу, у порівнянні з внутрішньочеревинною[53].

Резорбція вуглекислого газу зростає під час індукції пневмоперитоніуму і далі досягає рівня плато, повторне короткочасне зростання можливе під час вивільнення пневмоперитонеуму в кінці процедури через збільшення венозного повернення на фоні зниження внутрішньочеревного тиску. Резорбований CO_2 транспортується до легень і виводиться разом з вуглекислим газом, що утворюється в процесі газообміну [54, 55].

Через використання пневмоперитонеуму можуть виникати різні проблеми з вентиляцією, перш за все зменшення загальної ємності та функціональної залишкової ємності легень. Необхідно підкреслити, що сама по собі загальна анестезія з використанням міорелаксантів зменшує залишкову ємність легень на 20%. Ці зміни вказують на те, що є ділянки легень, які перфузуються, але не вентилуються, що призводить до зниження оксигенації та обміну CO_2 [1, 44, 56]. Окрім того, пневмоперитонеум підвищує жорсткість грудної стінки та дихальної системи в цілому. Так, Lestar M. et al. (2011) повідомили про значне зниження легеневого комплайнсу з 60 до 28 мл/см H_2O під час проведення роботизованої простатектомії [57]. Подібні результати були отримані також в іншому дослідженні [58]. Вказане зниження комплайнсу легень призводить до підвищення інспіраторного тиску у дихальних шляхах, що у свою чергу обумовлює ризик розвитку баротравми і пневмотораксу [1, 56].

Оскільки парціальний тиск CO_2 (pCO_2) є визначальним фактором кислотно-лужного стану, для запобігання розвитку гіперкапнії та ацидозу необхідне коригувати параметри вентиляції. Хвилинну вентиляцію легень необхідно збільшити на 15% для покриття дихальних потреб, які виникають внаслідок збільшення резорбції CO_2 [1, 54].

У випадку якщо корекція параметрів вентиляції не дає ефекту, необхідно щоб хірурги зменшили внутрішньочеревний тиск або зупинили потік CO_2 на

кілька хвилин, оскільки гіповентиляція призводить до гіперкапнії та ацидозу. Підвищений $p\text{CO}_2$ та ацидоз призводять до вазодилатації судин головного мозку, що збільшує мозковий кровотік та внутрішньочерепний тиск (ВЧТ). Це може призвести до фатальних наслідків у пацієнтів з вихідною внутрішньочерепною гіртензією. Ацидоз також призводить до легеневої вазоконстрикції, яка обумовлює підвищення опору легеневих судин зі збільшенням шунтування крові, що може призвести до декомпенсації у пацієнтів з правошлуночковою серцевою недостатністю [55]. Тому вкрай важливо при проведенні роботизованих хірургічних втручань контролювати показники газообміну та капнометрії, кислотно-лужного стану.

Розвиток ненавмисної гіпотермії. Роботизована хірургія зазвичай триває довше, ніж аналогічні процедури, які виконуються лапароскопічно. Час операції під час роботизованих процедур залежить від досвіду хірургічної команди та час докінгу робота. Через довгий час тривалості роботизованих процедур пацієнти мають значно більший ризик розвитку ненавмисної гіпотермії, тому необхідно проводити моніторинг температури тіла та проводити інтраопераційне зігрівання пацієнтів [15].

Обмежений доступ до пацієнтів. Однією з головних проблем, з якими стикається анестезіолог під час проведення роботизованих хірургічних втручань, є відсутність достатнього доступу до пацієнта, а також обмежена площа анестезіологічного робочого місця. Хірургічний робот займає велику площу в операційній, найчастіше безпосередньо поруч з операційним столом. Ще одна проблема полягає в тому, що після розгортання роботизованих рук і введення інструментів у тіло пацієнта їх не можна легко перемістити або видалити, тому важливо забезпечити безпеку пацієнта перед початком роботи робота. Ендотрахеальна трубка, венозні доступи, дренажі, артеріальна лінія та пристрої моніторингу пацієнта повинні бути закріплені таким чином, щоб мінімізувати

ризик від'єднання або перегину протягом всієї операції. Крім того, необхідно забезпечити легкий доступ до місця введення ліків [7, 15].

Особливості функції нирок та печінки. Кровоток у черевній порожнині обернено корелює з рівнем внутрішньочеревного тиску. Коли внутрішньочеревний тиск підвищується до рівня, який перевищує артеріальний тиск у черевних артеріях, це призводить до порушення перфузії у нирках та печінці, зі зменшенням венозного відтоку. Зниження ниркового кровотоку призводить до зниження клубочкової фільтрації зі зменшенням секреції сечі та підвищенням рівня креатиніну. Оптимізація інфузійної трапії може допомогти пом'якшити цей побічний ефект. Тому при проведенні анестезіологічного забезпечення треба ретельно контролювати стан внутрішньосудинного об'єму рідини, діурез та функціональний стан нирок пацієнта у періопераційному періоді [59, 60].

Якщо кровоток до печінки або венозний відтік пролонговано знижений, може розвинутися печінкова дисфункція із підвищенням рівня печінкових ферментів. У пацієнтів з нормальною функцією печінки ці ефекти здебільшого є тимчасовими та не призводять до будь-яких ускладнень. Напроти у пацієнтів з компрометованою функцією печінки сильне та тривале підвищення внутрішньочеревного тиску може призвести до розвитку дисфункції [61, 62].

1.3. Анестезіологічне забезпечення роботизованих оперативних втручань

Роботизовані високотехнологічні системи є невід'ємною складовою сучасної хірургії. Завдяки їх активному впровадженню вдалося досягти суттєвих результатів у зменшенні періопераційної захворюваності та летальності [63].

Передопераційна підготовка. Ретельне передопераційне обстеження пацієнта є запорукою безпеки анестезіологічного забезпечення. Рутинний

передопераційний огляд включає збір анамнезу, стратифікацію ризику та фізикальне обстеження [15, 64, 65].

Відбір пацієнтів для проходження лікування за допомогою роботизованих операційних систем повинен проходити особливо прискіпливо, оскільки необхідно визначити здатність пацієнтів переносити екстремальні положення тіла та тривалий пневмоперитонеум [44, 66, 67]. З огляду на це, пацієнти, які мають в анамнезі тяжкі або декомпенсовані хвороби збоку серцево-легеневої системи (легенева гіпертензія, вроджені вади серця, внутрішньо- та екстракардіальні шунти) повинні бути розглянуті як потенційні кандидати для використання альтернативних методів оперативного лікування [15, 44, 66].

Необхідно враховувати профіль оперативного втручання, наприклад, при колектоміях, гінекологічних та урологічних операціях, ожиріння високого ступеня або тяжкі респіраторні хвороби (ХОЗЛ) можуть призвести до виникнення проблем з вентиляцією та оксигенацією у таких пацієнтів. Проте ці супутні захворювання є меншою проблемою під час оперативних втручань, де використовується зворотне положення Тренделенбурга. Однак у пацієнтів із застосуванням положення анти-Тренделенбурга є ризик зниження венозного кровотоку з розвитком гіпотензії, що несприятливо впливатиме на пацієнтів з тяжким стенозом сонної артерії або іншими серцевими захворюваннями. У пацієнтів з наявністю асцити можуть виникнути технічні труднощі, зокрема з встановленням спеціальних портів [15, 44, 66, 67].

Можливість застосування роботизованої тактики лікування залежить не лише від вищезазначених пацієнт-асоційованих факторів, а й від хірургічного та анестезіологічного досвіду. Наприклад, зміна швидкості абдомінальної інсуфляції вуглекислого газу або скорочення тривалості позиціонування пацієнта у положенні Тренделенбурга завдяки швидшій роботі хірурга, може дозволити використовувати роботичну хірургію, незважаючи на супутній тяжкий коморбідний стан [7, 64].

Враховуючи відомі фізіологічні зміни, пов'язані з положенням пацієнта та пневмоперитонеумом, у передопераційному періоді слід розробити план для надійного забезпечення прохідності дихальних шляхів, забезпечення адекватної вентиляції та оптимальної інфузійної терапії [68].

Важливим є попередження розвитку передопераційної коагулопатії та анемії, які виступають предикторами периопераційної захворюваності та смертності. Необхідно моніторувати рівень гемоглобіну з метою корекції постгеморагічної анемії, що особливо важливо у випадках, коли прогнозований ризик крововтрати дорівнює ≥ 500 мл або ймовірність гемотрансфузії становить $\geq 10\%$ [69, 70].

Важливо дотримуватись заходів тромбопрофілактики та антибіотикопрофілактики з метою запобігання потенційних ускладнень [1, 7].

Для зниження ризику розвитку післяопераційної нудоти та блювоти Chae M.S. et al. (2024) рекомендують жування жуйки протягом 15 хвилин на етапі передопераційної підготовки. За даними авторів, це допомагає знизити потребу у противблювотних засобах та підвищує комфорт пацієнтів [71].

Перед роботизованим оперативним втручанням, необхідно рекомендувати припинити пероральний прийом їжі з опівночі перед операцією. Програма прискореного відновлення після операції (ERAS) рекомендує проведення перорального переднавантаження в обсязі 800 мл за 12 годин до операції та 400 мл за 2–3 години до операції. Для цього застосовуються прозорі вуглеводні напої із мальдекстрином, які швидко евакуюються зі шлунка. Це дозволяє уникнути зневоднення перед операцією, безпечно проводити загальну анестезію без підвищеного ризику аспірації, забезпечуючи достатнє вуглеводне навантаження, для підтримки пацієнтів у метаболічно ситому стані перед операцією, таким чином зменшуючи ризик розвитку стану інсулінорезистентності та катаболізму. У пацієнтів які хворіють на діабет 2 типу можна призначати попереднє навантаження разом зі звичайними діабетичними ліками, що забезпечує

зниження ризику ускладнень, покращує самопочуття і зменшує потребу у внутрішньовенному введенні рідини [72, 73, 74]. За потреби необхідно призначити прийом антагоністів H₂- рецепторів ввечері та вранці в день оперативного втручання [73, 75].

Ряд досліджень свідчать про те, що застосування стратегії ERAS допомагає скоротити час на відновлення нормальної роботи шлунково-кишкового тракту (зокрема, швидше відновлюється відходження газів та дефікація), пришвидшує активізацію пацієнтів, а також скорочує тривалість перебування в лікувальному закладі і, як наслідок, зменшує витрати на госпіталізацію [76, 77, 78].

Таким чином, роботизовані хірургічні втручання потребують ретельного відбору пацієнтів та підготовки до оперативного втручання з урахуванням усіх можливих ускладнень та з використанням заходів їх профілактики.

Інтраопераційне ведення. Проведення анестезії слід планувати та змінювати відповідно до медичного стану пацієнта. Забезпечення прохідності дихальних шляхів є ключовою складовою для забезпечення адекватної вентиляції за умови екстремального положення пацієнта та пневмоперитонеуму. Ендотрахеальна трубка (ЕТТ) повинна бути надійно зафіксована, тому що існує висока ймовірність ендобронхіальної дислокації, що в подальшому призведе до колапсу невентильованої легені та гіпоксемії [24, 26, 79, 80].

В одному з нещодавніх досліджень рекомендується застосування техніки триточної пальпації манжети ендотрахеальної трубки як простого, надійного та ефективного методу, яка запобігає її дислокації під час роботизованої хірургії [81].

Треба підкреслити, що під час роботизованої хірургії може збільшуватися тиск у манжеті ЕТТ через використання положення Тренделенбурга та пневмоперитонеуму. Як наслідок, надмірний тиск у манжеті може призвести до нейропраксії поворотного гортанного нерву або розвитку ішемії слизової оболонки трахеї, особливо при тривалих операціях. Клінічні прояви можуть

варіюватися від незначних симптомів, таких як біль у горлі та хрипота, до більш тяжких ускладнень - виразка, параліч нерву та стеноз [82, 83]. З метою запобігання надмірному тиску у манжеті рекомендується його моніторинг за допомогою манометра з підтриманням безпечного діапазону тиску від 20 до 30 см H₂O [84].

В одному з досліджень автори підкреслюють, що форма манжети ЕТТ може знизити ризик зростання тиску в ній. Було встановлено, що трубка з конічною формою манжети має тенденцію до зменшення зміни тиску в манжеті порівняно з циліндричною формою під час робот-асистованої хірургії. Однак жодна з форм манжети не змогла запобігти підвищенню тиску під час оперативного втручання [85].

Одним з найдискусійніших питань залишається вибір анестетика для роботизованої хірургії. Для індукції та підтримки анестезії в роботизованій та лапароскопічній хірургії використовують тотальну внутрішньовенну анестезію (TIVA) пропофолом або інгаляційну анестезію севофлураном [64, 65, 80]. Кожний з зазначених методів має свої переваги та недоліки.

Застосування пропофолу забезпечує зниження ризику післяопераційної нудоти та блювання (ПОНБ), зменшення забруднення операційної та навколишнього середовища [64, 86]. Однак інгаляційна анестезія має переваги за рахунок високого рівня керованості глибиною та швидшого виходу з наркозу [1, 15, 87].

У дослідженні, проведеному Yonekura H. et al. (2016) частота ПОНБ після робот-асистованих операцій залишалась високою попри низьку кількість пацієнт-асоційованих факторів ризику, що дозволило авторам розглядати такі оперативні втручання, як операції середнього ризику щодо ПОНБ. Авторами було виявлено, що у пацієнтів, у яких методом вибору була тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом, частота ПОНБ була нижчою, ніж у тих, хто отримував інгаляційні анестетики [88].

Іншим важливим аспектом у виборі анестетика є його здатність впливати на церебральний метаболізм. Севофлуран та пропофол є найпоширенішими анестетиками, проте їхній вплив на мозковий кровоток і метаболічний рівень споживання кисню в мозку ($CMRO_2$) відрізняється [89, 90].

Севофлуран знижує $CMRO_2$, але водночас здатний викликати вазодилатацію та підвищення мозкового кровотоку (CBF). За клінічно значимих концентрацій цей ефект супроводжується збільшенням об'єму крові у мозкових судинах та внутрішньочерепного тиску (ВЧТ). У випадку роботизованих оперативних втручань у положенні крутого Тренделенбурга з пневмоперитонеумом існує ризик підвищення ВЧТ, і в такому випадку інгаляційні анестетики можуть додатково погіршувати церебральну оксигенацію [79, 89].

Пропофол, на відміну від інгаляційних анестетиків, спричиняє вазоконстрикцію та пригнічує $CMRO_2$, не збільшуючи співвідношення $CBF/CMRO_2$. Водночас точний баланс між цими ефектами залишається дискусійним: одні дослідження вказують на їх рівнозначність, інші — на домінування вазоконстрикції [91].

Варто врахувати, що досить часто пацієнти, яким проводяться роботизовані оперативні втручання, є літніми і мають супутні цереброваскулярні захворювання, які супроводжуються порушенням мозкової оксигенації. Тому дуже важливим, при проведенні анестезіологічного забезпечення є попередження розвитку порушень механізму ауторегуляції головного мозку з метою запобігання церебральних ускладнень та післяопераційної когнітивної дисфункції [79, 89, 90, 92].

Неінвазивним і легкодоступним методом оцінки ВЧТ є ультразвукове вимірювання діаметру оболонки зорового нерву (ДОЗН). У ряді досліджень інтраопераційний ДОЗН був значно нижчим у разі застосування TIVA пропофолом, у порівнянні з севофлураном, що свідчить про здатність пропофолу

мінімізувати зміни внутрішньочерепного тиску у пацієнтів під час роботизованих втручань [93, 94, 95, 96].

Hwang J.W. et al. (2013) вивчали вплив анестетиків на внутрішньоочний тиск під час лапароскопічних операцій та його зміни залежно від хірургічного положення. У результаті дослідження було продемонстровано, що при проведенні лапароскопічних операцій, які виконуються в положенні пацієнта головою вниз, пропофол може бути більш корисним для запобігання розвитку внутрішньоочної гіпертензії [97].

В дослідженні, в якому вивчався вплив різних загальних анестетиків на реполяризацію шлуночків при проведенні робот-асистованої лапароскопічній простатектомії, було виявлено переваги TIVA з пропофолом у мінімізації подовження інтервалу QT під час робот-асистованих оперативних втручань [98].

Під час роботизованих оперативних втручань доступ до пацієнта є обмеженим, через що у випадку проведення TIVA є ризик від'єднання інфузійних ліній. Ще одним недоліком TIVA є відсутність механізму прямого зворотного зв'язку для моніторингу введення пропофолу. Натомість подача інгаляційних анестетиків легко контролюється [79, 87].

При виборі варіанту анестезії для тривалих роботизованих втручань у нефізіологічних положеннях (крутий Тренделенбург чи анти-Тренделенбург) ключову роль відіграє стан серцево-судинної системи. Традиційно інгаляційні анестетики вважаються безпечнішими для пацієнтів із серцево-судинною патологією та навіть були виявлені кардіопротекторні ефекти під час кардіохірургічних втручаннях, хоча їхня перевага при некардіальних операціях залишається дискусійною [78, 87, 89].

Незважаючи на вищезазначені переваги та недоліки, не існує чітких рекомендацій, яка анестезіологічна стратегія є кращою для забезпечення роботизованої хірургії, оскільки існуючі докази переваг одного чи іншого методу є обмеженими. Вибір анестезіологічного підходу завжди здійснюється

анестезіологом і залежить від його знань про клінічний стан пацієнта, тип і тривалість операції, а також про можливий розвиток потенційних ускладнень.

Також немає однозначних підходів щодо оптимальної стратегії вентиляції у роботизованій хірургії. Так, було показано, що під час урологічних робот-асистованих операцій є доцільним встановлювати дихальний об'єм від 6 до 8 мл/кг прогнозованої маси тіла у поєднанні з помірними рівнями PEEP (4–8 см H₂O) [99].

При порівнянні вентиляції з контролем за об'ємом (VCV) та вентиляції з контролем за тиском (PCV) за умови, що дихальний об'єм становить 8 мл/кг, визначено, що PCV забезпечує нижчий піковий тиск та вищу піддатливість легень, що покращує газообмін та зменшує ризик баротравми [100].

Kim M.S. et al. (2018) порівнювали вплив механічної вентиляції легень в режимі примусової вентиляції із контролем за тиском з гарантованим об'ємом (PCV–VG) та із контролем за об'ємом (VCV) на оксигенацію і механіку дихання під час роботизованої радикальної простатектомії. Не було виявлено відмінностей у показниках газообміну між групами, однак середній тиск у дихальних шляхах був вищий при застосуванні режиму VCV [101]. Подібного висновку дійшли у іншому дослідженні, яке включало 80 пацієнтів з проведенням робот-асистованої простатектомії [102]. В роботі Lee Y.Y. et al. (2021), автори не виявили жодних доказів переваг використання режиму PCV-VG у порівнянні з режимом VCV з точки зору ризику периопераційного розвитку ателектазування легень [103].

Співвідношення вдиху до видиху, встановлене в діапазоні 2:1-1:1, покращує елімінацію вуглекислого газу, завдяки зменшенню мертвого простору. На відміну від пацієнтів з гострою дихальною недостатністю, під час роботизованих оперативних втручань подовження фази вдиху не призводило до покращення оксигенації [104, 105].

Cheng M. et al. (2022) рекомендують використовувати позитивний тиск у кінці видиху (PEEP) на рівні 5 см H₂O під час виконання робот-асистованої простатектомії, що сприяло підвищенню комплайнсу легень, покращенню оксигенації та зниженню частоти ателектазування легень у післяопераційному періоді [106].

Управління гемодинамікою є одним з ключових аспектів анестезіологічного забезпечення. Під час перебування пацієнта в положенні крутого Тренделенбурга відбувається фізіологічне збільшення серцевого викиду через посилення венозного повернення, що частково компенсується збільшенням системного судинного опору. Пневмоперитонеум сприяє підвищенню внутрішньочеревного тиску, зменшуючи переднавантаження, та потенційно може призводити до системної гіпотензії з розвитком небезпечної церебральної та міокардіальної гіпоперфузії [107, 108].

Підвищений внутрішньочеревний тиск стискає великі судини, зокрема нижню порожнисту вену та аорту, зменшує кровоток у брижових судинах і нирках, а також сприяє підняттю діафрагми. Виражена компресія нижньої порожнистої вени знижує венозне повернення до серця, тоді як стискання аорти підвищує системний судинний опір, що може призводити до підвищення артеріального тиску та одночасного зниження серцевого викиду. Разом із тим положення Тренделенбурга здатне збільшувати венозне повернення та частково компенсувати негативний вплив пневмоперитонеуму на серцевий викид [109, 110, 111].

Оскільки під час операції положення Тренделенбурга зазвичай застосовують одразу після створення пневмоперитонеуму, обидва чинники діють практично одночасно. Поєднання цих різноспрямованих механізмів формує складну та варіабельну гемодинамічну відповідь, що ускладнює прогнозування змін артеріального тиску та потребує ретельного інтраопераційного моніторингу, який слід обирати відповідно до ступеня періопераційного ризику [112, 113].

Підтримка стабільного інтраопераційного артеріального тиску є одним із основних факторів забезпечення адекватної церебральної оксигенації під час робот-асистованих оперативних втручань. У дослідженнях було відзначено, що пневмоперитонеум та положення Тренделенбурга не призводять до погіршення церебральної оксигенації за умови збереження належного рівня системного артеріального тиску [91, 114, 115].

Інтраопераційна гіпотензія часто визначається як середній артеріальний тиск менше 65 мм рт. ст. або зниження на $\geq 20\%$ від вихідних значень, що триває щонайменше 1 хвилину. Середній артеріальний тиск менше 65 мм рт. ст. пов'язаний з підвищеним ризиком гострого пошкодження нирок або пошкодження міокарда внаслідок розвитку ішемічно - реперфузійних порушень. Крім того, час, проведений у гіпотензивному стані, пов'язаний з несприятливими періопераційними результатами та збільшенням 30-денної смертності при некардіологічних операціях [116, 117, 118].

Важливо врахувати, що пацієнти старшого віку часто мають супутні захворювання, зокрема артеріальну гіпертензію та цукровий діабет, що може додатково підвищувати варіабельність артеріального тиску та інтраопераційний ризик гіпотензії [75, 108, 119, 120].

Ступінь нервово-м'язової блокади є важливою складовою для створення оптимальних хірургічних умов. Рекомендується досягнення глибокої нервово-м'язової блокади з безперервним введенням міорелаксантів. Це пов'язано з тим, що робот не адаптується до рухів пацієнта, тому кашель, або будь-які інші рухи можуть призвести до пошкодження тканини або кровотечі. Окрім того, достатній рівень релаксації допомагає зменшити негативний вплив пневмоперитонеуму на гемодинаміку та вентиляцію [15, 44, 121].

Застосування глибокої нервово-м'язової блокади потребує ретельного моніторингу та адекватної реверсії дії міорелаксантів для запобігання залишковій кураризації після оперативного втручання. З цією метою перевагу слід надати

сугамадексу у порівнянні з неостигміном, оскільки у дослідженнях він продемонстрував свої переваги щодо частоти побічних ефектів [44, 66].

Однією з важливих складових периопераційного ведення пацієнтів є вибір стратегії інфузійної терапії. Однак вплив інтраопераційної інфузії на результати пацієнтів після роботизованих оперативних втручань залишається надалі предметом наукової дискусії.

Головною метою введення рідини є підтримка нормального волемічного статусу та ефективної перфузії периферичних тканин, без перенавантаження рідиною та електролітами [122]. У спільному консенсусі щодо абдомінальної роботизованої хірургії від робочих груп SIAARTI та SIC зазначено, що за відсутності кровотечі та у пацієнтів які мають адекватно збалансований об'єм рідини, рекомендовано підтримувати баланс рідини якомога ближче до нуля, з метою досягнення «майже нульового балансу рідини» [67].

Спільний консенсус SIAARTI, SIGO та SIU щодо анестезії в урологічній та гінекологічній роботизованій хірургії також рекомендує дотримуватися обмежувальних стратегій інфузійної терапії, тому що наприклад під час робот-асистованої лапароскопічної простатектомії необхідне обмеження рідини з метою зменшення діурезу для забезпечення кращої візуалізації операційного поля під час завершення уретровезикального анастомозу [44, 66].

У метааналізі проведеному Messina A. et al. (2021) встановлено, що частота хірургічних ускладнень знизилася приблизно на 10% у пацієнтів, які отримували цілеспрямовану інфузійну терапію, порівняно з ліберальною стратегією в інтраопераційному періоді [123]. Обмеження інфузійної терапії в інтраопераційному періоді є одним з основних елементів програм ERAS [124].

Робот-асистовані оперативні втручання асоційовані з меншою крововтратою та потребою в меншій кількості препаратів крові. Встановлено, що інтраопераційна крововтрата під час робот-асистованих оперативних втручаннях

становить приблизно 100 мл для радикальної простатектомії, 50 мл для часткової нефректомії та 30 мл для реконструкції сечоводу [88, 125, 126, 127].

Таким чином, периопераційний анестезіологічний супровід роботизованих оперативних втручань є багатокомпонентним та потребує ретельного планування з урахуванням як індивідуальних потреб пацієнта так і технічних особливостей самої операції.

Інтраопераційний моніторинг. Під час проведення роботизованих оперативних втручань використовують стандартний анестезіологічний моніторинг, який включає у себе контроль ЕКГ, артеріального тиску, ЧСС, температури, капнографію, пульсоксиметрію, моніторинг глибини анестезії та нервово-м'язової блокади [15, 65, 87].

Артеріальний тиск часто контролюють за допомогою інвазивного методу за допомогою артеріальної лінії, який забезпечує вимірювання в режимі реального часу та полегшує визначення газів артеріальної крові під час операції. Для забезпечення надійного судинного доступу рекомендується встановлювати як мінімум два периферичні катетери з оптимальним інтраопераційним доступом. Катетеризація центральних судин не повинна використовуватись рутинно, якщо немає значної супутньої серцевої або ниркової патології [122].

Анестезіолог повинен передбачити обмежену доступність після початку операції та заздалегідь забезпечити адекватний судинний доступ та моніторинг, оскільки будь-яке встановлення розширеного гемодинамічного моніторингу або судинного доступу може бути реалізовано лише із затримкою.

Післяопераційне знеболення. Сильний біль у післяопераційному періоді пов'язаний із затримкою активизації, збільшенням тривалості перебування у стаціонарі, підвищеним ризиком розвитку хронічного післяопераційного болю та більш високим рівнем захворюваності та смертності [128].

Базове знеболення у післяопераційному періоді включає у себе застосування парацетамолу та НПЗЗ (такі як ібупрофен, декскетопрофен).

Опіюючі анальгетики необхідно використовувати у випадках, коли базового знеболення недостатньо [87]. Методи регіональної анестезії покращують післяопераційний контроль болю та зменшують застосування опіюючих після робот-асистованої простатектомії. Covotta M. et al. (2020) встановили, що забезпечення блокади поперечного м'язу живота під контролем УЗД зменшує потребу у фентанілі та знижує соматичний біль після роботизованої нефректомії [129]. В останніх рекомендаціях PROSPECT щодо специфічного післяопераційного знеболення, блокада площини поперечного м'язу живота (ТАР-блок) є методом вибору для післяопераційного знеболення в лапароскопічній та роботизованій хірургії [130].

Епідуральна аналгезія також продемонструвала достатній профіль безпеки й ефективності у післяопераційному знеболенні [131].

Необхідно підкреслити, що навіть невеликі розрізи у місці встановлення портів можуть бути джерелом інтенсивного болю, тому хірургам варто інфільтрувати ці місця місцевим анестетиком тривалої дії [132].

Є роботи, які вказують на те, що периопераційна інфузія лідокаїну може допомогти полегшити післяопераційний біль та пришвидшити одужання [133]. В одному з останніх досліджень, яке охопило 112 пацієнтів, авторами отримані дані, що введення лідокаїну під час операції було пов'язане з нижчими показниками раннього післяопераційного болю та зниженою потребою в опіюючих після роботизованої радикальної простатектомії [134].

Враховуючи відсутність однозначної переваги між варіантами післяопераційного знеболення, слід застосовувати індивідуалізований підхід та протоколи знеболення, які мінімізують використання опіюючих.

1.4. Стрес-відповідь та метаболічні зміни під час роботизованої хірургії

Хірургічне втручання, особливо тривале, супроводжується комплексною стрес-відповіддю організму, що включає каскад метаболічних та гормональних змін на системному та клітинному рівнях. Факторами, що визначають розвиток стресової реакції, є тяжкість, об'єм, інвазивність та локалізація хірургічного втручання, вид анестезіологічного забезпечення, стратегія інтраопераційного керування інфузійною терапією та нутритивна підтримка [135, 136, 137].

Мінімально інвазивні хірургічні технології, включаючи лапароскопічні та робот - асистовані оперативні втручання, істотно зменшують обсяг травматизації тканин та інтенсивність запальної відповіді [138, 139]. Cuk P. et al. (2024) встановили, що впровадження робот - асистованої хірургії для лікування раку товстої кишки 1-3 стадії пов'язане зі зниженням стресової реакції на хірургічне втручання [140].

Водночас навіть за умов мінімізованої хірургічної агресії нейроендокринна стрес-відповідь зберігає клінічну значущість і може суттєво визначатися вибором методу анестезіологічного забезпечення [141].

Підвищення рівня глюкози в крові розглядається як один із ключових маркерів хірургічного стресу, оскільки воно асоціюється з порушенням клітинного метаболізму, імунної відповіді та погіршенням періопераційних результатів [136]. Гіперглікемія порушує функцію нейтрофілів і спричиняє надмірну продукцію активних форм кисню, вільних жирних кислот та медіаторів запалення. Вказані патофізіологічні зміни сприяють безпосередньому клітинному ушкодженню, а також розвитку судинної та імунної дисфункції [142, 143].

Механізм розвитку стресової гіперглікемії полягає у надмірному глюконеогенезі, глікогенезі та розвитку інсулінорезистентності. Факторами

ризик розвитку стресової гіперглікемії у пацієнтів без попередньо встановленого діагнозу цукрового діабету є високий бал операційно – наркозного ризику за ASA, тривале оперативне втручання, проведення гемотрансфузії та розвиток інтраопераційної гіпотензії [136, 142, 143].

Анестетики та метод анестезії відіграють одну з ключових ролей у формуванні хірургічної стрес - відповіді. Загальна анестезія частіше пов'язана з гіперглікемією та вищим рівнем катехоламінів, кортизолу та глюкозону, ніж місцева або епідуральна анестезія [136, 144].

Як інгаляційні, так і внутрішньовенні анестетики змінюють стрес-відповідь організму на оперативне втручання. Інгаляційні анестетики пригнічують секрецію кортизолу, адренкортикотропного гормону, гормону росту та катехоламінів більшою мірою, ніж внутрішньовенні анестетики, такі як пропофол у поєднанні з реміфентанілом [144].

Під час проведення анестезії севофлураном відзначено глибоке гальмування гіпоталамо – гіпофізарно - надниркової системи, яке асоціювалося зі зменшенням інсулінорезистентності та стабільнішим глікемічним профілем у післяопераційному періоді [145].

Індукційна доза пропофолу пригнічує концентрацію кортизолу в крові, проте не повністю блокує секрецію кортизолу та альдостерону. У разі безперервної інфузії пропофолу під час тотальної внутрішньовенної анестезії секреція кортизолу може блокуватися повністю на рівні надниркових залоз. Водночас вплив пропофолу на стрес-відповідь має селективний характер і реалізується переважно через пригнічення симпатичної нервової системи, що частково пояснює особливості гормональної та метаболічної відповіді на хірургічне втручання. Пропофол призводить до найнижчої протеолітичної реакції на хірургічне втручання порівняно з іншими внутрішньовенними та інгаляційними анестетиками, це пов'язано з тим, що до складу емульсії

пропофолу входять тригліцериди, які можуть використовуватись як енергетичний субстрат [138, 146].

Було продемонстровано, що хоча інгаляційні та внутрішньовенні анестетики можуть спричиняти інтраопераційне підвищення рівня глюкози, застосування севофлурану супроводжується більш контрольованою та короткотривалою гіперглікемією, яка швидко нормалізується в післяопераційному періоді [145, 147].

Також було відзначено, що робот-асистована хірургія сприяє зменшенню хірургічному травматизму завдяки кращому огляду тканин за допомогою 3D-візуалізації, інструментам та зменшенню тремору, що у свою чергу мінімізує запальну стресову реакцію порівняно з лапароскопічним методом [148]. Виявлено, що запальна реакція у післяопераційному періоді була менш вираженою при проведенні робот-асистованій простатектомії, що свідчить про меншу травматизацію тканин [149].

Зниження системної запальної реакції пов'язане з меншим ризиком хірургічних ускладнень і покращенням довгострокових прогнозів при онкологічних захворюваннях. Системна запальна реакція зумовлена каскадом нейроендокринних, метаболічних та імунологічних факторів. При системній гострій запальній реакції вивільнення прозапальних цитокінів (IL-1 β , IL-6 та TNF) відбувається як частина загоєння рани шляхом продукування реактантів гострої фази (С-реактивний білок, фібриноген та комплемент C3), як реакція на початкову хірургічну травму. Високі концентрації прозапальних цитокінів (переважно IL-6) та відсутність компенсаторної експресії протизапальних цитокінів можуть спричинити розвиток синдрому системної запальної відповіді, тобто імунологічної дисрегуляції. Існує пряма кореляція між високою концентрацією прозапальних цитокінів та підвищеним рівнем смертності [149, 150].

В цілому, оптимізація стресової реакції на хірургічне втручання яка сприяє одужанню, передбачає належну передопераційну підготовку, оптимальну хірургічну стратегію та план анестезії, мультимодальну аналгезію, ранню післяопераційну мобілізацію та раннє ентеральне харчування [135, 147].

1.5. Відновлення пацієнтів після роботизованих оперативних втручань

Впровадження до роботизованої хірургії програми прискореного відновлення після операції (ERAS) є перспективним підходом, спрямованим на зменшення операційної травми, оптимізацію периопераційного ведення та прискорення функціонального відновлення пацієнтів у післяопераційному періоді [151].

Критеріями успішного периопераційного ведення є швидке пробудження, рання мобілізація, скорочення госпіталізації, що, в тому числі, залежить від обраної анестезіологічної стратегії [152, 153, 154].

Одним з центральних принципів концепції прискореного відновлення після операції є рання післяопераційна мобілізація, що сприяє профілактиці тромбоемболічних, легеневих ускладнень та поліпшує функцію шлунково-кишкового тракту. Та за даними сучасних досліджень, має позитивний вплив не тільки на клінічні результати у пацієнтів, а й на ефективність використання ресурсів системи охорони здоров'я [153, 155, 156].

Ефективний контроль болю в післяопераційному періоді є визначальним чинником ранньої мобілізації пацієнтів та зниження ризику розвитку ускладнень. Використання мультимодальної аналгезії з опіоїд - лімітуючою стратегією у поєднанні з регіонарними методами знеболення забезпечує досягнення оптимальних клінічних результатів [157, 158].

Невід’ємною складовою оптимізації післяопераційного менеджменту є вибір методу загальної анестезії, який визначає час пробудження та екстубації, а отже — можливість ранньої активізації та скорочення тривалості перебування у відділенні інтенсивної терапії та стаціонарі в цілому. Незважаючи на те, що найбільш поширеними методами загальної анестезіологічного забезпечення є тотальна внутрішньовенна анестезія з використанням пропофолу та інгаляційна анестезія севофлураном, дані щодо їх впливу на швидкість післяопераційного відновлення після робот-асистованих оперативних втручань залишаються обмеженими та потребують подальшого вивчення [159, 160, 161, 162, 163, 164].

Проведений огляд літератури демонструє, що роботизована хірургія є одним з найбільш перспективних напрямків сучасної хірургії, однак незважаючи на численні технічні та технологічні хірургічні переваги, для анестезіолога ці оперативні втручання пов’язані з низкою складнощів. На даний час, не має консенсусу щодо вибору анестезіологічного супроводу, а існуючі результати досліджень є фрагментарними та суперечливими. У зв’язку з цим, дослідження, спрямоване на визначення оптимальної анестезіологічної стратегії під час робот-асистованих оперативних втручань є актуальним та має важливе клінічне значення, особливо для забезпечення безпеки пацієнтів, зниження частоти ускладнень та пришвидшення післяопераційного відновлення.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Загальна характеристика хворих

2.1.1. Дизайн дослідження

Дисертаційна робота виконана на кафедрі анестезіології, інтенсивної терапії та медицини невідкладних станів ФПО Дніпровського державного медичного університету під керівництвом д.мед.н., професора О.В. Царьова.

Відповідно до мети та завдань був розроблений дизайн дослідження, який передбачав п'ять послідовних етапів дослідження (рис. 2.1). На першому етапі здійснювався збір, аналіз літературних даних та визначався обсяг вибірки. Другий, третій і четвертий етапи передбачали проведення безпосередньо клініко-інтервенційної частини дослідження. На завершальному п'ятому етапі виконувалася статистична обробка та аналіз отриманих результатів.

Виконана робота є проспективним рандомізованим порівняльним інтервенційним дослідженням, яке спрямоване на оптимізацію анестезіологічного забезпечення робот-асистованих хірургічних втручань та передбачає проведення порівняльного аналізу впливу різних варіантів анестезіологічного забезпечення та оцінки їх впливу на інтраопераційні параметри, лабораторні показники та особливості післяопераційного відновлення для підвищення профілю безпеки в роботизованій хірургії.

Проведене дослідження повністю відповідає законодавству України і «Правилам етичних принципів проведення наукових медичних досліджень за участю людини», затверджених Гельсінською декларацією, Конвенцією Європейського Союзу відносно прав людини та біомедицини і схвалена комісією з біоетики Дніпровського державного медичного університету.

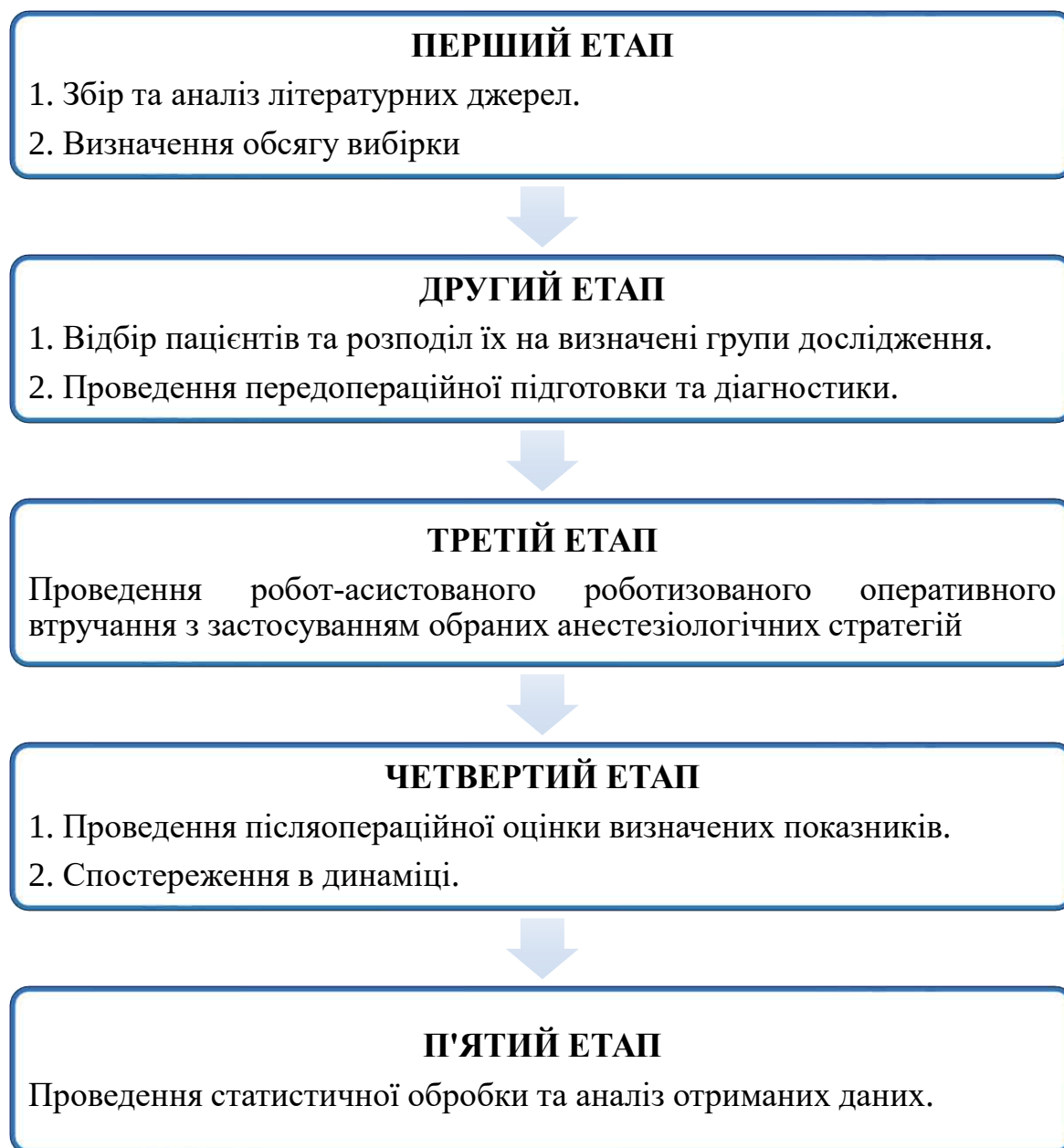


Рис. 2.1. Дизайн дослідження

Робота була виконана на базі ТОВ «ЕКО ДНІПРО», медичного центру «Medical Plaza», м. Дніпро у період 2022-2024 рр. Лабораторні дослідження виконані на базі клінічної лабораторії ТОВ «ЕКО ДНІПРО» медичного центру «Medical Plaza».

Інформована згода була отримана від всіх пацієнтів або їх офіційних представників перед проведенням дослідження.

2.1.2. Загальна характеристика пацієнтів та груп дослідження

Для реалізації мети роботи та розв'язання поставлених завдань було обстежено 92 пацієнти, яким планувалося робот-асистоване оперативне втручання. З них 81 пацієнт був включений у дослідження. За допомогою методу відкривання конвертів пацієнти були рандомізовані в дві групи дослідження (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Розподіл хворих по групах дослідження.

Перша група дослідження була створена з метою дослідити вплив інгаляційної анестезії севофлураном на інтраопераційні показники гомеостазу, керованість глибиною анестезії, біохімічні маркери стрес-відповіді, інтенсивність післяопераційного болю, характер і швидкість післяопераційного відновлення та структуру післяопераційних ускладнень у пацієнтів після робот-асистованих оперативних втручань.

Друга група дослідження була створена з метою дослідити вплив тотальної внутрішньовенної анестезії пропофолом на інтраопераційні показники гомеостазу, керованість глибиною анестезії, біохімічні маркери стрес-відповіді,

інтенсивність післяопераційного болю, характер і швидкість післяопераційного відновлення та структуру післяопераційних ускладнень у пацієнтів після робот-асистованих оперативних втручань.

Усім пацієнтам обох груп дослідження у післяопераційному періоді проводилася епідуральна аналгезія бупівакаїном.

Всього до першої групи дослідження було включено 45 пацієнтів серед яких було 37 чоловіків, що становило 82,2% від загальної кількості учасників та 8 жінок – 17,8%. Середній вік пацієнтів першої групи становив 63,0 роки [60,0; 65,0]. Серед антропометричних параметрів визначено, що медіана індексу маси тіла (ІМТ) складала 29,0 кг/м² [28,0; 31,0], що відповідає надмірній масі тіла.

При проведенні оцінки фізичного статусу з шкалою ASA встановлено, що середній показник відповідав рівню 3,0 [2,0; 3,0], тобто ASA III - пацієнти з тяжкими системними захворюваннями.

Всього до другої групи дослідження було включено 36 пацієнтів серед яких було 33 чоловіки, що становило 91,7% від загальної кількості учасників та 3 жінок – 8,3%. Середній вік пацієнтів другої групи становив 60,0 років [55,8; 65,2]. Серед антропометричних параметрів визначено, що медіана індексу маси тіла складала 29,0 кг/м² [28,0; 30,0], що відповідає надмірній масі тіла.

При проведенні оцінки фізичного статусу з шкалою ASA встановлено, що середній показник відповідав рівню 3,0 [2,0; 3,0], тобто ASA III - пацієнти з тяжкими системними захворюваннями.

В обох групах дослідження учасники були зіставними за основними клініко-демографічними характеристиками (табл. 2.1). Пацієнти мали рівномірний розподіл за статтю (в обох групах переважали чоловіки), оцінкою за шкалою ASA та індекс маси тіла. Медіана віку для пацієнтів групи 1 була на 3 роки вища, ніж у пацієнтів групи 2, проте ця різниця не була достовірною ($p=0,06$).

Таблиця 2.1.

Розподіл пацієнтів за демографічними та антропометричними показниками у групах дослідження

Показник	Усі пацієнти (n=81)	Група 1 (n=45)	Група 2 (n=36)	p
Стать: ж, n (%)	11 (13,6)	8 (17,8)	3 (8,3)	0,22
Стать: ч, n (%)	70 (86,4)	37 (82,2)	33 (91,7)	
ASA	3,0 [2,0; 3,0]	3,0 [2,0;3,0]	3,0 [2,0; 3,0]	0,76
Вік, роки	62,0 [58,0; 65,0]	63,0 [60,0; 65,0]	60,0 [55,8; 65,2]	0,06
ІМТ, кг/м ²	29,0 [28,0; 31,0]	29,0 [28,0; 31,0]	29,0 [28,0; 30,0]	0,98

Таким чином, досліджувані групи були клінічно однорідними та статистично зіставними за основними вихідними характеристиками, що дозволяє об'єктивно порівнювати результати лікування між ними.

У всіх пацієнтів проводились робот-асистовані оперативні втручання. Середня тривалість оперативного втручання складала у групі 1 - 5 год [4; 5], у групі 2 - 6 год [5; 6]

Структура оперативних втручань була наступна: у групі 1 – робот-асистована радикальна простатектомія - 51,1% випадків, робот-асистована низька передня резекція прямої кишки - 17,8%, робот-асистована геміколектомія - 15,6% та робот-асистована резекція сигмоподібної кишки; у групі 2 - робот-асистована радикальна простатектомія - 83,3% випадків, робот-асистована низька передня резекція прямої кишки - 8,3%, робот-асистована геміколектомія - 8,4% (рис. 2.3).

У дослідження були залучені пацієнти, що відповідали всім нижчезазначеним критеріям включення та не підпадали під критерії виключення.



Рис. 2.3. Структура оперативних втручань у групах дослідження.

Критерії включення в дослідження:

- вік пацієнта ≥ 18 років;
- планове робот-асистоване оперативне втручання;
- клас анестезіологічного ризику за шкалою ASA I–III;
- наявність інформованої згоди на участь у дослідженні.

Критерії виключення з дослідження:

- вік ≤ 18 років;
- хронічні захворювання у стадії декомпенсації;
- оперативні втручання без використання роботизованої хірургічної системи;
- вагітність;
- відмова пацієнта від участі у дослідженні.

2.2. Методи дослідження та їх обґрунтування

2.2.1. Клінічні, лабораторні та інструментальні методи дослідження

Усім учасникам дослідження був проведений передопераційний анестезіологічний огляд (збір скарг, анамнезу, проведення фізикального огляду) з визначенням можливих ризиків та переліком додаткових обстежень.

У всіх пацієнтів проводилась оцінка фізичного статусу за класифікацією Американського товариства анестезіологів (ASA). Відповідно до якої:

- ASA I – Здоровий пацієнт (не палить, мало вживає алкоголь)
- ASA II - Пацієнт з легким системним захворюванням (захворювання без суттєвих функціональних обмежень. Приклади включають, але не обмежуються ними: курець, соціальний алкоголік, вагітна жінка, ожиріння (<30 ІМТ <40), компенсований цукровий діабет, контрольована артеріальна гіпертензія)
- ASA III – Пацієнт з тяжким системним захворюванням (значні обмеження функціональної активності). Приклади включають (але не обмежуються ними): погано контрольована артеріальна гіпертензія або субкомпенсований цукровий діабет, ХОЗЛ, патологічне ожиріння (ІМТ ≥ 40), активний гепатит, алкогольна залежність або зловживання алкоголем, імплантований кардіостимулятор, недостатність, яка потребує регулярного проходження гемодіалізу за розкладом. В анамнезі (більше 3 місяців) інфаркт міокарда, інсульт, транзиторна ішемічна атака, ішемічна хвороба серця або стентування.
- ASA IV – Пацієнт з тяжким системним захворюванням, яке є постійною загрозою для життя. Приклади включають (але не обмежуються ними): інфаркт міокарда, інсульт, транзиторна ішемічна атака, ішемічна хвороба серця або стентування, поточна ішемія міокарда або важка

дисфункція клапанів серця, різке зниження фракції викиду, сепсис, ДВС-синдром проходження гемодіалізу.

- ASA V - Вмираючий пацієнт. Операція за життєвими показаннями. Приклади включають (але не обмежуються ними): розрив аневризми аорти, важка політравма, внутрішньочерепний крововилив, гостра ішемія кишечника при супутній вираженій кардіальній патології або поліорганної недостатності.
- ASA VI - Констатована смерть мозку, органи видаляються для донорських цілей.

Для кожного учасника дослідження проводився розрахунок індексу маси тіла за наступною формулою: вага (кг) / зріст (м)²

Інтерпретація отриманих даних була наступна:

- Менше 18,5 – недостатня вага
- 18,5-24,9 – нормальна вага
- 25-29,9 – надмірна вага
- 30-34,9 – ожиріння I ступеня
- 35-39,9 – ожиріння II ступеня
- Більше 40 – ожиріння III ступеня

Усім учасникам дослідження за 12 годин до операції, з метою передопераційної тромбопрофілактики, було призначено еноксапарин 0,4.

Анестезіологічне забезпечення робіт – асистованих оперативних втручань відбувалося на слідуючих етапах інтраопераційного періоду:

1. Індукція та підтримання анестезії.
2. Створення необхідного для проведення конкретного оперативного втручання положення пацієнта на операційному столі та його надійна фіксація.
3. Встановлення троакарів та створення пневмоперитонеуму.
4. Докінг (стикування) – приєднання маніпуляторів робота до встановлених троакарів.

5. Роботичний етап оперативного втручання.
6. Де-докінг – відстиковка маніпуляторів робота від троакарів.
7. Видалення портів, візуальний контроль гемостазу.
8. Ушивання місць встановлення портів.
9. Кінець операції.
10. Закінчення загального знеболення, пробудження пацієнта.

Усі оперативні втручання були реалізовані за допомогою роботизованої системи «da Vinci». Дана роботизована система складається з трьох основних блоків-консоль: хірургічна, пацієнтська консоль та блок обладнання (візуалізаційна система).

Консоль хірурга – це робоче місце, де сидить хірург, керує інструментами та спостерігає за допомогою стереоскопічної 3-D відеосистеми високої роздільної здатності тривимірне операційне поле.

Пацієнтська консоль – це саме роботизовані маніпулятори, що вводяться у тіло пацієнта через маленькі розрізи (три з яких це мікроінструменти та одна відеокамера). Керування роботизованою системою та здійснення всіх етапів оперативного втручання відбувається за допомогою спеціальних джойстиків, котрі передають рухи хірурга на роботизовані руки - маніпулятори.

Головними перевагами даної хірургічної системи у порівнянні з відкритим доступом є:

- Значно більший об'єм рухів у маніпуляторів порівняно з людською рукою, оскільки «хірургічні руки» мають 7 площин руху.
- Широке та об'ємне 3-D зображення операційного поля, зображення високої роздільної здатності.
- Можливість збільшити візуалізацію ділянки, де виконуються високоточні рухи.
- Ергономічна поза хірурга.
- Зниження втоми операційної бригади.

- Оперативні втручання за допомогою хірургічної системи «Da Vinci» малотравматичні (не великі розрізи, мінімальна крововтрата).

Робот-асистовані хірургічні втручання пацієнтам обох груп проводились в умовах загальної анестезії та штучної вентиляції легень.

Індукція в анестезію проводилась пропофолом з розрахунку 1,5-2 мг/кг болюсно, фентаніл 0,005% внутрішньовенно по 2-4 мл, м'язова релаксація – атракуріум бесилат 0,5-0,6 мг/кг болюсно, мідазолам 5 мг внутрішньовенно.

У пацієнтів 1 групи застосовували анестезіологічне забезпечення севофлураном. Потік свіжої газової суміші 1 л/хв. Цільова концентрація севофлурану обиралась відповідно до показників системи мультигазового аналізатора з оцінкою МАК 0,7-1,0.

У пацієнтів 2 групи застосовували тотальну внутрішньовенну анестезію пропофолом через перфузор зі швидкістю 2,5-4 мг/кг/годину.

Пацієнтам обох груп інтраопераційно встановлювали епідуральний катетер з метою післяопераційної аналгезії введенням 0,25% розчину бупівакаїну.

В післяопераційному періоді крім епідуральної аналгезії пацієнти обох груп отримували базове мультимодальне знеболення, яке передбачало введення парацетамолу 1000 мг та декскетопрофену 50 мг.

Інтраопераційний моніторинг в обох дослідних групах включав у себе: неінвазивне визначення артеріального тиску, частоти серцевих скорочень, ЕКГ, показників температури тіла, SpO₂, EtCO₂ за допомогою монітора «Nihon Kohden», глибини анестезії за допомогою BIS-монітору, оцінку нервово-м'язової блокади за допомогою TOF-монітору.

Штучна вентиляція легень в обох групах та інгаляційна анестезія у групі 1 здійснювались за допомогою експертного наркозно-дихального апарату «Dräger PRIMUS» з системою моніторингу газів.

Дослідження клінічних та інструментальних показників гомеостазу проводилося на наступних етапах: 1) індукція анестезії; 2) початок операції; 3) 3

година операційного періоду; 4) закінчення роботичного етапу; 5) ушивання місць встановлення портів; 6) кінець операції.

Визначення біспектрального індексу здійснюється шляхом постійного зчитування електроенцефалограми з метою забезпечення оптимального рівня глибини анестезії. Для реалізації даного методу моніторингу перед початком анестезії встановлювались спеціальні сенсори на лобі пацієнта, які прибирали після екстубації.

Значення BIS моніторингу вимірюється в умовних одиницях та може варіювати від 0 до 100. Адекватним рівнем для проведення оперативного втручання вважається діапазон значень від 40 до 60 умовних одиниць. Значення менше 40 ум.од. свідчить про глибоку анестезію, в той час як значення 60-80 ум.од. – помірну седацію, значення 100 ум.од. відповідає ясній свідомості.

Лабораторно у всіх пацієнтів оцінювався загальний аналіз крові, біохімічні показники (загальний білок, альбумін, загальний та прямий білірубін, АЛТ, АСТ, сечовина, креатинін), маркери стрес-відповіді організму на операційну травму (глюкоза, кортизол). Всі лабораторні дослідження проводились до, після, через 24 та 48 годин після оперативного втручання.

Оцінка інтенсивності післяопераційного болю здійснювалась за допомогою візуально-аналогової шкали болю (ВАШ) на наступних етапах: 1, 3, 6, 12, 24, 48 та 72 години після оперативного втручання.

Інтерпретація результатів за ВАШ наступна:

- 0-1 бал – біль вкрай слабкий;
- від 2 до 4 балів – слабкий;
- від 4 до 6 балів – помірний;
- від 6 до 8 балів – дуже сильний;
- 8-10 балів – нестерпний біль.

Для оцінки швидкості післяопераційного відновлення було обрано визначення тривалості наступних етапів: докінг, тривалість оперативного

втручання та знеболення, час екстубації після закінчення оперативного втручання, активізація, тривалість перебування у відділенні анестезіології та інтенсивної терапії, загальна тривалість перебування в стаціонарі.

2.2.2 Методи математично-статистичного аналізу отриманих результатів

Обробка даних та статистичний аналіз проводили за допомогою пакетів програм Libreoffice та R (версія 4.4.2) [165]. Оцінку типу розподілу кількісних даних проводили за допомогою тесту Шапіро-Уїлка. Враховуючи, що переважна більшість кількісних даних мала відмінний від нормального тип розподілу, були використані методи непараметричної статистики. Для опису кількісних даних використовували медіану та міжквартильних розмах (Me [25%;75%]), а порівняння кількісних даних між групами проводили за допомогою тесту Манна-Уїтні. Кореляційний зв'язок між кількісними показниками проводили за допомогою коефіцієнту кореляції Спірмена (rs).

Для дослідження взаємозв'язку між тривалістю оперативного втручання та артеріальним тиском / ЧСС в залежності від групи пацієнта використовували лінійну модель зі змішаними ефектами (mixed effects model) з випадковим інтерсептом для кожного учасника дослідження [166]. В якості фіксованих ефектів використовували час вимірювання артеріального тиску / ЧСС, тривалість оперативного втручання, їх взаємодія, а також значення артеріального тиску на початку оперативного втручання; в якості випадкових ефектів використовували показники артеріального тиску окремого пацієнта. Значення артеріального тиску інтраопераційно використовували як референсний рівень для оцінки зміни артеріального тиску у подальших часових точках (закінчення роботичного етапу, етап забору операційного матеріалу, гемостаз/кінець операції). Враховуючи, що авторами програмного забезпечення для обчислення змішаних моделей було обрано не надавати рівень p для характеристики коефіцієнтів моделей,

інтерпретація статистичної значущості коефіцієнтів проводили на підставі значення показника t : при значенні $t > 1.96$ рівень статистичної значущості був прийнятий < 0.05 , при значенні $t > 2.6$ - $p < 0.01$.

Критичне значення p при перевірці статистичних гіпотез було прийнято < 0.05 .

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ РІЗНИХ ВАРІАНТІВ АНЕСТЕЗІОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА КЕРОВАНІСТЬ ГЛИБИНОЮ АНЕСТЕЗІЇ ТА ПОКАЗНИКИ ГОМЕОСТАЗУ У ПАЦІЄНТІВ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ РОБОТ- АСИСТОВАНИХ ОПЕРАТИВНИХ ВТРУЧАНЬ

3.1. Порівняльна оцінка глибини анестезії в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення

Визначення біспектрального індексу є невід'ємною складовою інтраопераційного моніторингу і дозволяє проводити об'єктивний контроль глибини анестезії під час оперативних втручань, що особливо важливо для забезпечення високого профілю безпеки за умови обмеженого доступу до пацієнта.

Була проведена порівняльна оцінка значень біспектрального індексу на наступних етапах дослідження: індукція анестезії, початок операції, 3 година операційного періоду, закінчення роботичного етапу, ушивання місць встановлення портів, кінець операції (рис. 3.1).

На етапі індукції середній показник BIS був достовірно вищим у пацієнтів групи 2 та становив 45,5 ум.од. [44,0; 46,2] порівняно з групою 1 – 44,0 ум.од. [41,0; 45,0] ($p=0,02$). На початку операції у пацієнтів в групах дослідження зберігалась подібна динаміка 42,5 ум.од. [41,0; 44,2] проти 40,0 ум.од. [40,0; 41,0] відповідно ($p<0,01$).

На 3 годині операційного періоду медіанне значення біспектрального індексу для групи 1 становило 41,0 ум.од. [40,0; 41,0], для групи 2 – 41,0 ум.од. [40,0; 42,0], без достовірної різниці між групами ($p=0,98$), що відповідало достатньому рівню глибини анестезії.

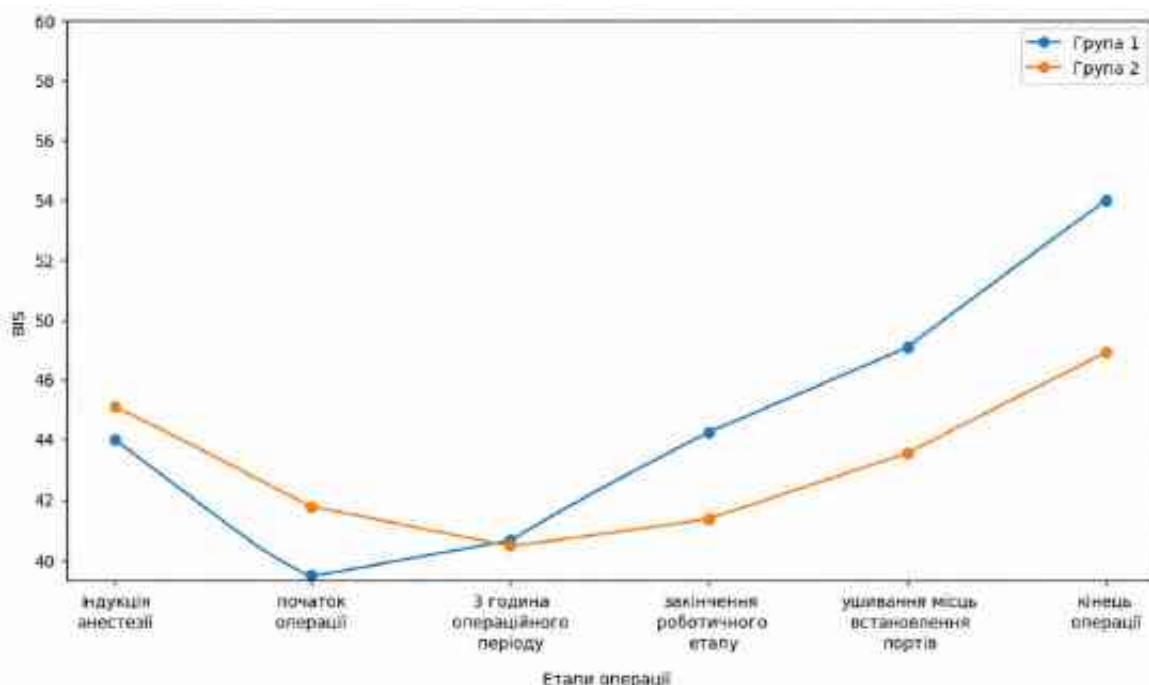


Рис. 3.1. Порівняльна динаміка середніх значень біспектрального індексу на етапах оперативного втручання в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення.

Достовірні зміни встановлено на етапі завершення роботизованої частини оперативного втручання, так у групі 1 середнє значення BIS становило 45,0 ум.од. [44,0; 46,0], в той час у групі 2 - 42,0 ум.од. [41,8; 44,0] ($p < 0,01$). На останніх етапах дослідження виявлена різниця зберігалась та ставала більш вираженою.

На етапі ушивання місць встановлення портів середнє значення BIS у групі 1 становило 48,0 ум.од. [47,0; 50,0], тоді як у групі 2 — 44,5 ум.од. [42,8; 46,2] ($p < 0,01$). Подібні зміни зберігалися на наприкінці операції, коли медіанні показники BIS були значно вищими у 1-й групі: 54,0 ум.од. [53,0; 56,0] проти 48,0 ум.од. [47,8; 50,0] у групі 2 ($p < 0,01$).

За результатами проведеного дослідження визначено, що обидва застосовані варіанти анестезіологічного забезпечення дозволяють здійснювати достатній контроль глибини анестезії під час інтраопераційного періоду робот -

асистованих оперативних втручань, що підтверджується відсутністю достовірної різниці у медіанних значеннях показника BIS в інтраопераційному періоді. Разом з тим виявлені особливості динаміки середніх значень біспектрального індексу дозволяють виділити деякі переваги інгаляційної анестезії севофлураном.

Виявлені нижчі середні значення біспектрального індексу у групі із застосуванням інгаляційної анестезії севофлураном на перших етапах операції свідчать про більш швидше досягнення достатнього рівня глибини анестезії.

Окрему увагу слід приділити результатам порівняльного аналізу між групами наприкінці операції. У групі інгаляційної анестезії севофлураном спостерігалось достовірне підвищення середнього рівня BIS порівняно з групою тотальної внутрішньовенної анестезії, що свідчить про більш швидке пробудження. Це узгоджується з фармакокінетичними властивостями севофлурану, який швидко елімінується через легені та дозволяє забезпечувати більш контрольоване керування глибиною анестезії.

З клінічної точки зору це може створити умови для більш швидкого та прогнозованого пробудження пацієнта, скорочення часу до екстубації та потенційно вплинути на скорочення тривалості перебування пацієнта в операційній.

Натомість при застосуванні пропофолу спостерігався більш рівний профіль показника BIS із тенденцією до глибшої седації на останніх етапах операції, що може бути наслідком кумулятивного ефекту пропофолу, який сповільнює відновлення свідомості.

Таким чином, не зважаючи на те, що обидва досліджуваних варіанти анестезіологічного забезпечення дозволяють досягти адекватної глибини анестезії під час проведення робот-асистованих оперативних втручань, інгаляційна анестезія севофлураном забезпечує кращу керованість глибиною анестезії у динаміці, особливо на етапі кінця оперативного втручання. Це може

бути важливою складовою швидкого відновлення пацієнта після робот-асистованих оперативних втручань.

3.2. Порівняльна динаміка показників вентиляції та оксигенації в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення

Інтраопераційна капнометрія є важливим параметром для оцінки стану вентиляції та перфузії. Завдяки оцінці EtCO₂ можна проводити своєчасну корекцію параметрів штучної вентиляції легень та запобігати розвитку респіраторних ускладнень, що особливо важливо під час робот-асистованих оперативних втручань, коли відбувається абсорбція CO₂.

Нами було проведено порівняльну оцінку рівня EtCO₂ на наступних етапах оперативного втручання: індукція анестезії, початок операції, 3 година операційного періоду, закінчення роботичного етапу, ушивання місць встановлення портів, кінець операції.

Встановлено, що на етапі індукції анестезії середній рівень EtCO₂ становив у групі 1 – 41,0 мм рт. ст. [39,0; 43,0] у групі 2 – 43,0 мм рт. ст. [40,0; 45,0] ($p > 0,05$) (рис. 3.2). На початку операції спостерігалось зростання середнього рівня EtCO₂ в обох групах: група 1 – 46,0 мм рт. ст. [44,0; 48,0], група 2 - 48,0 мм рт. ст. [44,0; 50,0] ($p > 0,05$).

Через три години від початку оперативного втручання вдзначенно поступове зниження середнього рівня EtCO₂, так у першій групі він зназився до - 44,0 мм рт. ст. [40,0; 47,0], у другій групі - 45,0 мм рт. ст. [41,0; 48,0] ($p > 0,05$).

Під час завершення роботичного етапу операції рівень EtCO₂ знизився до 40,0 мм рт. ст. [38,0; 44,0] у першій групі та до 42,0 мм рт. ст. [39,0; 45,0] у другій. Під час ушивання місць встановлення портів середній рівень EtCO₂ залишався практично стабільним: 40,0 мм рт. ст. [37,0; 43,0] та 41,0 мм рт. ст. [38,0; 44,0] відповідно ($p > 0,05$).

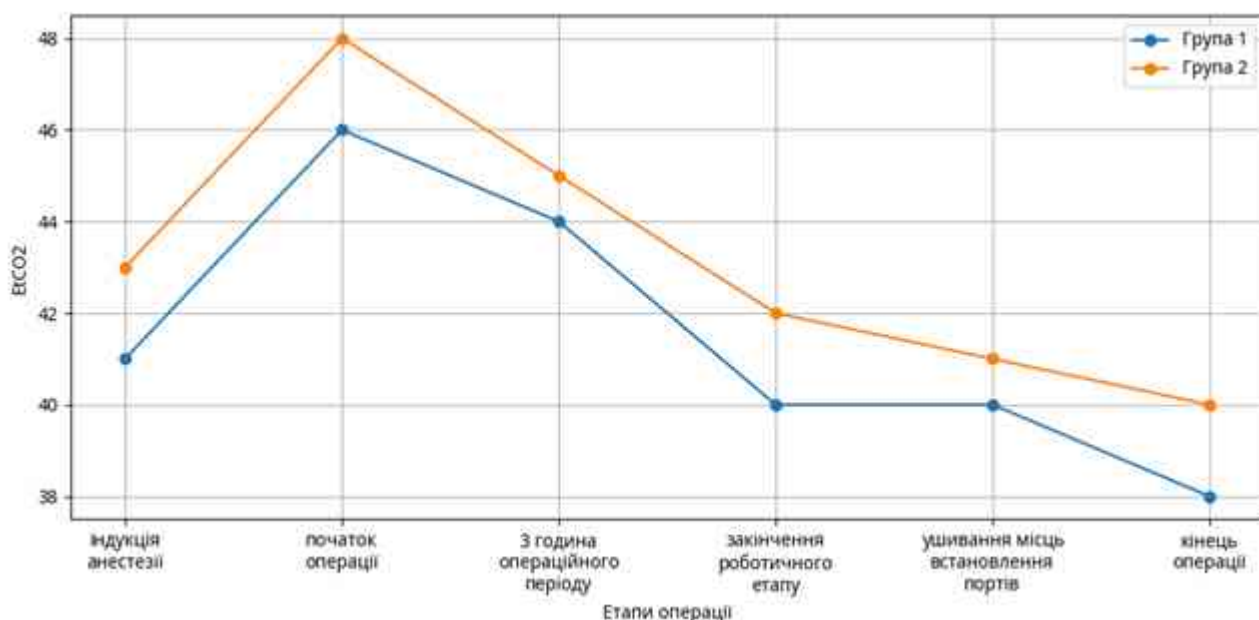


Рис. 3.2. Порівняльна динаміка середніх значень EtCO₂ на етапах оперативного втручання в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення.

Наприкінці оперативного втручання середній рівень EtCO₂ становив у групі 1 – 38,0 мм рт. ст. [36,0; 42,0] у групі 2 - 40,0 мм рт. ст. [37,0; 43,0] ($p > 0,05$).

На всіх етапах дослідження показники EtCO₂ у пацієнтів другої групи були дещо вищими порівняно з першою групою та відрізнялися в середньому на 1–2 мм рт. ст. Водночас динаміка змін показника в обох групах мала подібну динаміку змін і характеризувалася початковим підвищенням EtCO₂ з подальшим поступовим зниженням до завершення оперативного втручання.

Виявлена різниця між групами може бути обумовлена фармакологічними властивостями анестетиків, або особливостями змін фізіологічних параметрів через застосування пневмоперитонеуму та інтраопераційного положення Тренделенбурга.

Необхідно враховувати, що на початку оперативного втручання створюється пневмоперитонеум, який сприяє підвищенню внутрішньочеревного тиску та абсорбції CO₂.

Тривала інсуфляція вуглекислого газу може призводити до «відкладеного» підвищення EtCO_2 , що вираженіше проявляється під час застосування ТВВА, оскільки пропофол має більш слабкий бронходилатаційний ефект у порівнянні з інгаляційними анестетиками. Ще одним поясненням більш високих значень EtCO_2 наприкінці операції може бути здатність пропофолу знижувати серцевий викид і впливати на легеневу перфузію, що потенційно може змінювати виведення CO_2 .

Таким чином, результати дослідження вказують на особливості впливу на рівень EtCO_2 досліджених анестетиків на різних етапах оперативного втручання, про що слід пам'ятати при проведенні респіраторної підтримки. Однак, незалежно від методу анестезії адекватний контроль та налаштування параметрів штучної вентиляції легнь дозволяє підтримувати належний рівень EtCO_2 .

Визначення рівня сатурації кисню входить до базового інтраопераційного моніторингу та дозволяє своєчасно виявити порушення газообміну.

Проведений порівняльний аналіз динаміки показників SpO_2 на визначених етапах оперативного втручання в залежності від варіанту анестезії представлений у таблиці 3.1.

На першому етапі середнє значення SpO_2 було достовірно вищими у групі 1 – 99,0 % [98,0; 99,0] у порівнянні з групою 2 – 98,0 % [98,0; 99,0] ($p=0,01$). Інтраопераційно зберігалась достовірна різниця між групами (99,0 % [98,0; 99,0] ($p=0,02$)), однак однакове медіанне значення вказує на мінімальну клінічну значущість цієї різниці.

На наступних етапах достовірних відмінностей між групами виявлено не було ($p>0,05$). Всі середні значення SpO_2 залишалися на рівні 99,0% з вузьким міжквартильним діапазоном.

Таблиця 3.1

Порівняльна динаміка середніх значень SpO₂ на етапах оперативного втручання в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення

Показник	Група 1 (n=45)	Група 2 (n=36)	p
SpO ₂ початок операції, %	99,0 [98,0; 99,0]	98,0 [98,0; 99,0]	0,01
SpO ₂ на 3 годині операційного періоду, %	99,0 [98,0; 99,0]	99,0 [98,0; 99,0]	0,02
SpO ₂ закінчення роботичного етапу, %	99,0 [99,0; 99,0]	99,0 [99,0; 99,0]	0,15
SpO ₂ етап ушивання місць встановлення портів, %	99,0 [98,0; 99,0]	99,0 [99,0; 99,0]	0,27
SpO ₂ кінець операції, %	99,0 [99,0; 99,0]	99,0 [99,0; 99,0]	0,19

Рівень SpO₂ в обох групах коливався в межах фізіологічної норми, що пов'язано з дотриманням сучасних протоколів анестезіологічного забезпечення з високим профілем безпеки. Тому жодний із застосованих варіантів анестезії не мав клінічно значущого впливу на рівень сатурації.

Отримані нами дані узгоджуються з сучасними уявленнями про вплив методу анестезіологічного забезпечення на газообмін під час лапароскопічних і роботизованих втручаннях, а також вказують на необхідність індивідуалізованого підходу до вибору стратегії вентиляції залежно від етапу оперативного втручання та виду анестетика.

3.3. Порівняльна динаміка температури тіла в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення

Розвиток гіпотермії у периопераційному періоді асоційований з підвищеним ризиком кровотечі та вищою частотою післяопераційних ускладнень. Тому інтраопераційний моніторинг температури тіла є важливою складовою анестезіологічного забезпечення.

Нами було проведено порівняльне дослідження оцінки впливу методу анестезії на температуру тіла на визначених етапах оперативного втручання. Динаміка середніх значень температури тіла під час робот-асистованих оперативних втручань представлена у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Порівняльна динаміка середніх значень температури тіла на етапах оперативного втручання в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення

Показник	Група 1 (n=45)	Група 2 (n=36)	p
Температура тіла на початку операції, °C	36,6 [36,6; 36,7]	36,6 [36,6; 36,7]	0,13
Температура тіла на 3 годині операційного періоду, °C	36,6 [36,5; 36,6]	36,7 [36,6; 36,8]	<0,01
Температура тіла при закінченні роботичного етапу, °C	36,6 [36,5; 36,6]	36,6 [36,6; 36,8]	<0,01
Температура тіла на етапі ушивання місць встановлення портів, °C	36,7 [36,6; 36,8]	36,6 [36,6; 36,7]	0,05
Температура тіла в кінці операції, °C	36,7 [36,6; 36,8]	36,6 [36,6; 36,7]	<0,01

На початковому етапі дослідження медіанні показники температури тіла не мали відмінностей між групами і становили 36,6 °C [36,6; 36,7] в обох групах ($p=0,13$).

На 3 годині операційного періоду середні показники температури тіла у групі 2 становили 36,7 °C [36,6; 36,8] та були достовірно вище ніж у групі 1 – 36,6 °C [36,5; 36,6] ($p<0,01$). Подібна тенденція зберігалася на етапі завершення роботизованого втручання, де у групі ТВВА також відзначалися вищі значення температури ($p<0,01$).

На етапі ушивання місць встановлення портів відзначено, що середня температура тіла у групі 1 становила 36,7 °C [36,6; 36,8], у групі 2 – 36,6 °C [36,6; 36,7] ($p=0,05$). На етапі кінця операції середня температура тіла у пацієнтів групи 1 — 36,7 °C [36,6; 36,8] проти 36,6 °C [36,6; 36,7] у групі 2 ($p<0,01$).

Необхідно відзначити, що під час проведення робот-асистованих хірургічних втручань всім пацієнтам проводилось конвекційне зігрівання та підтримувався температурний мікроклімат в операційній, що ефективно попереджувало розвиток ненавмисної гіпотермії в інтраопераційному періоді.

3.4. Порівняльна оцінка змін гемодинаміки в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення

Гемодинамічний моніторинг є основою інтраопераційної безпеки пацієнтів та потребує ретельного контролю, особливо враховуючи специфічні умови роботизованих операцій.

Було проведено порівняльний аналіз змін показників гемодинаміки на визначених етапах дослідження. Динаміка середніх значень показників артеріального тиску відображена на рис. 3.3.

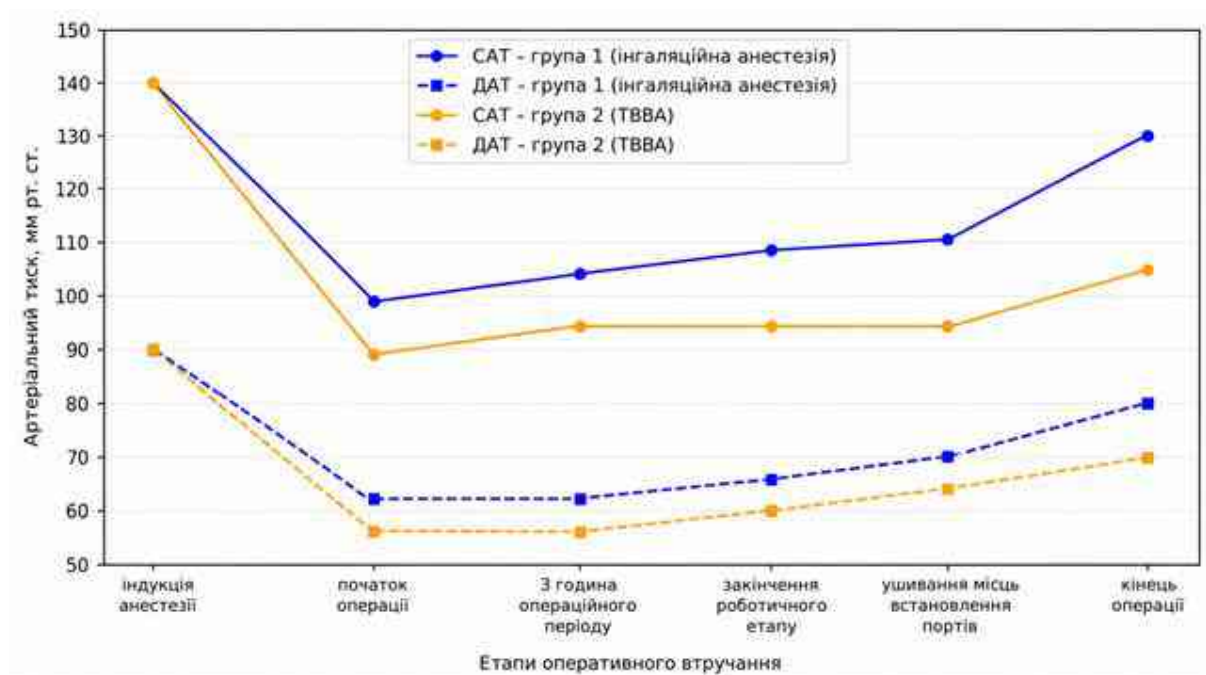


Рис. 3.3. Порівняльна динаміка артеріального тиску на етапах робот-асистованого оперативного втручання в залежності від варіанту анестезії.

Встановлено, що на початку оперативного втручання показники середніх значень систолічного, діастолічного та середнього артеріального тиску не мали достовірно значущих відмінностей між групами пацієнтів ($p > 0,05$ для всіх порівнянь). Медіана систолічного артеріального тиску становила 140,0 мм рт. ст. [140,0; 150,0] у обох групах ($p = 0,45$), діастолічного артеріального тиску у групі 1 - 90,0 мм рт. ст. [80,0; 90,0], у групі 2 - 90,0 мм рт. ст. [80,0; 95,0] ($p = 0,07$). Медіана середнього артеріального тиску у 1-й групі становила 106,7 мм рт. ст. [100,0; 110,0], у 2-й групі - 110,0 мм рт. ст. [100,0; 113,9] ($p = 0,13$).

На етапі 3 години інтраопераційного періоду у групі, де методом вибору була інгаляційна анестезія медіана систолічного артеріального тиску була достовірно вищою і становила 100,0 мм рт. ст. [95,0; 100,0], в той час як у групі ТВВА - 90,0 мм рт. ст. [85,0; 90,0] ($p < 0,01$). Середній рівень діастолічного артеріального тиску у групі 1 становив 65,0 мм рт. ст. [60,0; 65,0], та 60,0 мм рт.

ст. [60,0; 65,0] у групі 2 без достовірної різниці між групами ($p=0,04$). Медіана середнього артеріального тиску дорівнювала 75,0 мм рт. ст. [73,3; 76,7] та 70,0 мм рт. ст. [70,0; 73,3] відповідно ($p<0,01$).

Під час закінчення роботичного етапу середній рівень систолічного артеріального тиску у групі 1 складав 105,0 мм рт. ст. [100,0; 110,0], у групі 2 — 95,0 мм рт. ст. [90,0; 95,0], діастолічного артеріального тиску 65,0 мм рт. ст. [65,0; 70,0] та 60,0 мм рт. ст. [60,0; 65,0] відповідно, при цьому виявлені зміни були достовірними ($p<0,01$). Медіана середнього артеріального тиску на цьому етапі становила 78,3 мм рт. ст. [76,7; 81,7] та 71,7 мм рт. ст. [70,0; 75,0] відповідно ($p<0,01$).

На етапі ушивання місць встановлення портів медіана систолічного артеріального тиску у групі 1 була 110,0 мм рт. ст. [110,0; 120,0], тоді як у групі 2 — 95,0 мм рт. ст. [95,0; 100,0] ($p<0,01$), діастолічного артеріального тиску - 70,0 мм рт. ст. [65,0; 70,0] та 65,0 мм рт. ст. [65,0; 70,0] відповідно ($p=0,03$). Медіана середнього артеріального тиску у групі 1 - 83,3 мм рт. ст. [80,0; 86,7], у групі 2 - 75,0 мм рт. ст. [75,0; 80,0] ($p<0,01$).

На етапі кінця операції середній систолічний артеріальний тиск у 1-й групі був достовірно вище ніж у 2-й групі і складав 130,0 мм рт. ст. [120,0; 130,0], проти 105,0 мм рт. ст. [100,0; 110,0] ($p<0,01$), діастолічний тиск - 80,0 мм рт. ст. [80,0; 90,0] та 70,0 мм рт. ст. [68,8; 75,0] відповідно ($p<0,01$). Медіана середнього артеріального тиску у групі 1 - 96,7 мм рт. ст. [93,3; 100,0], у групі 2 - 82,5 [79,6; 85,0] мм рт. ст. ($p<0,01$).

Динаміка середніх значень показників частоти серцевих скорочень наведена на рис. 3.4.

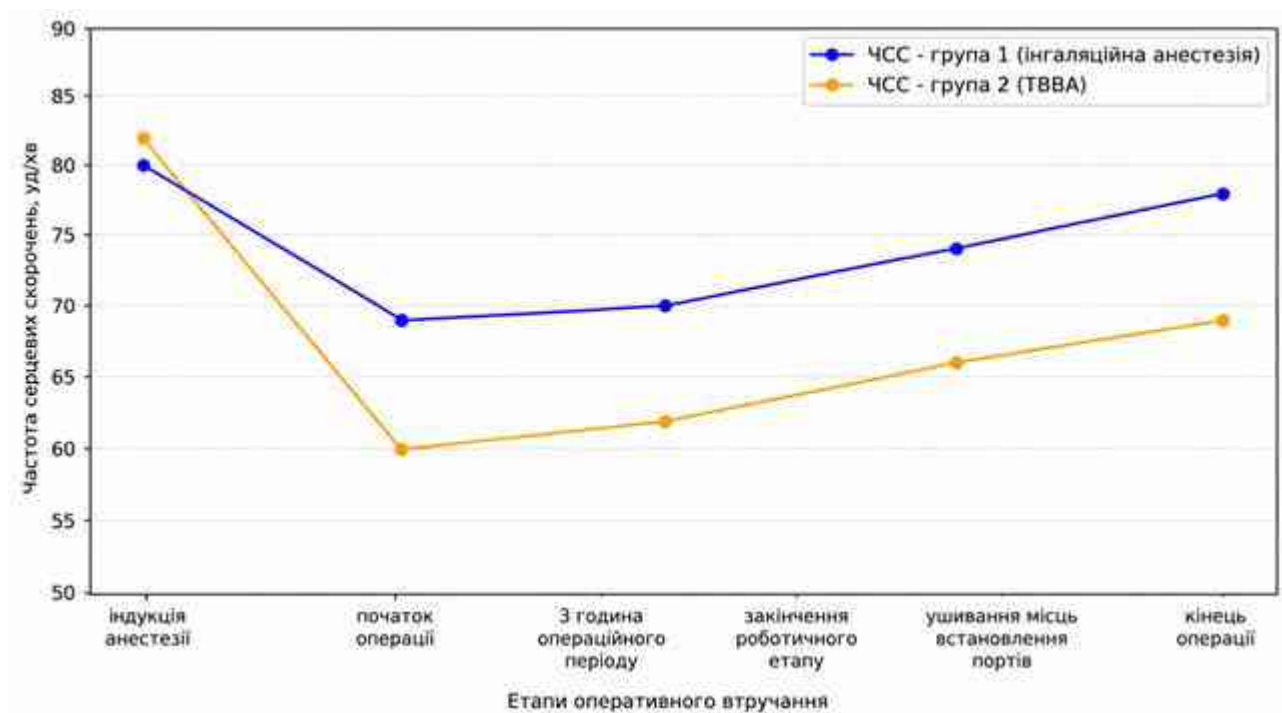


Рис. 3.4. Порівняльна динаміка частоти серцевих скорочень на етапах робот-асистованого оперативного втручання в залежності від варіанту анестезії.

Порівняльний аналіз вихідних показників частоти серцевих скорочень не виявив достовірних відмінностей між групами на початку оперативного втручання. Медіана ЧСС у групі 1 становила 80,0 уд/хв. [75,0; 85,0], у групі 2 — 82,0 уд/хв. [76,0; 88,0] ($p=0,33$).

На 3 годині операційного періоду середній рівень ЧСС у групі 1 був достовірно вищим та становив 69,0 уд/хв. [65,0; 73,0] порівняно з 60,0 уд/хв. [54,8; 61,2] у групі 2 ($p<0,01$).

На момент завершення робочого етапу медіана ЧСС складала у групі, де методом вибору була інгаляційна анестезія - 70,0 уд/хв. [68,0; 74,0] та у групі ТВВА - 62,0 уд/хв. [58,0; 64,0] ($p<0,01$).

На етапі ушивання місць встановлення портів середній рівень ЧСС залишався достовірно вищим у пацієнтів групи 1 — 74,0 уд/хв. [70,0; 76,0], проти 66,0 уд/хв. [63,8; 67,0] у групі 2 ($p<0,01$). Подібна тенденція зберігалась на етапі

кінця операції, коли середня частота серцевих скорочень у групі 1 становила 78,0 уд/хв. [75,0; 80,0], в той час як у групі 2 - 69,0 уд/хв. [67,0; 70,0] ($p < 0,01$).

За результатами порівняльного аналізу показників гемодинаміки встановлено, що на вихідному етапі достовірних відмінностей між групами пацієнтів за показниками систолічного, діастолічного, середнього артеріального тиску та частоти серцевих скорочень виявлено небуло ($p > 0,05$), що підтверджує порівнянність груп.

Інтраопераційно у групі інгаляційної анестезії було відзначено достовірно вищі значення систолічного та середнього артеріального тиску порівняно з групою тотальної внутрішньовенної анестезії ($p < 0,01$). Аналогічна тенденція зберігалася на етапах завершення роботичного втручання та ушивання місць встановлення портів. На всіх зазначених етапах медіани систолічного, діастолічного та середнього артеріального тиску у групі інгаляційної анестезії були статистично значуще вищими ($p < 0,05 - 0,01$). Подібна закономірність встановлена і щодо показника ЧСС: упродовж усього інтраопераційного періоду, включно з етапами завершення роботичного втручання та кінця операції, у групі інгаляційної анестезії було встановлено достовірно вищі показники ЧСС ($p < 0,01$).

Найбільш виражені відмінності між групами пацієнтів спостерігалися на етапі кінця операції, коли у групі інгаляційної анестезії фіксували максимальні значення систолічного, діастолічного та середнього артеріального тиску і ЧСС ($p < 0,01$). З огляду на припинення пневмоперитонеуму та зміну положення пацієнта, ці дані можуть свідчити про швидше відновлення симпатичної регуляції при застосуванні інгаляційної анестезії. Натомість нижчі показники гемодинаміки у групі ТВВА відображають більш виражений кардіодепресивний та вазодилатаційний ефект пропофолу.

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що метод анестезіологічного забезпечення є важливим чинником, який визначає характер

гемодинамічних змін під час робот-асистованих операцій. Інгаляційна анестезія асоціюється з більш високими та відносно стабільним гемодинамічним профілем під час робот-асистованих втручань.

Вибір методу анестезії має здійснюватися індивідуалізовано з урахуванням кардіоваскулярного ризику пацієнта, тривалості та складності втручання, а також потенційних ризиків розвитку гемодинамічної нестабільності.

Проводився аналіз гемодинамічних змін (систоличного, діастолічного та середнього артеріального тиску, а також частоти серцевих скорочень) у пацієнтів під час робот-асистованих оперативних втручань із застосуванням змішаних лінійних моделей з урахуванням етапів операції, тривалості оперативного втручання та вихідних показників відповідних параметрів.

Оцінка систолічного артеріального тиску представлена у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3.

Результати змішаної лінійної моделі для оцінки змін систолічного артеріального тиску

Показник	Коефіцієнт регресії	Стандартна похибка	Значення t
Інтерсепт	89.89	5.25	17.09
АТ систолічний - закінчення роботичного етапу, мм рт.ст.	3.77	0.85	4.41
АТ систолічний - ушивання місць встановлення портів, мм рт.ст.	10.49	0.85	12.29
АТ систолічний - кінець операції, мм рт.ст.	22.78	0.85	26.68
Тривалість оперативного втручання, год	-0.21	0.52	-0.42
Приналежність до групи 2 (так/ні)	-13.75	4.02	-3.41
АТ систолічний - початок операції, мм рт.ст.	0.09	0.04	2.58
Приналежність до групи 2 (так/ні): Тривалість оперативного втручання, год	-0.17	0.76	-0.22

Було визначено, що протягом оперативного втручання систолічний артеріальний тиск достовірно підвищувався на кінцевих етапах оперативного втручання у порівнянні з інтраопераційними значеннями. Зокрема, приріст систолічного тиску становив 3,77 мм рт.ст. на етапі завершення роботичного втручання, 10,49 мм рт.ст. під час ушивання місць встановлення портів, а також 22,78 мм рт.ст. на етапі завершення операції ($p < 0,01$).

При цьому початковий рівень систолічного тиску мав достовірний вплив на подальші значення, що свідчить про збереження індивідуальних гемодинамічних характеристик пацієнтів протягом операції.

Пацієнти, у яких методом вибору була тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом, демонстрували достовірно нижчі показники систолічного артеріального тиску на 13,75 мм рт.ст. незалежно від тривалості оперативного втручання та початкових значень.

Кількісні результати моделі, яка відображена у таблиці 3.3, узгоджуються з їх графічною візуалізацією (рис. 3.5).

Встановлена подібна закономірність змін систолічного артеріального тиску у пацієнтів в обох групах. На етапі 3 годин інтраопераційного періоду були зареєстровані найнижчі значення, в той час як на завершальних етапах оперативного втручання відзначалося поступове підвищення рівня артеріального тиску.

Разом з тим у пацієнтів групи інгаляційної анестезії показники систолічного артеріального тиску є стабільно вищими на всіх етапах спостереження, у порівнянні з групою тотальної внутрішньовенної анестезії. Дані узгоджуються з результатами регресійного аналізу.

При проведенні аналізу нахилу ліній встановлено відсутність значимого впливу тривалості оперативного втручання на показники систолічного артеріального тиску.

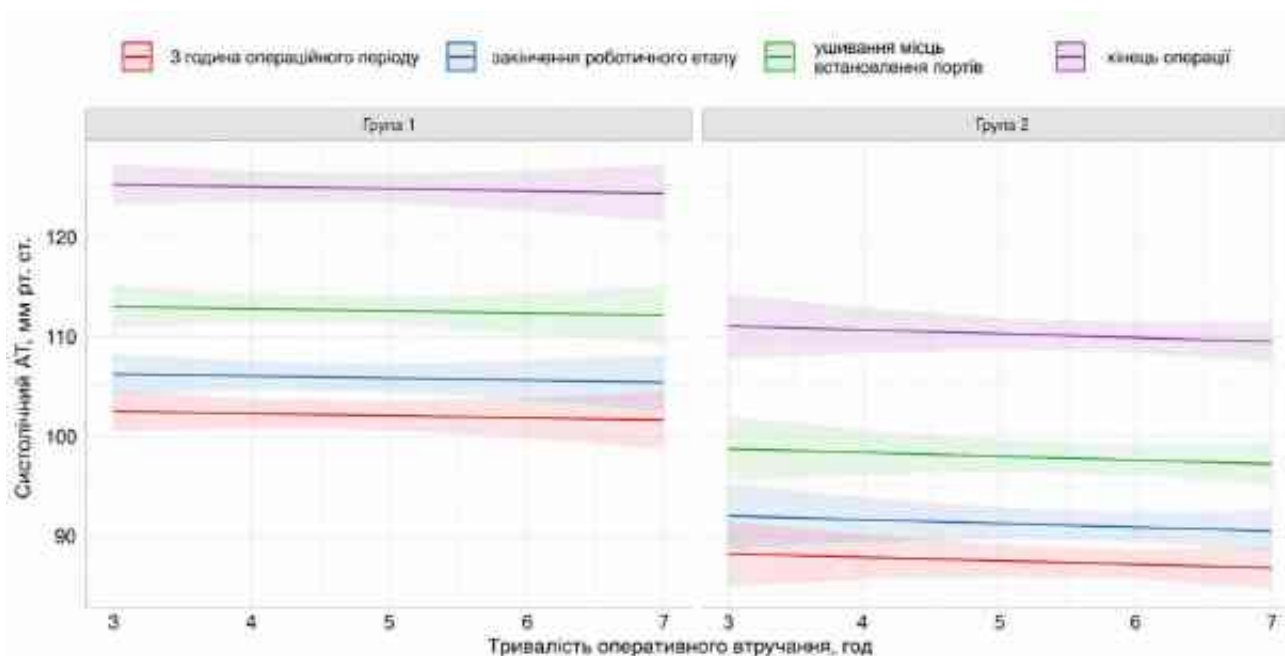


Рис. 3.5. Прогнозовані значення систолічного артеріального тиску за даними змішаної лінійної моделі.

Графічна візуалізація підкреслює, що головними факторами, які впливають на рівень систолічного артеріального тиску під час робот-асистованих втручань, є етап операції та тип анестезії.

При проведенні аналізу діастолічного артеріального тиску отримано подібну тенденцію (табл. 3.4). Було встановлено, що діастолічний артеріальний тиск достовірно залежить від часу з поступовим підвищенням показників на 2,16, 5,31 та 13,52 мм рт.ст. відповідно до етапів оперативного втручання ($p < 0.01$).

Однак, на відміну від систолічного тиску, не було виявлено достовірно значущих відмінностей між досліджуваними групами, що можна розцінювати як подібний вплив севофлурану та пропофолу на периферичний судинний тонус у межах досліджуваних умов.

Середній артеріальний тиск, як інтегральний показник перфузійного тиску, показав подібні результати та мав достовірне підвищення у часі, з приростом

Таблиця 3.4.

**Результати змішаної лінійної моделі для оцінки змін діастолічного
артеріального тиску**

Показник	Коефіцієнт регресії	Стандартна похибка	Значе ння t
Інтерсепт	51.38	3.91	13.13
АТ діастолічний - закінчення роботичного етапу, мм рт. ст.	2.16	0.84	2.57
АТ діастолічний - ушивання місць встановлення портів, мм рт. ст.	5.31	0.84	6.32
АТ діастолічний - кінець операції, мм рт. ст.	13.52	0.84	16.09
Тривалість оперативного втручання, год	0.54	0.42	1.28
Приналежність до групи 2 (так/ні)	-2.94	3.32	-0.89
АТ діастолічний - початок операції, мм рт. ст.	0.13	0.04	3.22
Приналежність до групи 2 (так/ні): Тривалість оперативного втручання, год (взаємодія)	-0.51	0.63	-0.81

на 2,70 під час закінчення роботичного етапу, 7,03 на етапі ушивання місць встановлення портів та 16,61 мм рт.ст. на етапі кінця операції ($p < 0,01$) (табл. 3.5).

Вихідний рівень середнього артеріального тиску мав значущий вплив на подальші значення, що узгоджується з отриманими даними для систолічного та діастолічного артеріального тиску.

Варто підкреслити, що у групі тотальної внутрішньовенної анестезії показники середнього артеріального тиску були достовірно нижчими на 6.73 мм рт.ст. порівняно з інгалаційною анестезією ($p < 0.05$).

Таблиця 3.5.

**Результати змішаної лінійної моделі для оцінки змін середнього
артеріального тиску**

Показник	Коефіцієнт регресії	Стандартна похибка	Знач ення t
Інтерсепт	62.79	3.92	16.02
САТ - закінчення роботичного етапу, мм рт. ст.	2.70	0.75	3.58
САТ - ушивання місць встановлення портів, мм рт. ст.	7.03	0.75	9.35
САТ - кінець операції, мм рт. ст.	16.61	0.75	22.06
Тривалість оперативного втручання, год	0.25	0.39	0.65
Приналежність до групи 2 (так/ні)	-6.73	3.08	-2.19
САТ - початок операції, мм рт. ст.	0.13	0.03	3.67
Приналежність до групи 2 (так/ні):Тривалість оперативного втручання, год (взаємодія)	-0.36	0.58	-0.62

Графічна інтерпретація даних представлена на рисунку 3.6 і наочно демонструє динаміку змін середнього артеріального тиску залежно від етапу операції, тривалості втручання та типу анестезії.

На завершальних етапах оперативного втручання відзначене поступове підвищення середнього артеріального тиску в обох групах дослідження.

До того ж у групі 1 спостерігається стабільно вищий рівень середнього артеріального тиску у порівнянні з групою 2. Виявлена різниця зафіксована на всіх визначених етапах дослідження.

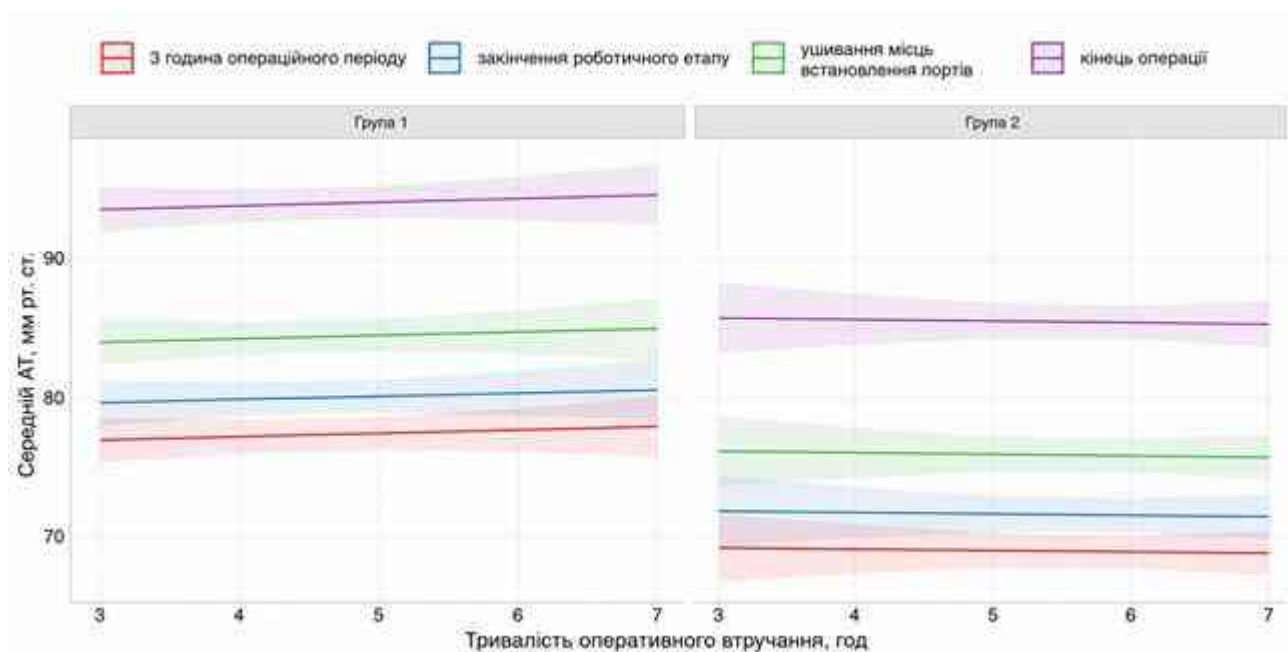


Рис. 3.6. Прогнозовані значення САТ за даними змішаної лінійної моделі.

При аналізі характеру ліній встановлено відсутність значущого впливу тривалості оперативного втручання на рівень середнього артеріального тиску, що підтверджується статистично незначущими коефіцієнтами відповідних змінних у лінійній моделі.

При оцінці динаміки частоти серцевих скорочень також визначене достовірне зростання у процесі операції — на 2,07, 4,99 та 9,06 уд/хв відповідно до етапів ($p < 0,01$) (табл. 3.6).

Отримані кількісні результати узгоджуються з їх графічною інтерпретацією (рис. 3.7).

У обох групах дослідження визначається підвищення ЧСС на завершальних етапах дослідження, досягаючи максимальних значень на етапі кінця операції. Однак, у пацієнтів групи 1 на всіх етапах спостереження показники ЧСС вищі ніж у групі 2.

Таблиця 3.6.

Результати змішаної лінійної моделі для оцінки змін частоти серцевих скорочень

Показник	Коефіцієнт регресії	Стандартна похибка	Значення t
Інтерсепт	50.71	3.93	12.92
ЧСС - закінчення роботичного етапу, мм рт. ст.	2.07	0.41	5.09
ЧСС - ушивання місць встановлення портів, мм рт.ст.	4.99	0.41	12.25
ЧСС - кінець операції, мм рт. ст.	9.06	0.41	22.25
Тривалість оперативного втручання, год	-0.52	0.43	-1.18
Приналежність до групи 2 (так/ні)	-8.17	3.48	-2.35
ЧСС - початок операції, мм рт.ст.	0.25	0.04	5.98
Приналежність до групи 2 (так/ні): Тривалість оперативного втручання, год (взаємодія)	-0.16	0.66	-0.24

Вплив тривалості оперативного втручання на частоту серцевих скорочень є мінімальним, що узгоджується з результатами регресійного аналізу. Слід зазначити, що тривалість оперативного втручання не мала достовірного впливу на жоден із досліджуваних гемодинамічних параметрів, а також не було виявлено значущої взаємодії між тривалістю операції та варіантом анестезіологічного забезпечення.

Таким чином, отримані результати свідчать про те, що під час робот-асистованих оперативних втручань гемодинамічні показники мають закономірні зміни продовж операції.

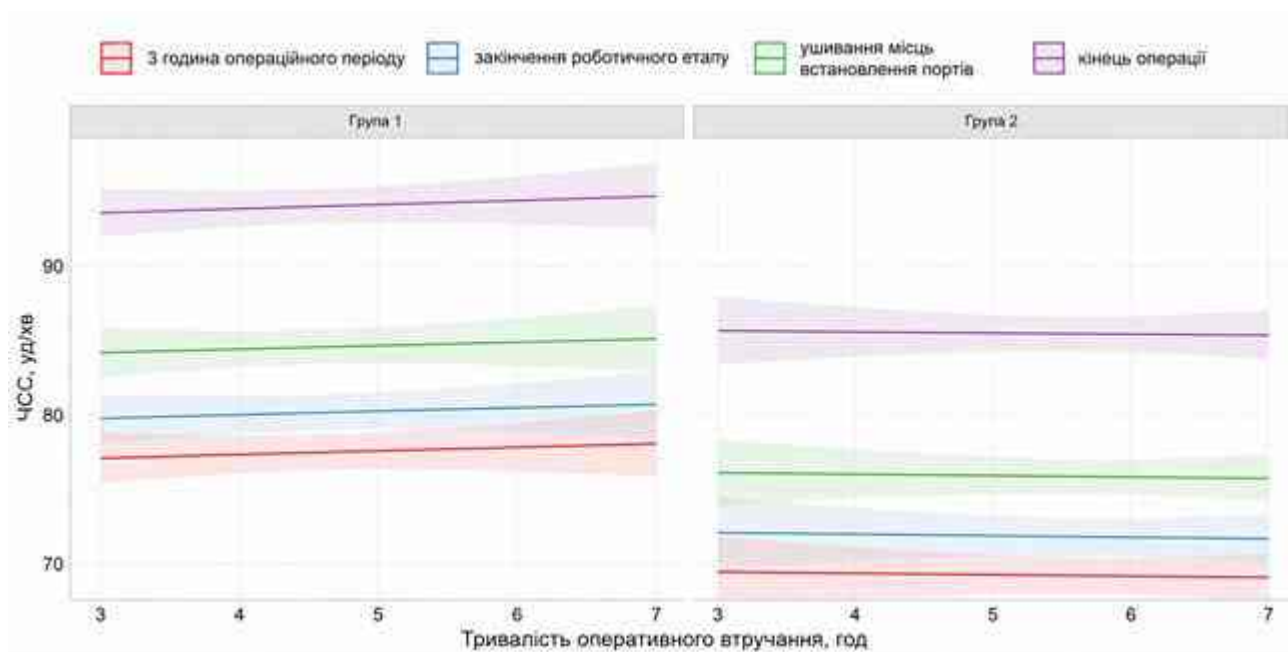


Рис. 3.7. Прогнозовані значення числа серцевих скорочень за даними змішаної лінійної моделі.

Інгаляційна анестезія севофлураном демонструє більш збалансований гемодинамічний профіль без надмірного пригнічення серцево-судинної системи, що забезпечую на належному рівні перфузію органів та тканин в умовах тривалих операцій.

Отримані дані вказують на те, що інгаляційна анестезія севофлураном може розглядатися як безпечний та ефективний метод анестезіологічного забезпечення, який забезпечує достатню гемодинамічну стабільність без вираженої кардіоваскулярної депресії, що є важливим у контексті сучасної роботизованої хірургії.

Висновок за розділом. За результатами проведеного порівняльного аналізу встановлено, що обидва з застосованих варіанти анестезіологічного супроводу забезпечують достатню глибину анестезії під час робот-асистованих оперативних втручань. Інтраопераційні показники біспектрального індексу були

зіставними, однак група пацієнтів, де методом вибору була інгаляційна анестезія характеризувались швидшою індукцією та швидшим пробудженням ($p<0,01$).

При порівнянні рівня EtCO_2 було встановлено, що дані достовірно відрізнялися між групами залежно від етапу операції та варіанту анестезіологічного супроводу ($p<0,01$). Однак коливання EtCO_2 залишались в визначених референтних межах, що вказує на адекватне керування штучною вентиляцією легень.

Показники сатурації залишались стабільними в межах 98-99% без суттєвих коливань в продовж всього періоду спостереження та не мали клінічно значимих змін.

При проведенні оцінки температури тіла встановлено, що на фоні використання стратегії контролю температурного гомеостазу вона залишалась в межах фізіологічних значень на рівні 36,6-36,7 °C, а виявлені зміни не мали клінічного значення.

Показники гемодинаміки на початку операції не відрізнялись. Інтраопераційно у групі інгаляційної анестезії відзначено вищі значення: систолічний АТ 100 мм рт. ст. [95.0;100.0] проти 90 мм рт. ст. [85.0;90.0] ($p<0,01$), середній АТ 75 мм рт. ст. [73.3;76.7] проти 70.0 мм рт. ст. [70.0;73.3] ($p<0,01$). На етапі кінця операції різниця була найбільшою та складала у групі 1 - 130.0 мм рт. ст. [120.0;130.0] проти 105 мм рт. ст. [100.0;110.0] мм рт. ст. у групі 2 ($p<0,01$). ЧСС також була вищою у групі 1 - 78.0 уд/хв [75.0;80.0] проти 69.0 уд/хв [67.0;70.0] у групі 2 ($p<0,01$).

За результатами змішаної лінійної моделі встановлено, що у пацієнтів групи тотальної внутрішньовенної анестезії систолічний артеріальний тиск був нижчим у середньому на 13.75 мм рт. ст., середній артеріальний тиск — на 6.73 мм рт. ст., а частота серцевих скорочень — на 8.17 уд/хв ($p<0,05$). При цьому протягом операції відзначалося достовірне зростання всіх гемодинамічних

показників ($p < 0,01$). Тривалість оперативного втручання не мала статистично значущого впливу на досліджувані параметри.

Таким чином, обидва методи анестезії є ефективними та безпечними, однак інгалаційна анестезія севофлураном забезпечує швидшу індукцію та пробудження за даними BIS моніторингу, стабільніший гемодинамічний профіль.

Дані, наведені у розділі, опубліковані у наступних роботах:

1. Пліс МО, Царьов ОВ. Особливості анестезіологічного забезпечення роботизованих хірургічних втручань. *Український медичний часопис*. 2026;1(175):1–6. doi:10.32471/umj.1680-3051.272789.
2. Пліс МО, Царьов ОВ. Зміни показників гемодинаміки під час робот-асистованих оперативних втручань в залежності від виду анестезії. *Вісник проблем біології і медицини*. 2026;1(180):327-335. doi:10.29254/2077-4214-2026-1-180-327-335
3. Пліс МО, Фоменко ДА, Царьов ОВ. Проблемні питання анестезіологічного забезпечення роботизованої хірургії. Матеріали Конгресу анестезіологів України. Київ 25-26 листопада 2022р. Біль, знеболення та інтенсивна терапія. 2022. №3(96). с. 51.

РОЗДІЛ 4

ДИНАМІКА КЛІНІЧНИХ І БІОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КРОВІ, МАРКЕРІВ СТРЕСОВОЇ ВІДПОВІДІ НА ОПЕРАЦІЙНУ ТРАВМУ ТА ІНТЕНСИВНОСТІ БОЛЬОВОГО СИНДРОМУ У ПАЦІЄНТІВ ПРИ РОБОТ-АСИСТОВАНИХ ОПЕРАТИВНИХ ВТРУЧАННЯХ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВАРІАНТУ АНЕСТЕЗІЇ

4.1. Порівняльна оцінка динаміки клінічних та біохімічних показників в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення

Проведено аналіз динаміки показників загального аналізу крові на визначених етапах дослідження: до оперативного втручання, після закінчення оперативного втручання через 24 та 48 годин після оперативного втручання.

До оперативного втручання середній рівень гемоглобіну становив у групі 1 - 140 г/л [128; 145], у групі 2 - 140 г/л [134; 146] ($p > 0,05$). Після оперативного втручання рівень гемоглобіну у групі 1 був 130 г/л [126; 140], у групі 2 - 134 [129; 140] ($p > 0,05$). Виявлена тенденція пов'язана з інтраопераційною крововтратою та інфузійною терапією. На наступних етапах дослідження показники повернулись до вихідних значень та не мали міжгрупової різниці ($p > 0,05$) (рис. 4.1).

Аналогічна тенденція встановлена для змін гематокриту на етапах дослідження. Зниження його середніх значень визначені у ранньому післяопераційному періоді з наступною стабілізацією і поверненням до вихідних значень без достовірної різниці між групами (рис. 4.2).

Середній рівень доопераційного рівня еритроцитів становив $4,4 \times 10^{12}$ [4,0; 4,7] у групі 1 та $4,7 \times 10^{12}$ [4,3; 4,9] у групі 2 ($< 0,05$).

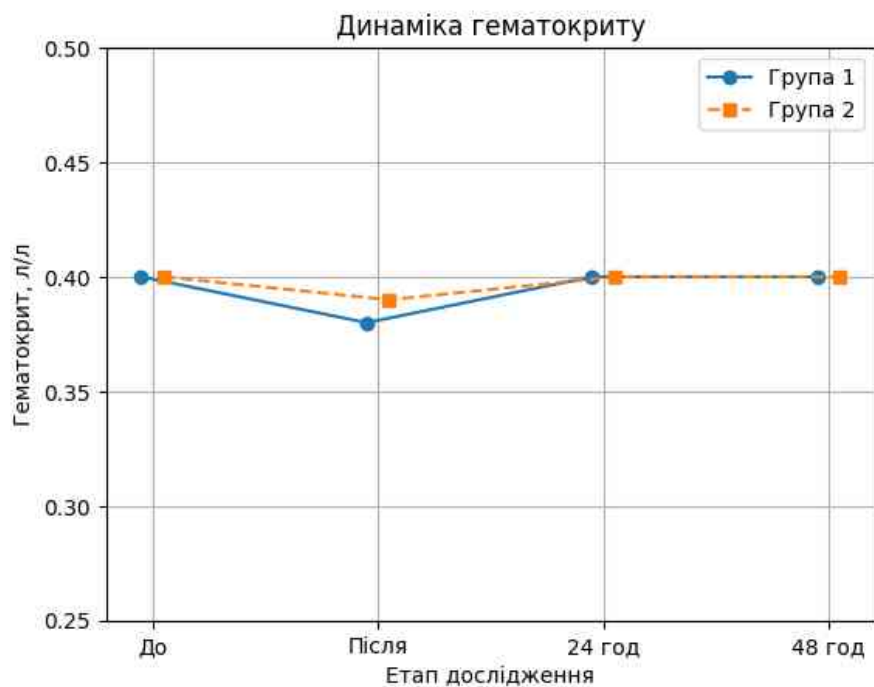


Рис. 4.1. Порівняльна динаміка рівня гемоглобіну на етапах дослідження залежно від варіанту анестезіологічного забезпечення.

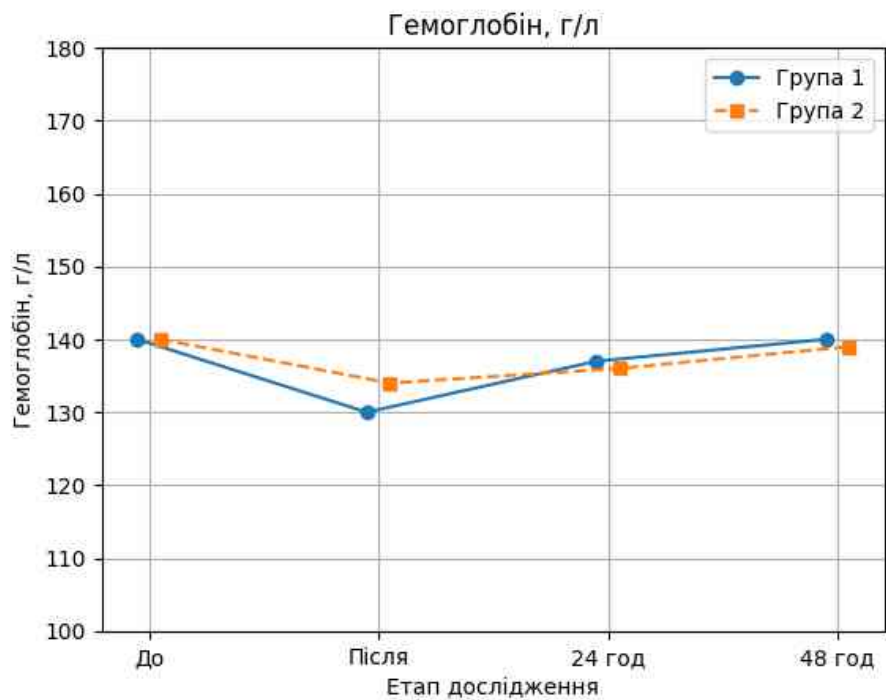


Рис. 4.2. Порівняльна динаміка рівня гематокриту на етапах дослідження залежно від варіанту анестезіологічного забезпечення.

В після операційному періоді медіана еритроцитів у групі 1 складала $4,1 \times 10^{12}$ [3,7; 4,3], у групі 2 - $4,3 \times 10^{12}$ [4,1; 4,5] ($p < 0,05$). Через 24 та 48 годин спостереження у групі 1 - $4,2 \times 10^{12}$ [3,9; 4,4] та $4,3 \times 10^{12}$ [4,0; 4,5], у групі 2 - $4,5 \times 10^{12}$ [4,2; 4,6] та $4,6 \times 10^{12}$ [4,3; 4,8] відповідно ($p < 0,05$). Середній рівень лейкоцитів та тромбоцитів не мав достовірної міжгрупової різниці, показники залишались стабільними, без значних коливань впродовж всіх етапів дослідження ($p > 0,05$) (рис. 4.3; 4.4).

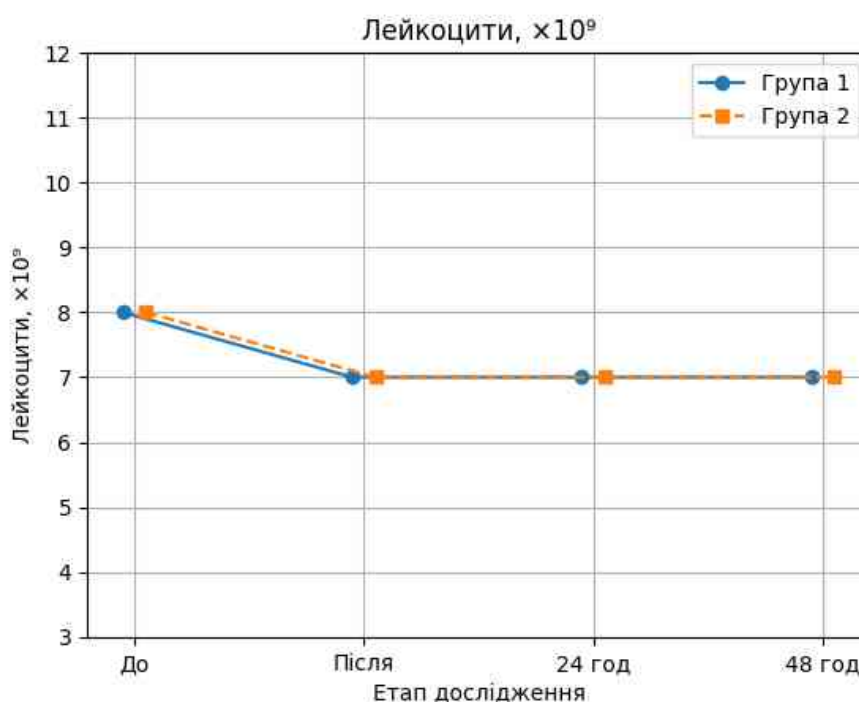


Рис. 4.3. Порівняльна динаміка рівня лейкоцитів на етапах дослідження залежно від варіанту анестезіологічного забезпечення.

Отримані данні вказують на те, що між застосованими стратегіями анестезіологічного забезпечення не встановлено клінічно значимого впливу на показники загального аналізу крові у пацієнтів під час робот-асистованих оперативних втручань.

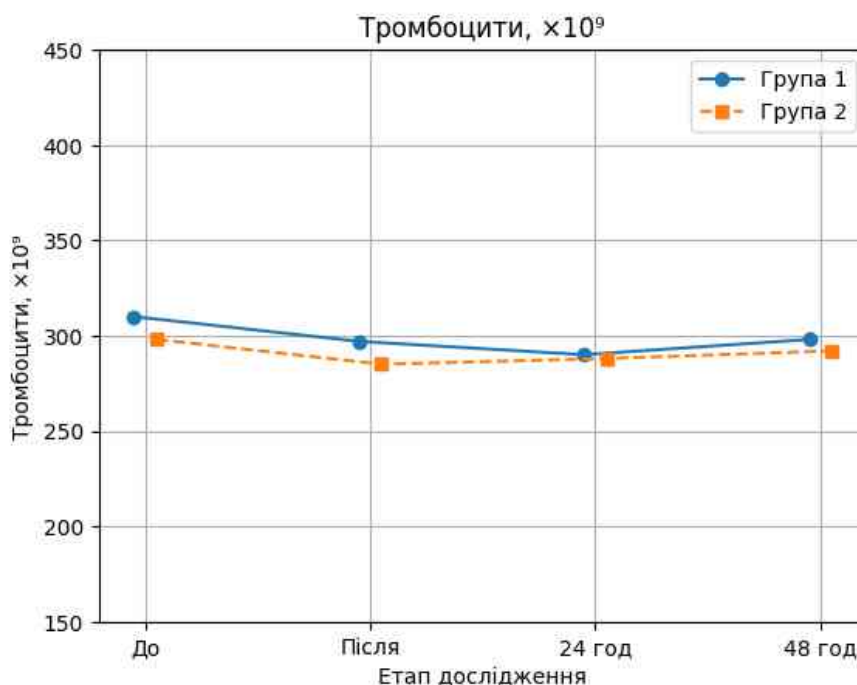


Рис. 4.4. Порівняльна динаміка рівня тромбоцитів на етапах дослідження залежно від варіанту анестезіологічного забезпечення.

Виявлені післяопераційні зміни носять транзиторний характер та пов'язані з оперативним втручанням, обсягом інфузійної терапії та перерозподілом рідини, а не з типом анестезії.

Таким чином, обидва застосованих варіанта анестезії можуть вважатися подібними відносно впливу на гематологічні показники, під час робот-асистованих оперативних втручань.

Проводився порівняльний аналіз біохімічних показників у пацієнтів обох груп на визначених етапах дослідження. Показники загального білка до оперативного втручання були зіставними між групами ($p=0,75$) (рис. 4.5). У післяопераційному періоді в обох групах спостерігалось поступове зниження рівня загального білка та становило 64,0 г/л [62,0; 66,0] у групі 1 та 65,0 г/л [62,0; 67,0] у групі 2 ($p=0,49$).

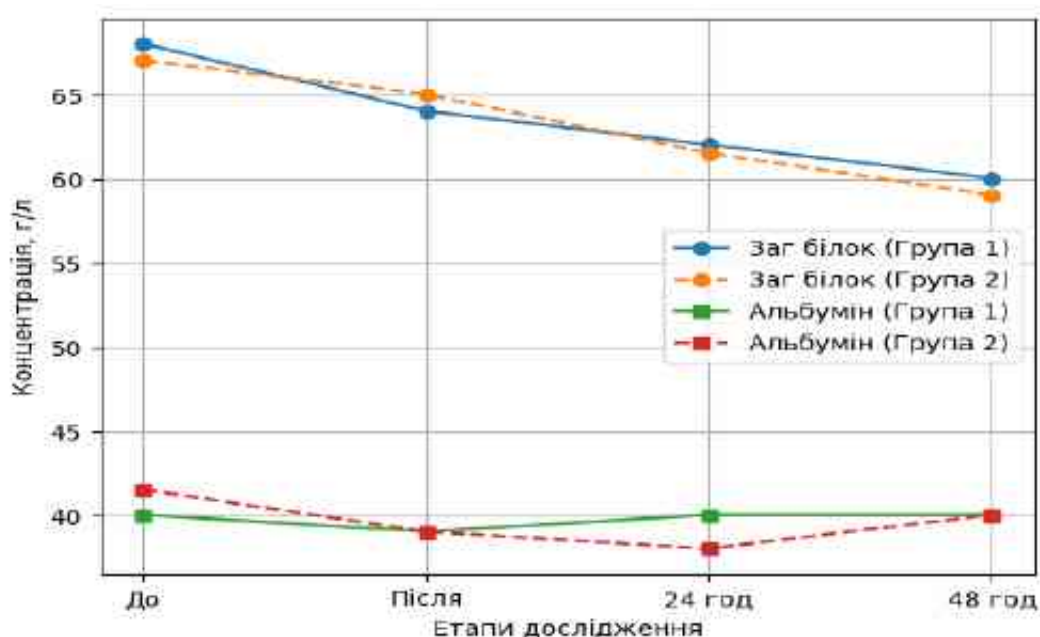


Рис. 4.5. Динаміка рівня загального білку та альбуміну на етапах дослідження залежно від варіанту анестезіологічного забезпечення.

Мінімальні значення загального білірубіну зафіксовані через 48 годин після оперативного втручання, у групі 1 – 60,0 г/л [59,0; 61,0], у групі 2 – 59,0 г/л [56,8; 62,0]. Без достовірних відмінностей на жодному етапі дослідження ($p > 0,05$).

Рівень альбуміну до операції та безпосередньо після неї не мав суттєвих міжгрупових відмінностей (рис. 4.5). Через 24 години після оперативного втручання у групі 1 рівень альбуміну становив 40,0 г/л [38,0; 41,0] в той час як у групі 2 – 38,0 г/л [37,0; 40,0] ($p < 0,01$). Через 48 годин показники альбуміну в обох групах вирівнялися і становили 40,0 г/л [39,0; 41,0] ($p = 0,43$).

При оцінці показників печінкового комплексу встановлено, що середній рівень загального білірубіну на вихідному етапі у групі 1 був 10,0 мкмоль/л [9,0; 11,0], у групі 2 – 9,5 мкмоль/л [8,0; 11,0] ($p = 1,00$) (рис. 4.6).

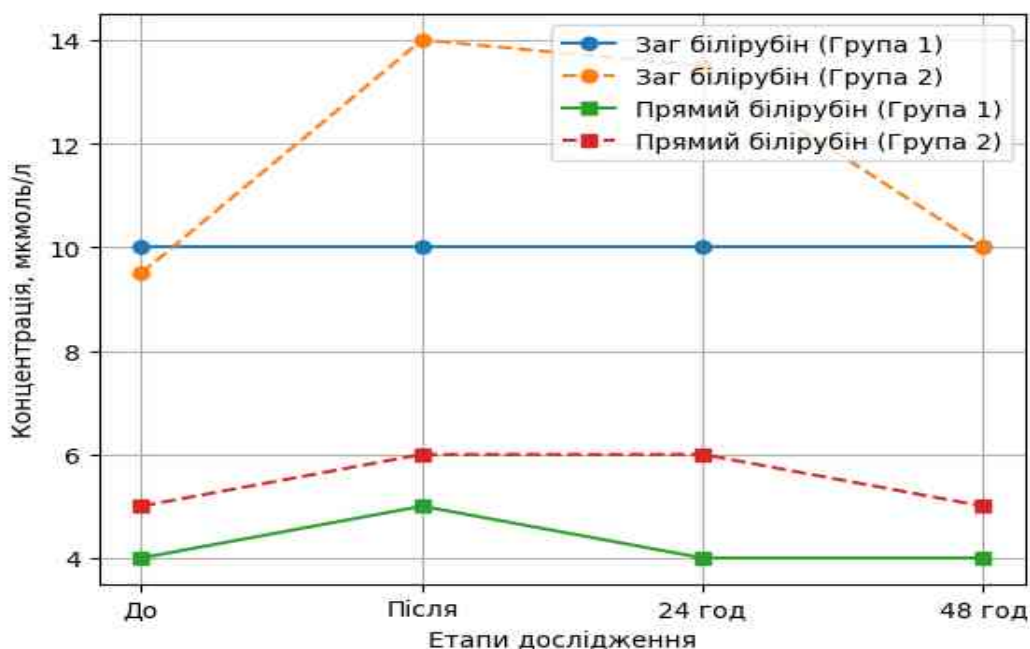


Рис. 4.6. Динаміка рівня загального та прямого білірубіну на етапах дослідження залежно від варіанту анестезіологічного забезпечення.

У групі 2 одразу після та через 24 години після операції визначено достовірне підвищення загального білірубіну – 14,0 мкмоль/л [12,0; 15,0] та 13,5 мкмоль/л [12,0; 14,0] відповідно, порівняно з групою 1, де рівень загального білірубіну залишався стабільним та становив 10,0 мкмоль/л [9,0; 11,0] ($p < 0,01$). Через 48 годин після операції рівень загального білірубіну в обох групах нормалізувався і не мав значущих міжгрупових відмінностей.

Подібні зміни спостерігалися при оцінці динаміки рівня прямого білірубіну: у групі 2 його рівень був достовірно вищим після операції та протягом усього періоду спостереження ($p < 0,01$).

Оцінка ферментного обміну продемонструвала, що рівень аланінамінотрансферази був достовірно вищим у групі 1 на всіх етапах дослідження та становив до оперативного втручання 29,0 Од/л [25,0; 31,0], у ранньому післяопераційному періоді – 28,0 Од/л [26,0; 29,0], через 24 години

після оперативного втручання – 28,0 Од/л [25,0; 30,0], через 48 годин – 28,0 Од/л [25,0; 30,0], в той час як у групі 2 – 23,0 Од/л [22,0; 24,2], 24,0 Од/л [22,0;26,0], 22,0 Од/л [20,0; 25,0], 23,5 Од/л [22,0; 26,0] відповідно ($p<0,01$) (табл. 4.1).

Таблиця 4.1.

Динаміка показників ферментного обміну на етапах дослідження залежно від варіанту анестезіологічного забезпечення

Показник	Група 1 (n=45)	Група 2 (n=36)	p
АЛТ до операції, Од/л	29.0 [25.0;31.0]	23.0 [22.0;24.2]	<0.01
АЛТ після операції, Од/л	28.0 [26.0;29.0]	24.0 [22.0;26.0]	<0.01
АЛТ 24 години, Од/л	28.0 [25.0;30.0]	22.0 [20.0;25.0]	<0.01
АЛТ 48 годин, Од/л	28.0 [25.0;30.0]	23.5 [22.0;26.0]	<0.01
АСТ до операції, Од/л	36.0 [31.0;39.0]	32.0 [29.0;36.0]	0.03
АСТ після операції, Од/л	38.0 [34.0;41.0]	36.5 [34.0;42.0]	0.62
АСТ 24 години, Од/л	39.0 [36.0;41.0]	35.0 [32.8;38.5]	<0.01
АСТ 48 годин, Од/л	40.0 [36.0;42.0]	34.0 [30.0;37.0]	<0.01

Рівень аспартатамінотрансферази до операції становив у групі 1 – 36,0 Од/л [31,0; 39,0], у групі 2 – 32,0 Од/л [29,0; 36,0] ($p=0,03$). Середній рівень АСТ одразу після операції у групі 1 – 38,0 Од/л [34,0; 41,0], у групі 2 – 36,5 Од/л [34,0; 42,0] ($p=0,62$). Через 24 та 48 годин після операції у групі 1 – 39,0 Од/л [36,0; 41,0], 40,0 Од/л [36,0; 42,0] у групі 2 – 35,0 Од/л [32,8; 38,5], 34,0 Од/л [30,0; 37,0] відповідно ($p<0,01$).

Хоча виявлені зміни демонструють певні особливості ферментного обміну у пацієнтів під час робот-асистованих оперативних втручань, однак вони не мають суттєвого клінічного значення.

Оцінка показників ниркового комплексу виявила, що рівень сечовини у групі 1 до оперативного втручання становила 5,0 ммоль/л [4,0; 6,0] в той час як у групі 2 – 7,0 ммоль/л [5,0; 7,2] ($p < 0,01$) (табл. 4.2). Після оперативного втручання у групі 1 – 6,0 ммоль/л [5,0; 7,0], у групі 2 – 9,0 ммоль/л [8,0; 9,0], виявлена різниця мала достовірний характер ($p < 0,01$). Подібна динаміка зберігалась через 24 та 48 годин після оперативного втручання: група 1 – 6,0 ммоль/л [5,0; 7,0]; 6,0 ммоль/л [5,0; 7,0], група 2 – 9,0 ммоль/л [8,0; 10,0], 8,0 ммоль/л [7,0; 8,0] ($p < 0,01$).

Концентрація креатиніну до та одразу після операції не мала міжгрупових відмінностей, однак через 24 години після втручання у групі 2 спостерігалось достовірне підвищення креатиніну до – 101,0 мкмоль/л [96,8; 111,2] порівняно з групою 1 – 93,0 мкмоль/л [84,0; 98,0] ($p < 0,01$), через 48 годин рівень креатиніну складав 85,0 мкмоль/л [78,0; 94,0] у групі 1 та 96,5 мкмоль/л [90,8; 102,5] у групі 2 ($p < 0,01$).

В якості інтегрального показника функціонального стану нирок проводилась оцінка швидкості клубочкової фільтрації. Визначено, що доопераційний рівень ШКФ у пацієнтів обох груп був зіставним ($p = 0,14$). Одразу після оперативного втручання ШКФ у першій групі становила – 70,6 мл/хв [60,4; 85,6], у другій групі – 69,0 мл/хв [59,1; 78,8] без достовірної різниці ($p = 0,57$).

Через 24 години після операції у групі 1 ШКФ становила – 74,2 мл/хв [66,0; 85,2], у групі 2 – 65,4 мл/хв [59,9; 73,3] ($p < 0,01$), виявлені зміни зберігались і при спостереженні через 48 годин після оперативного втручання: група 1 – 81,4 мл/хв [69,0; 91,4], група 2 – 71,1 мл/хв [66,0; 77,8] ($p < 0,01$).

Отримані результати вказують на транзиторне зниження функціонального стану нирок у пацієнтів, яким проводилась тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом, порівняно з інгаляційною анестезією севофлураном.

Таблиця 4.2

Динаміка показників ниркового комплексу на етапах дослідження залежно від варіанту анестезіологічного забезпечення

Показник	Група 1 (n=45)	Група 2 (n=36)	p
Сечовина до операції, ммоль/л	5.0 [4.0;6.0]	7.0 [5.0;7.2]	<0.01
Сечовина після операції, ммоль/л	6.0 [5.0; 7.0]	9.0 [8.0; 9.0]	<0.01
Сечовина 24 години, ммоль/л	6.0 [5.0;7.0]	9.0 [8.0;10.0]	<0.01
Сечовина 48 годин, ммоль/л	6.0 [5.0;7.0]	8.0 [7.0;8.0]	<0.01
Креатинін до операції, мкмоль/л	87.0 [74.0; 97.0]	81.0 [73.5; 94.0]	0.44
Креатинін після операції, мкмоль/л	98.0 [83.0;106.0]	97.5 [89.8;112.8]	0.23
Креатинін 24 години, мкмоль/л	93.0 [84.0; 98.0]	101.0 [96.8;111.2]	<0.01
Креатинін 48 годин, мкмоль/л	85.0 [78.0; 94.0]	96.5 [90.8;102.5]	<0.01
ШКФ до операції, мл/хв	78.1 [69.5; 91.2]	86.9 [75.4; 93.2]	0.14
ШКФ після операції, мл/хв	70.6 [60.4; 85.6]	69.0 [59.1;78.8]	0.57
ШКФ 24 години, мл/хв	74.2 [66.0; 85.2]	65.4 [59.9;73.3]	<0.01
ШКФ 48 годин, мл/хв	81.4 [69.0; 91.4]	71.1 [66.0;77.8]	<0.01

Результати проведеного аналізу біохімічних показників свідчать про відмінності у метаболічній відповіді організму пацієнтів залежно від варіанту анестезіологічного забезпечення, що проявляється у змінах показників білкового, ферментного та азотистого обміну на етапах дослідження.

При оцінці динаміки біохімічних показників встановлено, що передопераційні значення більшості досліджуваних параметрів у пацієнтів обох груп були зіставними.

Зниження рівня загального білка в післяопераційному періоді в обох групах має типовий характер та, ймовірно, відображає активацію катаболічних метаболічних процесів у відповідь на хірургічне втручання. Разом з тим відсутність міжгрупових відмінностей свідчить про те, що загальний білковий обмін є стабільним та не має значимих порушень. Короткочасне, але достовірне зниження рівня альбуміну через 24 години після операції у групі 2 може вказувати на більш виражену метаболічну відповідь у цих пацієнтів, однак подальша нормалізація показників через 48 годин після операції підкреслює транзиторний характер цих змін.

Подібні тимчасові зміни у групі 2 визначені для показників загального та прямого білірубіну. В той час як у пацієнтів групи 1 ці параметри залишались стабільними протягом усього періоду спостережень.

У групі 2 було встановлено підвищення рівнів сечовини та креатиніну в післяопераційному періоді, що може свідчити про додаткове функціональне навантаження на нирки, натомість у пацієнтів групи 1 ці показники були відносно стабільними.

Таким чином, обидва застосованих варіанти анестезіологічного забезпечення супроводжуються типовими післяопераційними метаболічними змінами, однак тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом асоціюється з більш вираженими транзиторними порушеннями показників печінкового та ниркового комплексів. Натомість інгаляційна анестезія севофлураном асоційована зі стабільними змінами біохімічних показників, що може свідчити про її більш сприятливий вплив на функціональний стан печінки та нирок у післяопераційному періоді.

4.2. Порівняльна оцінка динаміки біохімічних маркерів стресової відповіді організму на операційну травму в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення

При оцінці динаміки маркерів стресу встановлено, що вихідний рівень глюкози до оперативного втручання в обох групах становив 7,0 ммоль/л [5,0; 9,0] ($p=0,88$) (рис. 4.7).

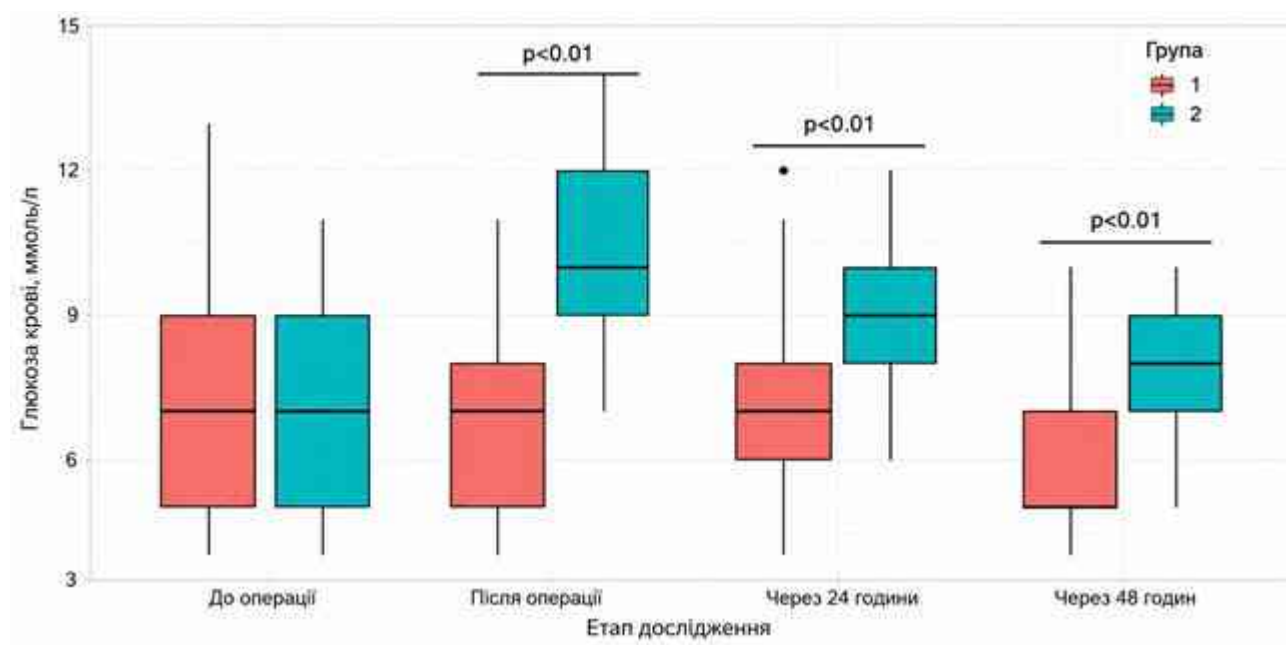


Рис 4.7. Порівняльна динаміка рівня глюкози на етапах дослідження залежно від варіанту анестезіологічного забезпечення.

Після оперативного втручання рівень глюкози у групі 1 був достовірно нижчим і становив 7,0 [5,0; 8,0] ммоль/л, в той час як у групі 2 - 10,0 ммоль/л [9,0; 12,0] ($p<0,01$). Через 24 та 48 годин після операції рівень глюкози у групі пацієнтів з інгаляційною анестезією севофлураном був достовірно нижчим і складав 7,0 ммоль/л [6,0; 8,0] та 5,0 ммоль/л [5,0; 7,0], тоді як у групі тотальної

внутрішньовенної анестезії пропофолом відповідно 9,0 ммоль/л [8,0; 10,0] та 8,0 ммоль/л [7,0; 9,0] ($p<0,01$).

Вихідний рівень кортизолу у групі 1 становив 364,0 нмоль/л [299,0; 429,0], у групі 2 – 351,5 нмоль/л [304,0; 406,2] ($p=0,86$) (рис. 4.8).

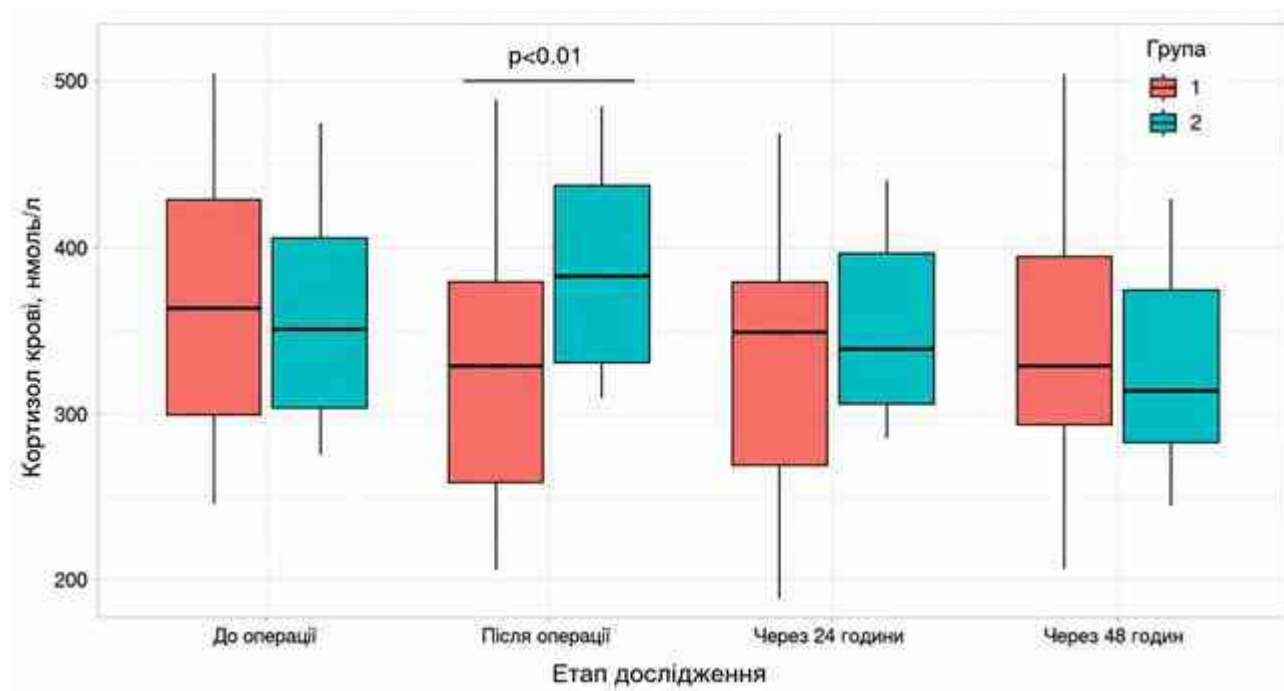


Рис. 4.8. Порівняльна динаміка рівня кортизолу на етапах дослідження залежно від варіанту анестезіологічного забезпечення.

Після оперативного втручання рівень кортизолу у першій групі становив 329,0 нмоль/л [258,0; 380,0], у групі 2 — 383,5 нмоль/л [330,8; 437,8], різниця між групами була достовірною ($p<0,01$). Через 24 години після операції рівень кортизолу у групі 1 - 350,0 нмоль/л [269,0; 380,0], у групі 2 — 339,5 нмоль/л [305,8; 397,2] ($p=0,19$). Через 48 годин після операції рівень кортизолу у пацієнтів групи 1 - 329,0 нмоль/л [294,0; 395,0], у групі 2 — 314,5 нмоль/л [283,0; 375,2] ($p=0,48$).

Отримані результати свідчать про різницю у реалізації стрес-реакції на хірургічне втручання залежно від варіанту анестезіологічного забезпечення, що

проявлялося змінами глікемічного профілю та гормональної відповіді у ранньому післяопераційному періоді.

Аналіз динаміки рівня глюкози крові показав, що до оперативного втручання показники глікемії в обох групах були зіставними і не мали статистично значущих відмінностей, що свідчить про порівнюваність обох груп пацієнтів.

Післяопераційне підвищення рівня глюкози спостерігалось в обох групах, що відповідає нормальній фізіологічній реакції організму на хірургічний стрес.

Водночас у ранньому післяопераційному періоді у пацієнтів, яким проводилася тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом, відзначалося значне зростання рівня глюкози у порівнянні з групою пацієнтів з використанням інгаляційної анестезії севофлураном. Що вказує на інтенсивнішу активацію контрінсулярних механізмів та розвиток транзиторної інсулінорезистентності в цій групі.

У пацієнтів, яким застосовувалася інгаляційна анестезія севофлураном, післяопераційна гіперглікемія була менш вираженою і характеризувалася швидшою стабілізацією показників глікемії протягом перших 48 годин після оперативного втручання.

Клінічна значущість отриманих даних полягає в тому, що післяопераційна гіперглікемія асоціюється з підвищеним ризиком інфекційних ускладнень, сповільненим загоєнням післяопераційних ран та гіршими результатами лікування, особливо у пацієнтів із супутньою метаболічною патологією.

Вихідні рівні кортизолу в обох групах були порівнянними та перебували в межах референтних значень, що підтверджує відсутність початкових міжгрупових відмінностей у гормональному статусі.

У ранньому післяопераційному періоді виявлено достовірно нижчий рівень кортизолу у пацієнтів, які отримували інгаляційну анестезію севофлураном, порівняно з групою тотальної внутрішньовенної анестезії пропофолом, що

свідчить про більш ефективне пригнічення стресової гормональної відповіді під час застосування севофлурану.

Через 24 та 48 годин після оперативного втручання рівні кортизолу в обох групах не мали статистично значущих відмінностей і наближалися до передопераційних значень, що вказує на транзиторний характер виявлених змін та відновлення нейроендокринної рівноваги незалежно від варіанту анестезіологічного забезпечення.

4.3. Порівняльна оцінка динаміки післяопераційного болю в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення

Проводилась порівняльна оцінка інтенсивності болю в післяопераційному періоді за візуально-аналоговою шкалою через 1, 3, 6, 12, 24, 48 та 72 години після оперативного втручання (табл. 4.3).

Встановлено, що через одну годину достовірних міжгрупових відмінностей не було ($p=0,10$). Починаючи з 3-ї години спостереження, у групі 2 відзначено достовірне підвищення середнього рівня інтенсивності болю до 2 балів [1,0; 2,0] в той час як у групі 1 – 1 бал [1,0; 2,0] ($p=0,02$).

Через 6 годин середній бал за ВАШ в обох групах становив 2 бали [2,0; 2,0] у групі 1 та до 2 бали [1,0; 3,0] у групі 2 ($p=0,24$).

Найбільш значимі міжгрупові відмінності зафіксовані у період 12-72 години після оперативного втручання. Через 12 годин медіана інтенсивності болю у групі 1 становила 1 бал [1,0; 2,0], у групі 2 - 2 бали [2,0; 2,0] ($p<0,01$). Через 24 години середній бал ВАШ склав 1 бал [1,0; 2,0] у групі 1, 2 бали [1,0; 2,0] у групі 2 ($p<0,01$). Через 48 та 72 середній рівень за ВАШ у групі 1 – 1 бал [0,0; 1,0] та 0 балів [0,0; 1,0], у групі 2 – 1,5 бали [1,0; 2,0] та 1 бал [1,0; 2,0] відповідно ($p<0,01$).

Таблиця 4.3.

Характеристика інтенсивності післяопераційного болю за ВАШ

Показник	Усі пацієнти (n=81)	Група 1 (n=45)	Група 2 (n=36)	p
ВАШ 1 год., бали	0.0 [0.0;1.0]	0.0 [0.0;1.0]	1.0 [0.0;1.0]	0.10
ВАШ 3 год., бали	1.0 [1.0;2.0]	1.0 [1.0;2.0]	2.0 [1.0;2.0]	0.02
ВАШ 6 год., бали	2.0 [2.0;3.0]	2.0 [2.0;2.0]	2.0 [2.0;3.0]	0.24
ВАШ 12 год., бали	2.0 [1.0;2.0]	1.0 [1.0;2.0]	2.0 [2.0;2.0]	<0.01
ВАШ 24 год., бали	1.0 [1.0;2.0]	1.0 [1.0;2.0]	2.0 [1.0;2.0]	<0.01
ВАШ 48 год., бали	1.0 [1.0;1.0]	1.0 [0.0;1.0]	1.5 [1.0;2.0]	<0.01
ВАШ 72, бали	1.0 [0.0;1.0]	0.0 [0.0;1.0]	1.0 [1.0;2.0]	<0.01

Результати дослідження свідчать, що обраний варіант анестезіологічного забезпечення впливає на інтенсивність болю у післяопераційному періоді, проте клінічна значимість цих відмінностей не є суттєвою, тому що в обох групах впродовж всього періоду спостереження зафіксовані низькі показники за візуально-аналоговою шкалою.

Виявлена міжгрупова різниця післяопераційного болю за ВАШ нівелюється вже через 6 годин, що пов'язано з застосуванням комбінації епідуральної аналгезії бупівакаїном та мультимодального знеболення у післяопераційному періоді.

Виявлені відмінності у період 12-72 години після оперативного втручання вірогідно обумовлені відмінностями у формуванні ноцицептивної відповіді. Варто зазначити, що навіть у зазначені часові проміжки середній рівень інтенсивності болю не перевищував 2 бали, що відповідає слабкому больовому синдрому.

Таким чином, незважаючи на те, що севофлюран асоційований з нижчими балами за ВАШ у пізньому післяопераційному періоді, виявлена міжгрупова різниця є незначною, а головну роль у проведенні ефективного знеболення в післяопераційному періоді відіграє застосування мультимодального підходу.

4.4. Кореляційний аналіз маркерів стресу та інтенсивності болю у післяопераційному періоді в залежності від варіанту анестезії

Для оцінки взаємозв'язку між маркерами стресу (глюкоза, кортизол) та інтенсивністю больового синдрому за шкалою ВАШ у пацієнтів, яким виконувались роботизовані оперативні втручання було проведено кореляційний аналіз. Для цього було застосовано ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена з подальшим аналізом як у загальній вибірці, так і окремо в досліджуваних групах.

У загальній вибірці пацієнтів виявлені достовірні прямі кореляційні зв'язки між показниками глюкози та кортизолу на різних етапах післяопераційного періоду (рис. 4.9).

Зокрема, виявлено сильні кореляції між рівнем глюкози після операції та через 24 години, а також між показниками через 24 та 48 годин, що свідчить про стабільність глікемічного профілю у часі. Подібна тенденція спостерігалась і для кортизолу, де сильні кореляційні зв'язки між послідовними часовими точками відображають тривалість та інерційність стрес-реакції організму.

Також було, встановлено середньої сили кореляційні зв'язки між рівнем глюкози та кортизолу, що підтверджує їх фізіологічну взаємозалежність як компонентів єдиної нейроендокринної відповіді на хірургічне втручання.

Важливо, що виявлений зв'язок між рівнем кортизолу після операції та інтенсивністю болю через 48 годин може свідчити про вплив гормональної стрес-реакції на формування післяопераційного больового синдрому.

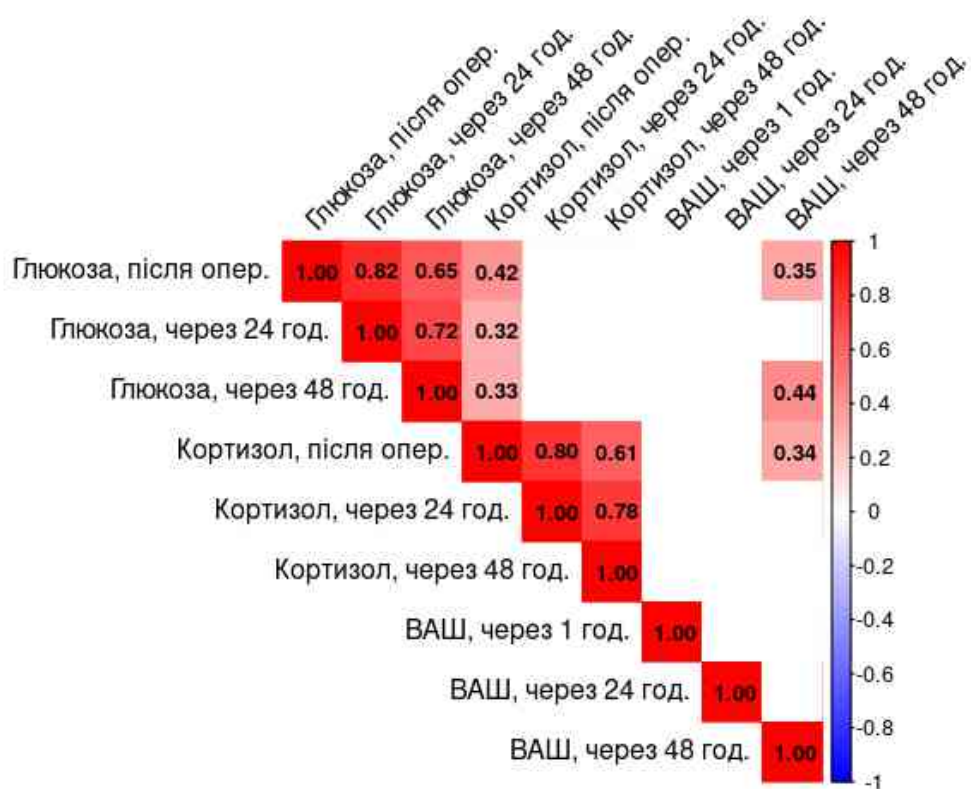


Рис 4.9. Кореляційний матрикс показників стрес - відповіді та рівню післяопераційного болю за ВАШ у пацієнтів обох груп дослідження.

При аналізі кореляційних зв'язків окремо в групі інгаляційної анестезії севофлураном виявлені сильні зв'язки між ранніми післяопераційними показниками глюкози та кортизолу, однак кількість і вираженість кореляційних зв'язків у подальші часові періоди були менш вираженими (рис. 4.10).

Це може свідчити про більш швидке відновлення та нормалізацію метаболічних процесів у цій групі пацієнтів.

У групі тотальної внутрішньовенної анестезії пропофолом спостерігалась більша кількість сильних кореляційних зв'язків, зокрема між усіма часовими точками рівнів кортизолу та глюкози (рис. 4.11). Це відображає більш тривале збереження взаємопов'язаних метаболічних та гормональних змін у післяопераційному періоді.

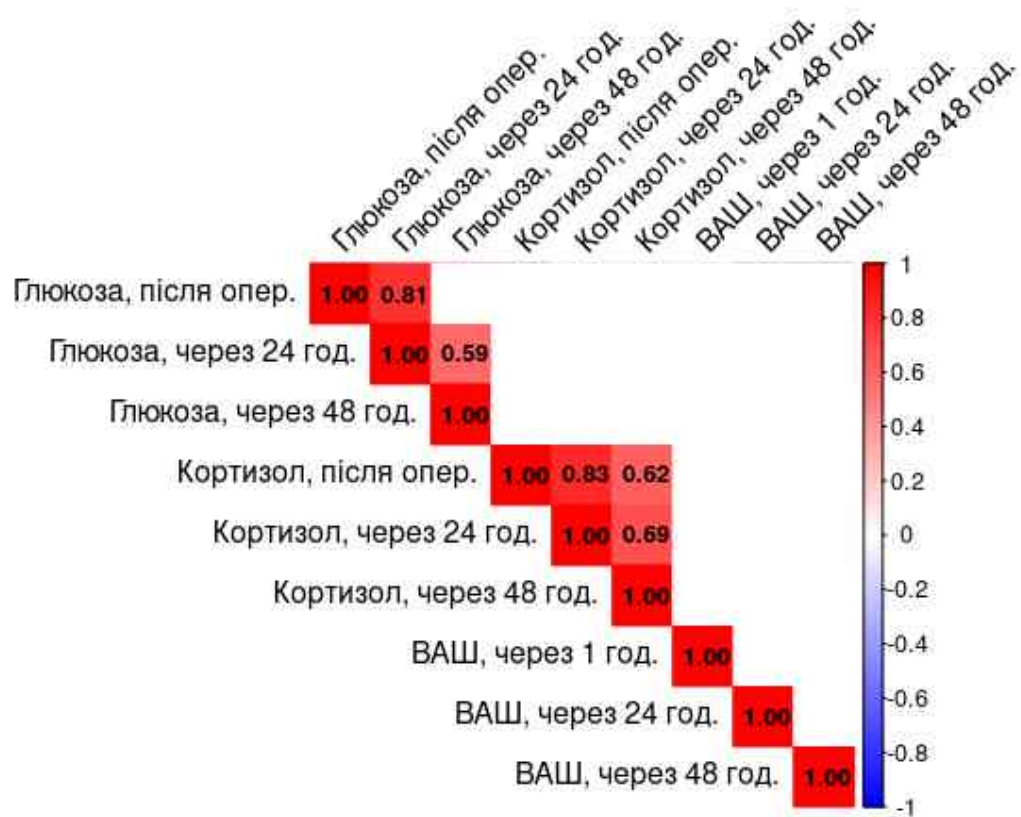


Рис. 4.10. Кореляційний матрикс показників стрес - відповіді та рівню післяопераційного болю за ВАШ у пацієнтів групи 1.

Отримані результати свідчать про те, що нейроендокринна відповідь на операційний стрес має системний характер та проявляється тісним взаємозв'язком між показниками вуглеводного обміну, гормональної регуляції та клінічними проявами болю.

Водночас тип анестезіологічного забезпечення впливає на характер цих взаємозв'язків. При застосуванні інгаляційної анестезії севофлураном відзначається тенденція до менш вираженої кореляційної взаємодії між показниками, що може свідчити про більш контрольовану та фізіологічно збалансовану стрес-реакцію організму.

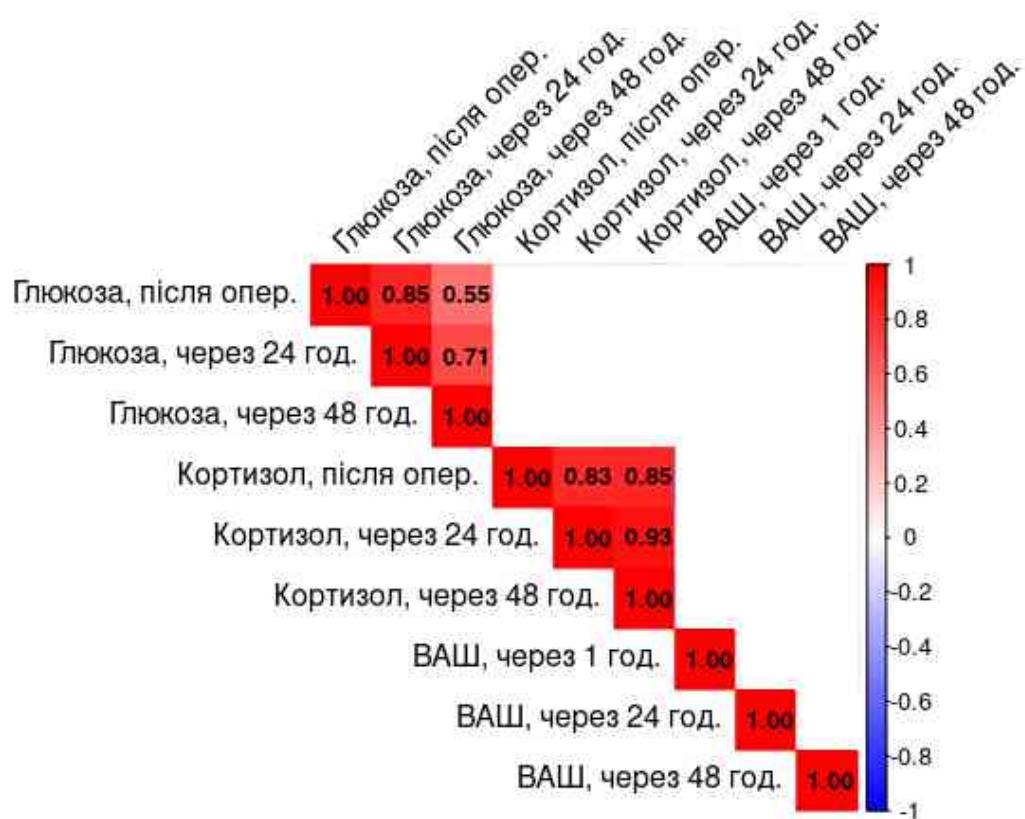


Рис. 4.11. Кореляційний матрикс показників стрес - відповіді та рівню післяопераційного болю за ВАШ у пацієнтів групи 2

Таким чином, результати кореляційного аналізу доповнюють дані щодо гемодинамічних та біохімічних змін і підтверджують, що інгаляційна анестезія севофлураном асоціюється з більш сприятливим перебігом післяопераційного відновлення.

Висновок за розділом. В результаті проведеного дослідження встановлено, що обидва застосованих варіанти анестезіологічного забезпечення супроводжуються типовими післяопераційними змінами лабораторних показників, які мають транзиторний характер та відображають фізіологічну відповідь організму на хірургічне втручання.

Водночас встановлено, що тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом асоційована з більш вираженими метаболічними та нейроендокринними змінами, що проявляється підвищенням рівнів глюкози,

кортизолу, сечовини та креатиніну, а також зниженням швидкості клубочкової фільтрації у післяопераційному періоді.

Встановлено, що інтенсивність післяопераційного болю в обох групах залишалась низькою і не перевищувала 2 балів за ВАШ, однак у пацієнтів групи тотальної внутрішньовенної анестезії пропофолом показники болю були достовірно вищими у період 12–72 годин ($p < 0,01$), проте клінічна значущість цих даних є обмеженою.

Окрім того, у цій групі відзначається більш тісний та тривалий взаємозв'язок між показниками стрес-реакції та інтенсивністю больового синдрому, що свідчить про більш пролонговану стресову відповідь організму.

Натомість інгаляційна анестезія севофлураном характеризується більш стабільним перебігом біохімічних показників, менш вираженою гіперглікемією та гормональною відповіддю, а також швидшою нормалізацією метаболічних процесів, що може вказувати на її більш сприятливий вплив на післяопераційне відновлення пацієнтів.

Отримані дані підтверджують, що вибір методу анестезіологічного забезпечення впливає на характер метаболічної та стрес-реакції організму і може розглядатися як один із факторів оптимізації перебігу післяопераційного періоду.

Дані, наведені у розділі, опубліковані у наступних роботах:

1. Пліс МО, Царьов ОВ. Динаміка біохімічних показників та маркерів стресу після робіт - асистованих операцій в залежності від варіанту анестезії. Перспективи та інновації науки. 2026;2(60):2531-2541. doi:10.52058/2786-4952-2026-2(60)-2531-2541
2. Plis MO, Tsarev AV. Assessment of surgical stress markers in patients after robot-assisted surgical interventions under sevoflurane inhalation anesthesia. Scientific development in a changing world. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference. SPC "Sci-conf.com.ua". Lviv, Ukraine. 2026. Pp. 128-130

РОЗДІЛ 5

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ШВИДКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ТА СТРУКТУРИ УСКЛАДНЕНЬ У ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНОМУ ПЕРІОДІ У ПАЦІЄНТІВ З РОБОТ-АСИСТОВАНИМИ ОПЕРАТИВНИМИ ВТРУЧАННЯМИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВАРІАНТУ АНЕСТЕЗІОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

5.1. Порівняльна оцінка швидкості післяопераційного відновлення в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення

Невід’ємною складовою оптимізації післяопераційного менеджменту є вибір методу загальної анестезії, який визначає час пробудження та екстубації, а отже — можливість ранньої активізації та скорочення тривалості перебування у відділенні інтенсивної терапії та стаціонарі в цілому. Вказані фактори визначають безпечність анестезіологічного забезпечення оперативних втручань у пацієнтів.

Була проведена порівняльна оцінка швидкості відновлення пацієнтів після робіт - асистованих оперативних втручань в залежності від обраного варіанту анестезії: інгаляційна анестезія севофлураном або тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом.

Дослідження проводилось на 7 етапах з оцінкою тривалості докінгу, оперативного втручання, загального знеболення, часу екстубації та активізації пацієнтів, тривалості перебування у ВАІТ та стаціонарі.

Проведений аналіз тривалості основних етапів під час робіт - асистованих оперативних втручань показав, що час під’єднання роботизованої системи у групі 1 становив 75 хв [45; 85], в той час як у групі 2 – 80 хв [45; 85], без достовірної різниці між групами ($p=0,16$). Однак, треба зазначити, що етап докінгу та його

тривалість обумовлені технічними параметрами самого робота, особливостями хірургічного доступу та організаційними особливостями, а не методом анестезії.

При оцінці тривалості самого оперативного втручання було виявлено, що у 1 групі, де застосовувалась інгаляційна анестезія, тривалість операції становила 5 годин [4; 5], в групі, з тотальною внутрішньовенною анестезією пропофолом - 6 годин [4; 5] ($p < 0,01$). Більша тривалість оперативного втручання могла бути асоційована з повільнішим темпом післяопераційного відновлення пацієнтів.

У першій групі середній час тривалості анестезії становив 6 год [4; 6], у другій групі 6 год [5; 6] ($p = 0,06$). Відзначено тенденцію до більшої тривалості анестезії у групі 2, що пов'язано з довшою тривалістю хірургічного етапу.

Додатково було проведено аналіз інтраопераційного споживання фентанілу. У пацієнтів групи 1 потреба у фентанілі була нижчою та становила 105 [95; 130] мкг/год, тоді як у групі 2 — 151 [130; 170] мкг/год ($p < 0,01$). Отримані дані узгоджуються з результатами зарубіжних досліджень присвячених особливостям анестезіологічного забезпечення робот-асистованих оперативних втручань.

Це свідчить про більш ефективний анальгетичний компонент інгаляційної анестезії севофлураном, що дозволяє зменшити потребу в опіїдних анальгетиках під час оперативного втручання. Зниження інтраопераційного опіїдного навантаження потенційно сприяє швидшому післяопераційному відновленню пацієнтів та зменшенню ризику розвитку опіїд-асоційованих небажаних явищ.

Найбільш суттєві відмінності між групами були виявлені при аналізі показників раннього післяопераційного відновлення. У пацієнтів 1 групи час до екстубації становив 12 хв. [10; 14], тоді як у пацієнтів 2 групи - 24 хв. [22; 27], виявлена різниця між групами була достовірною ($p < 0,01$) (рис. 5.1).

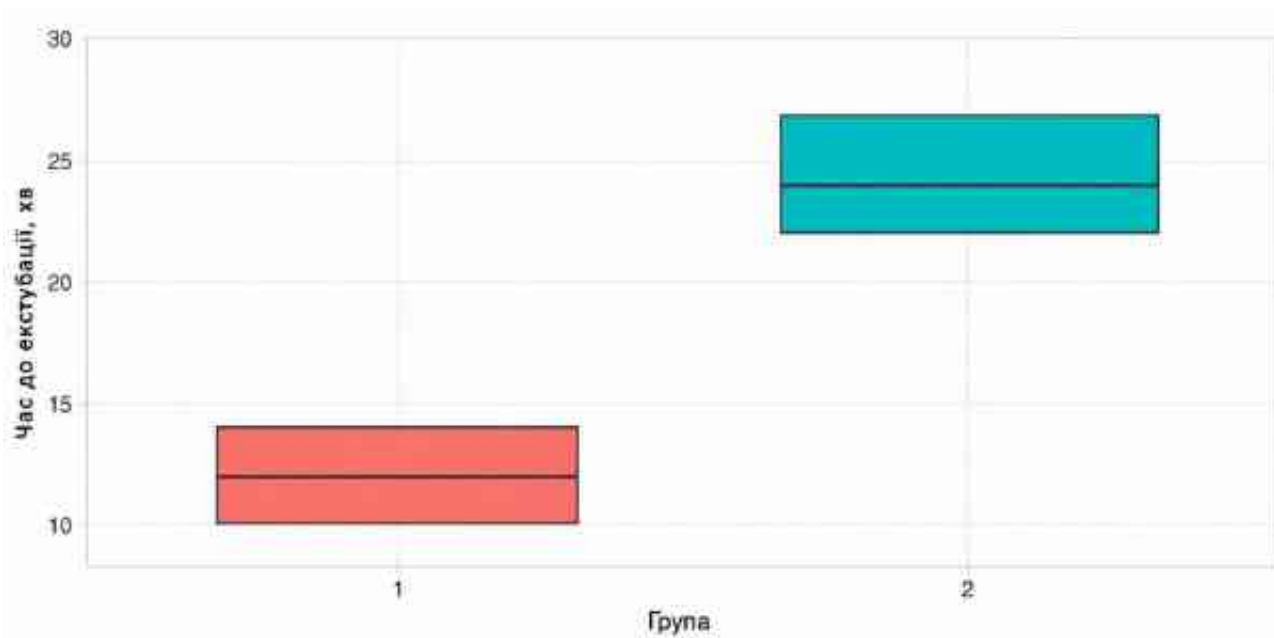


Рис. 5.1. Час до екстубації після робот-асистованих оперативних втручань залежно від варіанту анестезіологічного забезпечення.

Отримані дані вказували на більш швидке відновлення спонтанного дихання та свідомості при проведенні інгаляційної анестезії севофлураном.

У групі пацієнтів з інгаляційною анестезією час до активізації був достовірно меншим ($p < 0,01$) та складав 10 годин [9; 10] у порівнянні з групою із застосуванням ТВВА який складав 12,5 годин [12; 14]. Таким чином, інгаляційна анестезія севофлураном створює умови для більш швидкого післяопераційного функціонального відновлення, які забезпечують можливість ранньої мобілізації пацієнтів.

Тривалість перебування у відділенні анестезіології та інтенсивної терапії у групі 1 становила 18 годин [16; 19], в той час як у групі 2 — 20,5 годин [19.8; 22], виявлена різниця була достовірною ($p < 0,01$) (рис. 5.2). Це вказує на швидшу стабілізацію та переведення у профільне відділення пацієнтів, де методом вибору була інгаляційна анестезія.

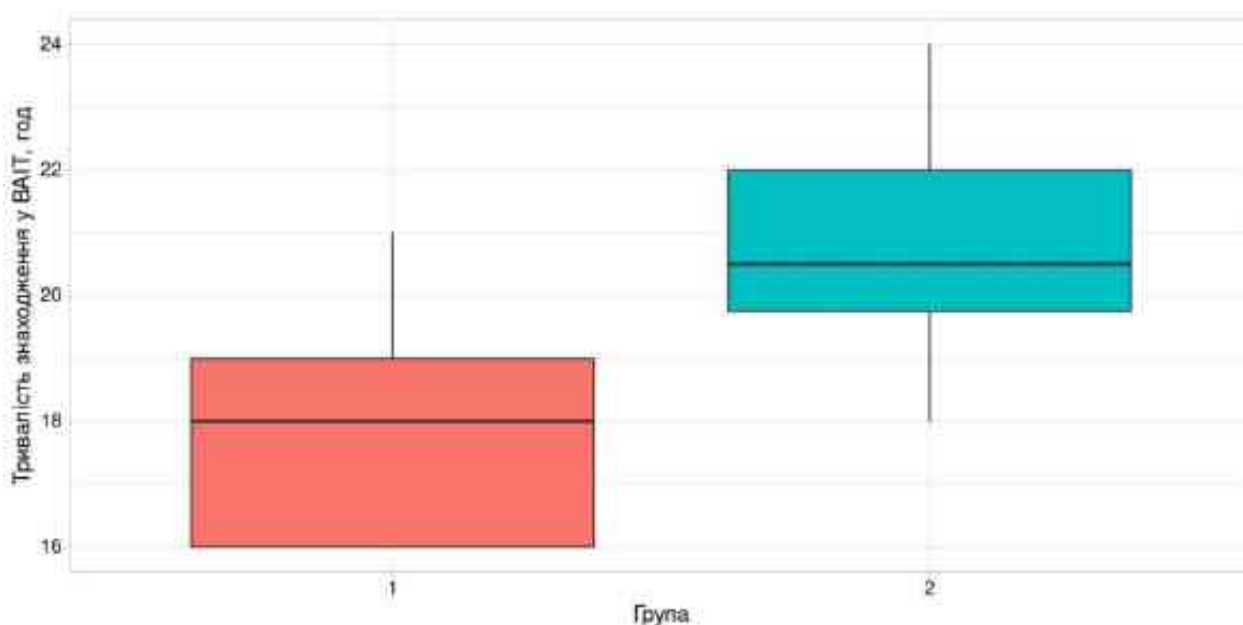


Рис. 5.2. Тривалість перебування у відділенні анестезіології та інтенсивної терапії після робот-асистованих оперативних втручань залежно від варіанту анестезіологічного забезпечення.

При порівняльному аналізі тривалості перебування в стаціонарі було встановлено, що у пацієнтів 1 групи вона була достовірно коротшою ($p < 0,01$) і складала 7 днів [7; 7], натомість у пацієнтів 2 групі - 8 днів [8; 9]. Отримані результати вказували на збільшення тривалості стаціонарного лікування у пацієнтів при застосуванні ТВВА пропофолом (рис. 5.3).

Наведені данні свідчать, що при робот - асистованих оперативних втручаннях, у якості методу вибору найбільш оптимальним є інгаляційна анестезія севофлураном оскільки забезпечує більш швидке відновлення пацієнтів у післяопераційному періоді.

Отримані результати дослідження свідчать про те, що вибір методу анестезії під час роботизованих оперативних втручань може суттєво впливати на швидкість післяопераційного відновлення та тривалість госпіталізації.

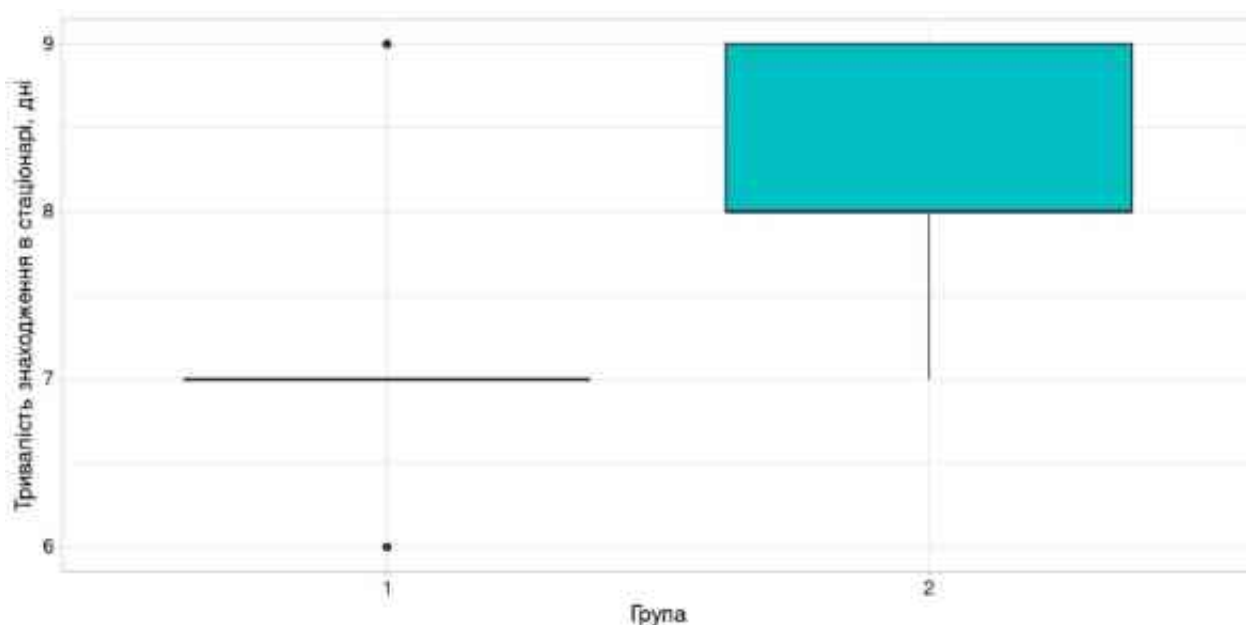


Рис. 5.3. Тривалість перебування у стаціонарі після робот-асистованих оперативних втручань залежно від варіанту анестезіологічного забезпечення.

Збільшення тривалості оперативного втручання у групі, де варіантом анестезії була ТВВА пропофолом має важливе значення і може бути одним з факторів, який впливає на післяопераційне відновлення пацієнтів та ризик розвитку можливий ускладнень. Воно пов'язане з більш тривалим часом пневмоперитонеуму та перебуванням пацієнта у положенні Тренделенбурга, що може підсилювати негативний патофізіологічний вплив цих факторів на гемодинаміку, газообмін, внутрішньочерепний та внутрішньоочний тиск. Однак, слід зазначити, що тривалість оперативного втручання пов'язана в першу чергу з особливостями основного захворювання, типом хірургічного втручання та досвідом хірургічної команди, тому цей показник повинен розглядатися лише як додатковий фактор впливу на швидкість відновлення пацієнтів в післяопераційному періоді.

Відповідно до сучасних поглядів та стратегії ERAS швидкість пробудження та відновлення спонтанного дихання є одними з основних критеріїв оцінки ефективності анестезіологічного забезпечення. З огляду на це, час

екстубації, який у пацієнтів 1-ї групи був значно коротшим, є клінічно значущим показником, оскільки скорочення тривалості штучної вентиляції легень знижує рівень можливих респіраторних ускладнень і пришвидшує активізацію пацієнтів, що у свою чергу сприяє зниженню ризику розвитку інших післяопераційних ускладнень (тромбоемболічних, застійних явищ у легенях). А також потенційно сприяла нормалізації функціонування шлунково-кишкового тракту.

Скорочення часу перебування у відділені інтенсивної терапії у групі з застосуванням інгалаційної анестезії також вказує на швидше відновлення та стабілізацію вітальних функцій.

Достовірно коротшою у пацієнтів 1-ї групи була і тривалість стаціонарного лікування, що є результатом швидшого пробудження, ранньої активізації та скорочення періоду інтенсивного післяопераційного лікування.

Ці три показники свідчать про кращу керованість та прогнозованість перебігу післяопераційного періоду у групі пацієнтів, де була застосована інгалаційна анестезія севофлураном.

Скорочення часу перебування у ВАІТ та стаціонарі в цілому, потенційно знижує навантаження на ресурси відділень інтенсивної терапії і хірургії та скорочує загальні витрати на лікування.

5.2. Взаємозв'язок показників раннього післяопераційного відновлення з інтраопераційними факторами

Був проведений аналіз взаємозв'язку між показниками, що впливають на швидкість післяопераційного відновлення після роботизованих оперативних втручань з оцінкою зв'язків між тривалістю штучної вентиляції легень, часом до екстубації, часом до активізації пацієнтів та загальними дозами фентанілу та міорелаксантів (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Кореляційний зв'язок між показників раннього післяопераційного відновлення з інтраопераційними факторами

Параметр 1	Параметр 2	Усі пацієнти (n=81)	Група 1 (n=45)	Група 2 (n=36)
Тривалість ШВЛ, години	Екстубація, хв	rs=0.43, p<0.01	rs=0.06, p<0.71	rs=-0.02, p<0.92
Тривалість ШВЛ, години	Активізація, год	rs=0.61, p<0.01	rs=0.59, p<0.01	rs=0.22, p<0.20
Екстубація, хв.	Активізація, год	rs=0.77, p<0.01	rs=0.22, p<0.15	rs=-0.09, p<0.59
Тривалість ШВЛ, години	Фентаніл, мкг	rs=0.74, p<0.01	rs=0.70, p<0.01	rs=0.30, p<0.07
Екстубація, хв.	Фентаніл, мкг	rs=0.58, p<0.01	rs=-0.04, p<0.77	rs=0.00, p<0.99
Активізація, години	Фентаніл, мкг	rs=0.69, p<0.01	rs=0.40, p<0.01	rs=0.06, p<0.74
Тривалість ШВЛ, години	Міорелаксанти, мг	rs=0.78, p<0.01	rs=0.90, p<0.01	rs=0.36, p<0.03
Екстубація, хв.	Міорелаксанти, мг	rs=0.48, p<0.01	rs=0.08, p<0.59	rs=0.06, p<0.71
Активізація, години	Міорелаксанти, мг	rs=0.61, p<0.01	rs=0.61, p<0.01	rs=-0.01, p<0.94
Фентаніл, мкг	Міорелаксанти, мг	rs=0.85, p<0.01	rs=0.77, p<0.01	rs=0.62, p<0.01

В результаті було виявлено достовірний позитивний кореляційний зв'язок між більшістю досліджуваних показників у об'єднаній вибірці пацієнтів (без диференціації по групах).

Найбільш сильний позитивний кореляційний зв'язок серед показників післяопераційного відновлення було встановлено між часом до екстубації та часом до активізації пацієнтів ($r_s=0,77$; $p<0,01$). Це вказувало на взаємозалежність основних етапів раннього післяопераційного відновлення, де більш швидше відновлення спонтанного дихання та скорочення часу до екстубації асоціюється з ранньою функціональною активізацією пацієнтів.

Також, було встановлено достовірні позитивні кореляційні зв'язки між тривалістю штучної вентиляції легень та іншими показниками післяопераційного відновлення пацієнтів.

Тривалість ШВЛ прямо корелювала з часом до екстубації ($r_s=0,43$; $p<0,01$) та з часом до активізації ($r_s=0,61$; $p<0,01$), що свідчить про те, що етапи відновлення пацієнтів у післяопераційному періоді є взаємозалежні.

У об'єднаній вибірці були також виявлені статистично значущі прямі кореляції між параметрами раннього післяопераційного відновлення та дозами фентанілу і міорелаксантів, які були застосовані при проведенні анестезії.

Було встановлено, що тривалість штучної вентиляції легень прямо корелювала із загальною дозою фентанілу ($r_s=0,74$; $p<0,01$) та дозою міорелаксантів ($r_s=0,78$; $p<0,01$). Час до екстубації також мав прямий кореляційний зв'язок із загальною дозою фентанілу ($r_s=0,58$; $p<0,01$) та міорелаксантів ($r_s=0,48$; $p<0,01$) застосованими при проведенні анестезіологічного забезпечення. Аналогічні взаємозв'язки було визначено для часу до активізації пацієнтів, який прямо корелював із застосованою дозою фентанілу ($r_s=0,69$; $p<0,01$) та дозою міорелаксантів ($r_s=0,61$; $p<0,01$).

Найбільш сильний прямий кореляційний зв'язок було встановлено між загальними дозами фентанілу та міорелаксантів ($r_s=0,85$; $p<0,01$), що відображав тісний зв'язок між компонентами анестезіологічного супроводу.

При проведенні визначення кореляційних зв'язків окремо для кожної з груп досліджень було встановлено відмінності у структурі кореляційних зв'язків.

В групі пацієнтів із застосуванням інгалаційної анестезії севофлураном, були встановлені достовірні прямі кореляційні зв'язки: між тривалістю штучної вентиляції легень та часом до активізації ($r_s=0,59$; $p<0,01$), між тривалістю ШВЛ та загальною інтраопераційною дозою фентанілу ($r_s=0,70$; $p<0,01$), а також між тривалістю ШВЛ та загальною інтраопераційною дозою міорелаксантів ($r_s=0,90$; $p<0,01$). У пацієнтів цієї групи також встановлені достовірні прямі кореляції між часом до активізації та загальною дозою фентанілу ($r_s=0,40$; $p<0,01$), між часом до активізації та загальною дозою міорелаксантів ($r_s=0,61$; $p<0,01$), а також між загальними дозами фентанілу та міорелаксантів ($r_s=0,77$; $p<0,01$).

В групі пацієнтів, де методом вибору була тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом, кількість достовірних кореляційних зв'язків була меншою. Достовірні кореляційні зв'язки були встановлені між тривалістю штучної вентиляції легень та загальною дозою міорелаксантів ($r_s=0,36$; $p=0,03$), а також між загальними дозами фентанілу та міорелаксантів ($r_s=0,62$; $p<0,01$). Для інших досліджуваних показників не було виявлено достовірних кореляційних зв'язків.

Проведений кореляційний аналіз дозволив оцінити взаємозв'язки між основними показниками раннього післяопераційного відновлення та застосованою під час проведення анестезії дозою фентанілу та міорелаксантів.

У об'єднаній вибірці пацієнтів було встановлено достовірні позитивні кореляційні зв'язки між тривалістю штучної вентиляції легень, часом до екстубації, часом до активізації, а також загальними дозами фентанілу та міорелаксантів. Отримані результати свідчать про взаємозалежність основних

етапів післяопераційного відновлення та їх зв'язок із фармакологічним навантаженням під час анестезіологічного забезпечення оперативного втручання.

Особливої уваги заслуговує виявлений тісний кореляційний зв'язок між часом до екстубації та часом до активізації пацієнтів. Отримані дані підтверджують, що швидкість відновлення спонтанного дихання є одним із головних ранніх маркерів післяопераційного функціонального відновлення. Таким чином, рання екстубація може розцінюватись як значущий прогностичний фактор швидкості активізації пацієнтів у післяопераційному періоді.

Виявлені кореляції між тривалістю штучної вентиляції легень та сумарними дозами фентанілу і міорелаксантів також є клінічно логічними. Збільшення фармакологічного навантаження під час анестезіологічного забезпечення оперативного втручання може супроводжуватися більш тривалим відновленням спонтанного дихання та подовженням окремих етапів у ранньому післяопераційному періоді. Однак частина таких взаємозв'язків може бути обумовлена складністю або тривалістю хірургічного втручання, що також впливає як на обсяг анестезіологічного забезпечення, так і на швидкість післяопераційного відновлення.

Таким чином, в групі пацієнтів із застосуванням інгалаційної анестезії севофлураном було виявлено більшу кількість достовірних кореляцій між параметрами післяопераційного відновлення та загальними дозами фентанілу та міорелаксантів, які були застосовані під час проведення анестезії. Це може свідчити про більш закономірний характер взаємозв'язку між інтраопераційним фармакологічним навантаженням та перебігом раннього післяопераційного періоду. У групі тотальної внутрішньовенної анестезії пропофолом кількість достовірних кореляційних зв'язків була меншою, що, ймовірно, пов'язано як з індивідуальними особливостями відповіді на внутрішньовенні анестетики, так і зі зменшенням розміру вибірки для аналізу.

Загалом результати кореляційного аналізу узгоджуються з отриманими раніше даними щодо швидшого післяопераційного відновлення у пацієнтів, яким проводилась інгаляційна анестезія севофлураном. Виявлений взаємозв'язок між ранньою екстубацією та подальшою активізацією пацієнтів додатково підтверджує клінічне значення швидкого відновлення спонтанного дихання як одного з основних етапів післяопераційного відновлення.

5.3. Порівняльний аналіз структури післяопераційних ускладнень в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення

Структура післяопераційних ускладнень в роботизованій хірургії є специфічною та обумовлена особливостями проведенням оперативного втручання, зокрема з тривалим позиціонуванням пацієнта та пневмоперитонеумом.

Було проведено аналіз структури післяопераційних ускладнень у пацієнтів після робот-асистованих оперативних втручань залежно від варіанту анестезіологічного забезпечення (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Характеристика післяопераційних ускладнень в залежності від варіанту анестезіологічного забезпечення

Ускладнення	Усі пацієнти (n=81)	Група 1 (n=45)	Група 2 (n=36)	p
Нудота та блювота, n (%)	18 (22.2)	18 (40.0)	0 (0.0)	<0.01
Набряк рогівки, n (%)	10 (12.3)	4 (8.9)	6 (16.7)	0.29
Підшкірна емфізема, n (%)	5 (6.2)	3 (6.7)	2 (5.6)	0.84
Пролежні, n (%)	10 (12.3)	4 (8.9)	6 (16.7)	0.29
Плексит, n (%)	16 (19.8)	7 (15.6)	9 (25.0)	0.29

Аналіз загальної вибірки продемонстрував, що серед всіх пацієнтів найбільш частими ускладненнями був розвиток нудоти та блювоти — 18 випадків (22,2%), плексит — 16 випадків (19,8%), а також набряк рогівки та пролежні, які спостерігались у 10 пацієнтів (12,3%) відповідно. Також було зареєстровано розвиток підшкірної емфіземи у 5 пацієнтів (6,2%).

При проведенні міжгрупового порівняльного аналізу було встановлено, що в групі пацієнтів із застосуванням інгаляційної анестезії розвиток нудоти та блювоти був достовірно частіше, ніж у групі пацієнтів з тотальною внутрішньовенною анестезією пропофолом, де випадки нудоти та блювоти не були зареєстровані (40,0% проти 0,0% відповідно; $p < 0,01$).

Частота розвитку набряку рогівки становила 8,9% в 1-й групі та 16,7% в 2-й групі пацієнтів ($p = 0,29$), підшкірна емфізема спостерігалась у 6,7% пацієнтів групи 1 та у 5,6% пацієнтів групи 2 ($p = 0,84$), пролежні - у 8,9% та 16,7% пацієнтів відповідно ($p = 0,29$), розвиток плекситу мав місце у 15,6% пацієнтів 1-ї групи та у 25,0% у 2-ї групи ($p = 0,29$), однак виявлена різниця не мала достовірного характеру.

Таким чином, єдиним ускладненням, частота якого достовірно відрізнялась між групами, була нудота та блювота. Також була визначена тенденція до підвищення рівня таких ускладнень як розвиток плекситу, пролежнів та набряку рогівку в групі пацієнтів із ТВВА пропофолом.

Аналіз структури післяопераційних ускладнень роботизованих хірургічних втручань виявив, що більшість ускладнень виникали з подібною частотою незалежно від варіанту анестезіологічного супроводу. Виникнення таких ускладнень, як набряк рогівки, підшкірна емфізема, пролежні та плексит, пов'язано з особливостями хірургічної техніки тривалих роботизованих

операцій, зокрема необхідністю тривалого перебування пацієнта у положенні Тренделенбурга та впливом пневмоперитонеуму.

Разом з тим було виявлено суттєву відмінність у частоті розвитку післяопераційної нудоти та блювоти. У пацієнтів, яким проводилась інгаляційна анестезія севофлураном, ці симптоми спостерігались достовірно частіше, тоді як у групі тотальної внутрішньовенної анестезії пропофолом випадків нудоти та блювоти зареєстровано не було. Отримані результати узгоджуються з сучасними уявленнями про антиеметичні властивості пропофолу, який здатний знижувати ризик розвитку післяопераційної нудоти та блювоти.

Разом з тим, незважаючи на більшу частоту нудоти та блювоти у 1-й групі, інші показники перебігу післяопераційного періоду не демонстрували погіршення клінічного стану пацієнтів. Навпаки використання севофлурану асоціювалось із більш швидким відновленням свідомості, ранньою екстубацією та швидшою активізацією пацієнтів. Це дозволяє розглядати післяопераційну нудоту та блювоту як один із небагатьох небажаних ефектів інгаляційної анестезії, який може бути ефективно контрольований за допомогою сучасних фармакологічних засобів.

Таким чином, результати аналізу структури післяопераційних ускладнень свідчать, що вибір варіанту анестезії при робот-асистованих оперативних втручаннях не впливає на більшість післяопераційних ускладнень, однак може визначати ризик розвитку післяопераційної нудоти та блювоти.

Висновок за розділом.

Найбільш значимі міжгрупові відмінності встановлені при оцінці показників раннього післяопераційного відновлення. У пацієнтів, яким проводилась інгаляційна анестезія севофлураном, час до екстубації був достовірно коротшим — 6 хв. [5;7] проти 18 хв. [16;19] у групі пропофолу

($p < 0,01$), що свідчить про більш швидке відновлення свідомості та спонтанного дихання. Час до активізації також був меншим — 10 год. [9;10] проти 12,5 год. [12;14] відповідно ($p < 0,01$).

Це супроводжувалося скороченням тривалості перебування у відділенні інтенсивної терапії (18 год. [16;19] проти 20,5 год. [19,8;22]; $p < 0,01$) та зменшенням тривалості госпіталізації (7 днів [7;7] проти 8 днів [8;9]; $p < 0,01$), що вказує на більш швидке відновлення пацієнтів при застосуванні інгаляційної анестезії.

Проведений кореляційний аналіз показав, що основні етапи післяопераційного відновлення є взаємопов'язаними: встановлено сильний кореляційний зв'язок між часом до екстубації та активізації ($r_s = 0,77$; $p < 0,01$), а також між тривалістю штучної вентиляції легень і дозами фентанілу ($r_s = 0,74$; $p < 0,01$) та міорелаксантів ($r_s = 0,78$; $p < 0,01$), що підкреслює вплив інтраопераційного фармакологічного навантаження на швидкість відновлення.

Аналіз структури післяопераційних ускладнень показав, що більшість із них не залежали від варіанту анестезії, однак частота післяопераційної нудоти та блювоти була достовірно вищою у групі інгаляційної анестезії (40,0% проти 0%; $p < 0,01$), що відповідає відомим фармакологічним властивостям препаратів.

Отже, інгаляційна анестезія севофлураном забезпечує більш швидке післяопераційне відновлення, ранню активізацію та скорочення тривалості госпіталізації, незважаючи на більшу частоту післяопераційної нудоти та блювоти, тоді як тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом характеризується більш повільним відновленням, але кращим профілем щодо профілактики ПОТР.

Дані, наведені у розділі, опубліковані у наступних роботах:

1. Волков ОО, Луценко ВВ, Пліс МО, Павленко МВ, Кріштафор ДА. Порівняння ТАР-блоку та епідуральної аналгезії в післяопераційному знеболенні при роботизованій радикальній простатектомії. Медичні перспективи. 2023;(2):76-84. doi:10.26641/2307-0404.2023.2.283258
2. Пліс МО, Царьов ОВ. Анестезіологічні виклики у роботизованій хірургії. Вісник проблем біології і медицини. 2025;3(178):88-96. doi:10.29254/2077-4214-2025-3-178-88-96
3. Пліс МО, Царьов ОВ. Швидкість післяопераційного відновлення після робот-асистованих хірургічних втручань в залежності від варіанту анестезії. Медицина невідкладних станів. 2026;3:21-26. doi:10.22141/2224-0586.22.3.2026.2003
4. Plis MO, Tsarev AV. Structure of intraoperative and postoperative complications in robot-assisted surgical interventions depending on the type of anesthetic management. Science and education: synergy of innovation. Proceedings of the 7th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Berlin, Germany. 2026. Pp. 70-72.
5. Plis MO, Tsarev AV. Features of the interrelationships of perioperative parameters during robotic surgical interventions depending on the type of anesthesia. Innovations of modern science and education. Proceedings of the 6th International scientific and practical conference. Perfect Publishing. Vancouver, Canada. 2026. Pp. 59-61.

РОЗДІЛ 6

УЗАГАЛЬНЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Роботизована хірургія є найбільш технологічнішим та перспективнішим напрямком сучасної хірургії. Вона є результатом еволюції та розвитку малоінвазивних методик, що змінили класичні хірургічні підходи. Завдяки впровадженню робот-асистованих методик вдалося значно зменшити обсяг операційної рани, мінімізувати об'єм крововтрати, поліпшити інтенсивність післяопераційного болю, прискорити одуження та скоротити тривалість перебування у стаціонарі. Окрім того роботизовані системи значно розширили технічні можливості для хірургів тому що операційне поле має високоякісну тривимірну візуалізацію, збільшений об'єм рухів, підвищену точність дисекції, усунення впливу тремору рук та можливість виконати оперативне втручання пацієнтам, що раніше розглядались як неоперабельні.

Разом з тим з точки зору анестезіологічного забезпечення роботизована хірургія формує низку викликів для анестезіолога. Насамперед це пов'язано з тривалим перебуванням пацієнта у антифізіологічних положеннях, таких як положення Тренделенбурга та анти-Тренделенбурга, тривалим пневмоперитонеумом та обмеженим доступом до пацієнта після етапу докінгу. Одночасний вплив цих факторів створює передумови для розвитку гемодинамічних, респіраторних та метаболічних змін та обумовлює необхідність ретельної підготовки та моніторингу.

У передопераційному періоді важливо проводити ретельний відбір для визначення пацієнтів здатних переносити круте положення на операційному столі та тривале підвищення внутрішньочеревного тиску. Особливої уваги потребують пацієнти з тяжкими супутніми серцево-судинними захворюваннями, хворобами легень та ожирінням.

Інтраопераційні зміни включають у себе підвищення внутрішньочеревного та внутрішньоочного тиску, порушення вентиляційно-перфузійних співвідношень та комплаєнсу легень, підвищений ризик розвитку гіперкапнії та ацидозу, окрім того змінюються параметри системної гемодинаміки.

Питання вибору оптимального методу анестезіологічного забезпечення під час роботизованих оперативних втручань надалі залишається дискусійним, тому що кожен з використаних методів (тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом та інгаляційна анестезія севофлураном) мають свої переваги та недоліки. Вибір методу повинен бути обраний на основі балансу між потенційними перевагами та ризиками для конкретного пацієнта з урахуванням його коморбідного стану.

Через обмежений доступ до пацієнта необхідно заздалегідь забезпечити надійний судинний доступ з використанням декількох периферичних катетрів, налагодити весь необхідний об'єм моніторингу.

Важливою складовою під час робот-асистованих оперативних втручань є оцінка стрес-відповіді організму на оперативне втручання. Розвиток гіперглікемії, інсулінорезистентності, активація симпатичної інервації та гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи є основними маркерами для оцінки оперативного стресу. Відповідно до деяких досліджень, можна припустити, що обраний метод анестезії впливає на інтенсивність стрес-відповіді, одна однозначного консенсусу з приводу цього не має.

Роботизована хірургія асоційована з швидким післяопераційним відновленням. З анестезіологічної точки зору на це впливають мультимодальне знеболення, опіоїд-лімітуючі підходи, застосування регіонарних технік, рання активізація, адекватна інфузійна терапія та дотримання принципів ERAS.

Таким чином роботизована хірургія є технічною вершиною сучасної хірургії з численними перевагами, однак визначення найбільш оптимального

варіанту анестезіологічного супроводу залишається одним з найбільш важливих клінічних завдань.

Дане дослідження спрямоване на підвищення ефективності та безпечності анестезіологічного забезпечення роботизованих хірургічних втручань шляхом вибору найбільш оптимальних варіантів загального знеболення на підставі вивчення показників керованості анестезії, оцінки стрес-відповіді та швидкості післяопераційного відновлення.

Дисертація виконана на кафедрі анестезіології, інтенсивної терапії та медицини невідкладних станів ФПО Дніпровського державного медичного університету у місті Дніпро. Обстеження та відбір пацієнтів проводились у період 2022-2024 рр. на базі ТОВ «ЕКО ДНІПРО» клініка Medical Plaza, м. Дніпро. Перед участю у дослідженні від усіх учасників або їх офіційних представників отримано інформовану згоду на участь у дослідженні та обробку отриманих даних. Відбір пацієнтів проводився відповідно до попередньовизначених критеріїв включення та виключення.

Критерії включення в дослідження

- вік пацієнта ≥ 18 років;
- планове робот-асистоване оперативне втручання;
- клас анестезіологічного ризику за шкалою ASA I–III;
- наявність інформованої згоди на участь у дослідженні

Критеріями виключення з дослідження:

- вік ≤ 18 років;
- хронічні захворювання у стадії декомпенсації;
- оперативні втручання без використання роботизованої хірургічної системи;
- вагітність;
- відмова пацієнта від участі у дослідженні.

Розроблений дизайн дослідження включав у себе п'ять етапів. На першому етапі проводилось вивчення наукової літератури відповідно до обраної тематики та визначалась необхідна кількість учасників дослідження. На другому етапі відбувався відбір пацієнтів та розподіл їх на визначені групи дослідження, проводилась передопераційна підготовка та діагностика. На третьому етапі відбувалось проведення робот-асистованого роботизованого оперативного втручання з застосуванням обраних анестезіологічних стратегій. Четвертий етап включав в себе проведення післяопераційної оцінки визначених показників та спостереження в динаміці. На п'ятому етапі проводилась статистична обробка та аналіз отриманих результатів.

Всі дослідження виконані в рамках даної роботи, схвалено комісією з питань біомедичної етики Дніпровського державного медичного університету, відповідають сучасним біоетичним принципам представленим у Гельсінській декларації «Етичні принципи медичних досліджень за участю людей» та Загальній декларації про біоетику і права людини (ЮНЕСКО).

В дослідження було залучено 81 пацієнта, які були розподілені на 2 групи. Перша група включала 45 пацієнтів яким проводилась інгалаційна анестезія севофлураном у поєднанні з епідуральною анестезією. Друга група включала 36 пацієнтів - тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом у поєднанні з епідуральною анестезією лонгаканом.

Серед обстежених пацієнтів першої групи було 37 чоловіків (82,2%) та 8 жінок (17,8%). Середній вік пацієнтів у групі становив 63,0 роки [60,0; 65,0]. Медіана індексу маси тіла складала 29,0 кг/м² [28,0; 31,0]. Середній показник оцінки фізичного статусу з шкалою ASA – 3,0 [2,0;3,0].

Серед обстежених пацієнтів другої групи було 33 чоловіки (91,7%) та 3 жінок (8,3%). Середній вік пацієнтів у групі становив 60,0 років [55,8; 65,2].

Медіана індексу маси тіла складала 29,0 кг/м² [28,0; 30,0]. Середній показник оцінки фізичного статусу з шкалою ASA – 3,0 [2,0; 3,0].

Усі пацієнти у передопераційному періоді оцінювались за шкалою ASA та всі проводився розрахунок індексу маси тіла. Інтраопераційно усім проводився моніторинг, що включав у себе неінвазивне визначення артеріального тиску, частоти серцевих скорочень, ЕКГ, показників температури тіла, SpO₂, EtCO₂ за допомогою монітора Nihon Kohden, глибини анестезії за допомогою BIS монітору, оцінку нервово м'язової блокади за допомогою TOF монітору.

Штучна вентиляція легень в обох групах та інгаляційна анестезія у групі 1 здійснювались за допомогою експертного наркозно-дихального апарату Dräger PRIMUS з системою моніторингу газів.

Лабораторно у всіх пацієнтів оцінювався загальний аналіз крові, біохімічні показники, маркери стресу (глюкоза, кортизол). Всі лабораторні дослідження проводились до, після, через 24 та 48 годин після оперативного втручання.

У післяопераційному періоді всі пацієнти оцінювались за візуально аналоговою шкалою болю.

Порівняльний аналіз інтраопераційних показників у пацієнтів під час роботизованих хірургічних втручань продемонстрував ефективність обох варіантів анестезіологічного забезпечення у досягненні достатнього рівня анестезії, контролю гемодинаміки та оксигенації. Проте були визначені достовірні відмінності, що демонструють особливості ТВВА та інгаляційної анестезії у цій категорії пацієнтів.

Оцінка біспектрального індексу показала, що обидва методи дозволяють забезпечити достатній рівень глибини анестезії. В інтраопераційному періоді рівень BIS становив 41,0 ум. од. в кожній групі (p=0,98). Однак на завершальних етапах операції біспектральний індекс у групі 1 був 54,0 ум. од. [53,0; 56,0] в той час як у групі 2 - 48,0 ум. од. [47,8; 50,0] (p<0,01), що вказує на більш швидше

відновлення свідомості та кращу керованість при застосуванні інгаляційної анестезії.

Зміни рівня кінцево-видихуваного CO_2 залежали від етапу оперативного втручання. На етапі індукції анестезії рівень EtCO_2 у групі 1 становив 41,0 мм рт. ст. [39,0; 43,0], у групі 2 – 43,0 мм рт. ст. [40,0; 45,0] ($p>0,05$). Напочатку операції спостерігалось підвищення рівня EtCO_2 в обох групах: у групі 1 – до 46,0 мм рт. ст. [44,0; 48,0], у групі 2 – до 48,0 мм рт. ст. [44,0; 50,0] ($p>0,05$). Надалі відзначалося поступове зниження рівня EtCO_2 , і наприкінці операції цей показник у групі 1 становив 38,0 мм рт. ст. [36,0; 42,0], у групі 2 – 40,0 мм рт. ст. [37,0; 43,0] ($p>0,05$). Проте виявлені міжгрупові зміни рівня кінцево-видихуваного CO_2 на різних етапах оперативного втручання не виходили за межі фізіологічних значень та ефективно коригувалися шляхом адекватної вентиляційної підтримки.

Рівень SpO_2 в обох групах коливався в межах фізіологічної норми, що пов'язано з дотриманням сучасних протоколів анестезіологічного забезпечення.

Порівняльний аналіз температури тіла показав відсутність клінічно значущих відмінностей між методами анестезії, незважаючи на коливання на окремих етапах операції ($p<0,01$).

При проведенні порівняльної оцінки гемодинамічних показників встановлені найбільші розбіжності між групами. Напочатку операції систолічний артеріальний тиск становив 140,0 мм рт. ст. [140,0; 150,0] в обох групах ($p=0,45$), що вказує на порівнянність груп. Інтраопераційно у групі 1 систолічний тиск був достовірно вищим — 100,0 мм рт. ст. [95,0; 100,0] проти 90,0 мм рт. ст. [85,0; 90,0] у групі 2 ($p<0,01$). На етапі гемостазу різниця була ще більш вираженою: 130,0 мм рт. ст. [120,0; 130,0] проти 105,0 мм рт. ст. [100,0; 110,0] відповідно ($p<0,01$).

Подібна динаміка була визначена для змін середнього артеріального тиску та частоти серцевих скорочень. На етапі гемостазу середній артеріальний тиск становив 96,7 мм рт. ст. [93,3; 100,0] у групі 1 та 82,5 мм рт. ст. [79,6; 85,0] у групі 2 ($p < 0,01$). Частота серцевих скорочень на цьому етапі становила 78,0 уд/хв [75,0; 80,0] у групі 1 та 69,0 уд/хв [67,0; 70,0] у групі 2 ($p < 0,01$).

За результатами аналізу змішаних лінійних моделей визначено, що тип анестезії має вплив на гемодинамічний профіль пацієнтів. У групі 2 систолічний артеріальний тиск був нижчим на 13,75 мм рт. ст., середній артеріальний тиск — на 6,73 мм рт. ст., а частота серцевих скорочень — на 8,17 уд/хв. Встановлено, що тривалість оперативного втручання не мала достовірного впливу на показники системної гемодинаміки.

Таким чином, обидва застосованих варіанти анестезіологічного забезпечення є ефективними стратегіями під час проведення роботизованих оперативних втручань. Однак, необхідно підкреслити, що інгаляційна анестезія севофлураном пов'язана з більш прогнозованою та керованою глибиною анестезії та стабільнішим гемодинамічним профілем.

При проведенні порівняльної оцінки лабораторних показників визначено, що обидві обрані анестезіологічні стратегії мають типові транзиторні післяопераційні зміни однак їх тривалість залежала від методу анестезії.

На показники загального аналізу крові, зокрема рівень гемоглобіну, гематокриту, еритроцитів, лейкоцитів та тромбоцитів клінічно значущого впливу методу анестезії встановлено не було. Усі показники окрім еритроцитів не мали достовірних відмінностей між групами на жодному з етапів дослідження ($p > 0,05$).

При порівняльному аналізі біохімічних показників виявлено зниження загального білку в обох групах дослідження: у групі 1 після операції та через 48 годин він становив 64,0 г/л [62,0; 66,0] та 60,0 г/л [59,0; 61,0] відповідно, а у групі

2 - 65,0 г/л [62,0; 67,0] та 59,0 г/л [56,8; 62,0]. Виявлені зміни рівня альбуміну демонстрували, що через 24 години у групі 1 він становив 40,0 г/л [38,0;41,0], у групі 2 - 38,0 г/л [37,0; 40,0] ($p<0,01$), проте через 48 годин показники вирівнювалися і становили 40,0 г/л [39,0; 41,0] в обох групах ($p=0,43$). Подібні транзиторні зміни були встановлені і для рівня загального білірубіну.

При оцінюванні ферментного обміну виявлено стабільно вищі значення АЛТ, яка у групі 1 до операції становила - 29,0 Од/л [25,0; 31,0], у групі 2 - 23,0 Од/л [22,0; 24,2] ($p<0,01$), через 48 годин — 28,0 Од/л [25,0; 30,0] проти 23,5 Од/л [22,0; 26,0] відповідно ($p<0,01$). Рівень АСТ до операції у групі 1 — 36,0 Од/л [31,0; 39,0] у групі 2 - 32,0 Од/л [29,0; 36,0] ($p=0,03$), а через 48 годин — 40,0 Од/л [36,0; 42,0] проти 34,0 Од/л [30,0; 37,0] ($p<0,01$) відповідно. Проте, всі виявлені зміни були в межах референтних значень.

Оцінка ниркового показала, що рівень сечовини у групі 2 був вище на всіх етапах дослідження ($p<0,01$). Рівень креатинін через 24 години був вищим у групі 2 — 101,0 мкмоль/л [96,8; 111,2] в той час як у групі 1 - 93,0 мкмоль/л [84,0; 98,0] ($p<0,01$), а через 48 годин — 96,5 мкмоль/л [90,8; 102,5] та 85,0 мкмоль/л [78,0; 94,0] відповідно ($p<0,01$).

Проведена оцінка маркерів стресу показала достовірні переваги інгаляційної анестезії севофлураном. До операції рівень глюкози в обох групах становив — 7,0 ммоль/л [5,0; 9,0] ($p=0,88$). Після операції у групі 1 він становив 7,0 ммоль/л [5,0; 8,0], у групі 2 — 10,0 ммоль/л [9,0; 12,0] ($p<0,01$). Через 24 години рівень глюкози становив 7,0 ммоль/л [6,0; 8,0] у групі 1 та 9,0 ммоль/л [8,0; 10,0] у групі 2 ($p<0,01$), а через 48 годин — 5,0 ммоль/л [5,0; 7,0] та 8,0 ммоль/л [7,0; 9,0] відповідно ($p<0,01$). За рівнем кортизолу до операції групи були зіставні. Після оперативного втручання кортизол був достовірно нижчим у групі 1 — 329,0 нмоль/л [258,0; 380,0] проти 383,5 нмоль/л [330,8; 437,8] у групі 2 ($p<0,01$). Через 24 години у групі 1 рівень кортизолу становив 350,0 нмоль/л

[269,0; 380,0] у групі 2 - 339,5 нмоль/л [305,8; 397,2] ($p=0,19$), через 48 годин — 329,0 нмоль/л [294,0; 395,0] та 314,5 нмоль/л [283,0; 375,2] відповідно ($p=0,48$).

При проведенні кореляційного аналізу встановлено, що у загальній вибірці прямі кореляційні зв'язки є між рівнями глюкози та кортизолу на різних етапах дослідження, а також зв'язок між рівнем кортизолу після операції та інтенсивністю болю через 48 годин. У групі 1 кількість і вираженість кореляційних зв'язків у подальші часові періоди були менш вираженими, тоді як у групі 2 зберігалася більша кількість сильних взаємозв'язків між показниками глюкози та кортизолу.

Таким чином, застосування тотальної внутрішньовенної анестезії пропофолом супроводжувалось вираженішими транзиторними змінами біохімічних показників та вищим рівнем стрес-відповіді на оперативне втручання, в той час як інгаляційна анестезія севофлураном характеризувалась більш стабільними лабораторними показниками, менш інтенсивною стрес-відповіддю та швидшою стабілізацією у післяопераційному періоді.

Оцінка швидкості післяопераційного відновлення показала, що вибір анестезіологічного забезпечення має суттєвий вплив на ці параметри.

В післяопераційному періоді інтенсивність болю залишалась низькою на всіх етапах дослідження. Найбільша різниця за ВАШ відзначена через 12-72 години після оперативного втручання. У групі 1 інтенсивність болю була 1,0 бал [1,0; 2,0] та 0,0 балів [0,0; 1,0], а у групі 2 - 2,0 бали [2,0; 2,0] та 1,0 бал [1,0; 2,0] відповідно ($p<0,01$). Однак, рівень болю не перевищував 2 бали, що відповідає слабкому больовому синдрому.

Аналіз швидкості післяопераційного відновлення виявив більш сприятливу динаміку у групі, де методом вибору була інгаляційна анестезія севофлураном. Час до екстубації у групі 1 становив 12 хв. [10; 14], тоді як у пацієнтів 2 групи - 24 хв. [22; 27] ($p<0,01$). Час до активізації також був достовірно меншим у групі

1 — 10 год [9; 10] проти 12,5 год [12; 14] у групі 2 ($p < 0,01$). Тривалість перебування у ВАІТ у групі 1 становила 18 год [16; 19], у групі 2 — 20,5 год [19,8; 22] ($p < 0,01$). Загальна тривалість госпіталізації також була меншою при застосуванні інгалаційної анестезії: 7 днів [7; 7] у групі 1 проти 8 днів [8; 9] у групі 2 ($p < 0,01$). Отримані дані вказують на швидше пробудження, активізацію та скорочення тривалості госпіталізації у групі з застосуванням інгалаційної анестезії.

Кореляційний аналіз підтвердив взаємозв'язок між інтраопераційними факторами та раннім післяопераційним відновленням. У загальній вибірці встановлено сильний прямий зв'язок між часом до екстубації та часом до активізації ($r_s = 0,77$; $p < 0,01$). Тривалість ШВЛ прямо корелювала з часом до екстубації ($r_s = 0,43$; $p < 0,01$), часом до активізації ($r_s = 0,61$; $p < 0,01$), загальною дозою фентанілу ($r_s = 0,74$; $p < 0,01$) та дозою міорелаксантів ($r_s = 0,78$; $p < 0,01$).

Окрім того виявлені прямі кореляції між часом до екстубації та дозою фентанілу ($r_s = 0,58$; $p < 0,01$), часом до екстубації та дозою міорелаксантів ($r_s = 0,48$; $p < 0,01$), часом до активізації та дозою фентанілу ($r_s = 0,69$; $p < 0,01$), а також часом до активізації та дозою міорелаксантів ($r_s = 0,61$; $p < 0,01$). Найсильніший зв'язок виявлено між загальними дозами фентанілу та міорелаксантів ($r_s = 0,85$; $p < 0,01$), що відображає взаємозалежність компонентів анестезіологічного супроводу.

У групі севофлурану кількість достовірних кореляцій була більшою. Зокрема, тривалість ШВЛ корелювала з часом до активізації ($r_s = 0,59$; $p < 0,01$), дозою фентанілу ($r_s = 0,70$; $p < 0,01$) та дозою міорелаксантів ($r_s = 0,90$; $p < 0,01$). Час до активізації корелював із дозою фентанілу ($r_s = 0,40$; $p < 0,01$) і міорелаксантів ($r_s = 0,61$; $p < 0,01$). У групі пропофолу достовірні зв'язки були встановлені лише між тривалістю ШВЛ і дозою міорелаксантів ($r_s = 0,36$; $p = 0,03$), а також між дозами фентанілу та міорелаксантів ($r_s = 0,62$; $p < 0,01$).

Аналіз структури після операційних ускладнень виявив, що серед ускладнень найчастіше спостерігалися нудота та блювота — 18 випадків (22,2%), плексит — 16 випадків (19,8%), набряк рогівки та пролежні — по 10 випадків (12,3%), підшкірна емфізема — 5 випадків (6,2%). Єдиним ускладненням із достовірною міжгруповою різницею були післяопераційна нудота та блювота: у групі 1 - 18 пацієнтів (40,0%), тоді як у групі 2 — 0 випадків (0,0%) ($p < 0,01$).

Таким чином, інгаляційна анестезія севофлураном асоціювалася з нижчими показниками болю у період 12–72 години після операції, швидшою екстубацією, ранньою активізацією, коротшою тривалістю госпіталізації. Водночас у цій групі пацієнтів була вища частота післяопераційної нудоти та блювоти. Отримані результати свідчать, що севофлуран забезпечує швидший і більш прогнозований перебіг післяопераційного відновлення, тоді як пропофол має перевагу щодо профілактики післяопераційної нудоти та блювоти.

Висновок за розділом. Проведене дослідження продемонструвало, що обидва застосованих варіанти анестезіологічного супроводу роботизованих оперативних втручань є безпечними та ефективними.

Однак інгаляційна анестезія севофлураном мала низку переваг: вищий показник біспектрального індексу на етапі завершення оперативного втручання — 54,0 ум. од. проти 48,0 ум. од. ($p < 0,01$), стабільніший гемодинамічний профіль, нижчий рівень післяопераційної гіперглікемії — 7,0 ммоль/л проти 10,0 ммоль/л ($p < 0,01$), нижчий рівень кортизолу після операції — 329,0 нмоль/л проти 383,5 нмоль/л ($p < 0,01$), швидша екстубація — 6 хв проти 18 хв ($p < 0,01$), рання активізація — 10 год проти 12,5 год ($p < 0,01$), коротший період перебування у ВАІТ — 18 год проти 20,5 год ($p < 0,01$) та меншу тривалість госпіталізації — 7 днів проти 8 днів ($p < 0,01$).

Тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом мала перевагу щодо профілактики післяопераційної нудоти та блювоти: 0,0% випадків проти 40,0% у групі севофлурану ($p < 0,01$).

Отже, інгаляційна анестезія севофлураном у поєднанні з епідуральною анестезією може розглядатися як більш оптимальний варіант для робот-асистованих втручань, оскільки забезпечує швидше та більш прогнозоване післяопераційне відновлення. Водночас її застосування потребує обов'язкової профілактики післяопераційної нудоти та блювоти.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота дозволяє зробити узагальнені висновки, які висвітлюють вирішення основної мети роботи - підвищення ефективності та безпечності анестезіологічного забезпечення роботизованих хірургічних втручань шляхом вибору найбільш оптимальних варіантів загального знеболення на підставі вивчення показників гомеостазу, глибини анестезії, оцінки стрес-відповіді, інтенсивності післяопераційного болю та швидкості післяопераційного відновлення пацієнтів:

1. Обидва варіанти анестезіологічного забезпечення — інгалаційна анестезія севофлураном та тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом — забезпечували достатню глибину анестезії під час робот-асистованих оперативних втручань. Інтраопераційні значення біспектрального індексу були зіставними: у групі 1 він становив 41,0 ум. од. [40,0; 41,0], у групі 2 — 41,0 ум. од. [40,0; 42,0] ($p=0,98$). При застосуванні севофлурану швидше досягався необхідний рівень анестезії вже на етапі індукції (44,0 ум. од. [41,0; 45,0] проти 45,5 ум. од. [44,0; 46,2]; $p=0,02$), а також відзначалося більш швидке пробудження після операції (на етапі кінця операції у групі 1 - 54,0 ум. од. [53,0; 56,0] проти 48,0 ум. од. [47,8; 50,0] у групі 2), що вказує на кращу керованість анестезії при застосуванні севофлурану ($p<0,01$).

2. Зміни рівня кінцево-видихуваного CO_2 залежали від етапу оперативного втручання. На етапі індукції анестезії рівень EtCO_2 у групі 1 становив 41,0 мм рт. ст. [39,0; 43,0], у групі 2 – 43,0 мм рт. ст. [40,0; 45,0] ($p>0,05$). Напочатку операції спостерігалось підвищення рівня EtCO_2 в обох групах: у групі 1 – до 46,0 мм рт. ст. [44,0; 48,0], у групі 2 – до 48,0 мм рт. ст. [44,0; 50,0] ($p>0,05$). Надалі відзначалося поступове зниження рівня EtCO_2 , і наприкінці операції цей показник у групі 1 становив 38,0 мм рт. ст. [36,0; 42,0], у групі 2 – 40,0 мм рт. ст.

[37,0; 43,0] ($p>0,05$). Проте виявлені міжгрупові зміни рівня кінцево-видихуваного CO_2 на різних етапах оперативного втручання не виходили за межі фізіологічних значень та ефективно коригувалися шляхом адекватної респіраторної підтримки. Водночас інгаляційна анестезія севофлураном забезпечувала більш стабільний гемодинамічний профіль: на 3 годині операційного періоду: АТсист. у групі 1 становив 100,0 мм рт. ст. [95,0;100,0] проти 90,0 мм рт. ст. [85,0;90,0] у групі 2, а САТ — 75,0 мм рт. ст. [73,3;76,7] проти 70,0 мм рт. ст. [70,0;73,3] відповідно ($p<0,01$). Подібна тенденція зберігалась під час завершення роботичного етапу та на етапі ушивання місць встановлення портів: у групі 1 медіана АТсист. дорівнювала 105,0–110,0 мм рт. ст., тоді як у групі 2 — 95,0 мм рт. ст. ($p<0,01$). В кінці операції також зберігалися статистично значущі міжгрупові відмінності, які свідчили про кращу гемодинамічну стабільність при застосуванні севофлурану: АТсист. становив 100 мм рт. ст. [95;100] проти 90 мм рт. ст. [85;90], а середній артеріальний тиск — 75 мм рт. ст. [73,3;76,7] проти 70 мм рт. ст. [70;73,3] у групі пропофолу ($p<0,01$).

3. Обидва застосованих варіанти анестезіологічного забезпечення супроводжувалися змінами показників загально-клінічного та біохімічного аналізу крові, які мали типову післяопераційну динаміку та не виходили за межі клінічно значущих показників. Виявлені зміни загально-клінічного аналізу крові були обумовлені інтраопераційною крововтратою та проведенням інфузійної терапії. Зміни біохімічного аналізу крові мали транзиторний характер і були обумовлені впливом оперативного втручання. Зокрема, у післяопераційному періоді в обох групах спостерігалось зниження рівня загального білка до 64,0 г/л [62,0;66,0] у групі 1 та 65,0 г/л [62,0;67,0] у групі 2 ($p=0,49$), а через 24 години після операції рівень альбуміну становив 40,0 г/л [38,0;41,0] у групі 1 проти 38,0 г/л [37,0;40,0] у групі 2 ($p<0,01$). У групі 2 визначались більш виражені зміни показників печінкового та ниркового комплексів: рівень загального білірубину

через 24 години після операції становив 13,5 мкмоль/л [12,0;14,0] проти 10,0 мкмоль/л [9,0;11,0] у групі 1 ($p<0,01$), креатиніну — 101,0 мкмоль/л [96,8;111,2] проти 93,0 мкмоль/л [84,0;98,0] відповідно ($p<0,01$). Більшість показників нормалізувалися у ранньому післяопераційному періоді, що свідчить про відсутність суттєвого негативного впливу досліджуваних варіантів анестезії на метаболічний гомеостаз.

4. Інгаляційна анестезія севофлураном супроводжувалася менш вираженою стрес-відповіддю організму, що проявлялося нижчим рівнем глікемії та кортизолу у порівнянні з групою пацієнтів де застосовувалась анестезія пропофолом. Після оперативного втручання рівень глюкози в групі із севофлураном становив 7,0 ммоль/л [5,0;8,0] проти 10,0 ммоль/л [9,0;12,0] у групі із застосуванням тотальної внутрішньовенної анестезії пропофолом, рівень кортизолу — 329,0 нмоль/л [258,0;380,0] проти 383,5 нмоль/л [330,8;437,8] відповідно ($p<0,01$). При цьому у пацієнтів із застосуванням севофлурану відзначалася більш швидка нормалізація зазначених показників, що свідчить про більш контрольований характер нейроендокринної відповіді при застосуванні цього виду анестезії. Інтенсивність післяопераційного болю в обох групах залишалася низькою (≤ 2 балів за ВАШ), що було обумовлено застосуванням епідуральної аналгезії бупівакаїном. Проте у групі пропофолу рівень болю був достовірно вищим у період 12–72 годин: через 12 та 24 години медіанне значення ВАШ становило 2 бали [2,0;2,0] та 2 бали [1,0;2,0] проти 1 бала [1,0;2,0] у групі севофлурану ($p<0,01$). Через 48 та 72 години у групі севофлурану рівень болю знижувався до 1 бала [0,0;1,0] та 0 балів [0,0;1,0], тоді як у групі пропофолу — до 1,5 бала [1,0;2,0] та 1 бала [1,0;2,0] відповідно ($p<0,01$).

5. Інгаляційна анестезія севофлураном забезпечує більш швидке післяопераційне відновлення у порівнянні із застосуванням пропофолу: час до екстубації становив 12 хв. [10;14] проти 24 хв. [22;27], час до активізації — 10

год. [9;10] проти 12,5 год. [12;14], тривалість перебування у відділенні інтенсивної терапії — 18 год. [16;19] проти 20,5 год. [19,8;22], а тривалість госпіталізації — 7 діб [7;7] проти 8 діб [8;9] відповідно ($p<0,01$).

6. В структурі післяопераційних ускладнень було виявлено розвиток набряку рогівки у 8,9% пацієнтів 1-ї групи та у 16,7% 2-ї групи ($p=0,29$), підшкірна емфізема у 6,7% та у 5,6% відповідно ($p=0,84$), пролежні - у 8,9% та 16,7% відповідно ($p=0,29$), розвиток плекситу - у 15,6% та у 25,0% відповідно ($p=0,29$). Частота більшості післяопераційних ускладнень не залежала від варіанту анестезії, однак післяопераційна нудота та блювання достовірно частіше виникали при інгаляційній анестезії (40,0% проти 0%; $p<0,01$).

7. При проведенні порівняльного аналізу різних варіантів періопераційного знеболення встановлено, що інгаляційна анестезія севофлураном з епідуральною аналгезією у післяопераційному періоді є оптимальним варіантом анестезіологічного забезпечення робот-асистованих оперативних втручань, оскільки забезпечує швидке відновлення пацієнтів та більш сприятливий перебіг післяопераційного періоду.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. При проведенні робот-асистованих оперативних втручань доцільно віддавати перевагу інгаляційній анестезії севофлураном, оскільки вона забезпечує кращу керованість глибиною анестезії, більш стабільний гемодинамічний профіль та сприяє швидшому післяопераційному відновленню пацієнтів.
2. У зв'язку з необхідністю використання подовженого дихального контуру при проведенні анестезіологічного забезпечення робот-асистованих оперативних втручань, слід забезпечувати індивідуалізований підбір параметрів штучної вентиляції легень з урахуванням етапу оперативного втручання (пневмоперитонеум, положення Тренделенбурга), для підтримання показники газообміну (SpO_2 , $EtCO_2$) у межах норми.
3. З метою попередження розвитку пролежнів та плекситів необхідно за участю як анестезіологічної так і хірургічної бригади, двічі проводити контроль укладання пацієнта перед початком оперативного втручання із застосуванням подушек та валиків у зонах підвищеної компресії тканин.
4. У зв'язку з неможливістю інтраопераційно змінювати положення тіла та складністю доступу до пацієнта необхідно приєднати другий (резервний) кардіомонітор, для застосування його у разі дисконекції основного. Обов'язкова остановка декомпресивного назогастрального зонду з контролем відтоку на протязі інтраопераційного періоду.
5. Проведення постійного моніторингу температури тіла із забезпеченням цільового температурного контролю з використанням конвекційної системи обігріву пацієнта та підтримки оптимальної температури в операційній для зменшення тепловтрат при проведенні робот-асистованих оперативних втручань.

6. Для проведення ефективної післяопераційної аналгезії і оптимізації післяопераційного перебігу рекомендоване предопераційне встановлення епідурального катетеру для проведення післяопераційної аналгезії в комбінації із мультимодальною аналгезією.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hottenrott S, Schlesinger T, Helmer P, Meybohm P, Alkatout I, Kranke P. Do Small Incisions Need Only Minimal Anesthesia?-Anesthetic Management in Laparoscopic and Robotic Surgery. *J Clin Med*. 2020;9(12):4058. doi:10.3390/jcm9124058
2. Walshaw J, Huo B, McClean A, Gajos S, Kwan JY, Tomlinson J, et al. Innovation in gastrointestinal surgery: the evolution of minimally invasive surgery-a narrative review. *Front Surg*. 2023;10:1193486. doi:10.3389/fsurg.2023.1193486
3. Erlinger S. A history of research into the physiology of bile, from Hippocrates to molecular medicine. *Clin Liver Dis (Hoboken)*. 2022;20(Suppl 1):33-44. doi:10.1002/cld.1266
4. Plis MO, Tsarev AV. Anesthesiological challenges in robotic surgery. *Bulletin of problems in biology and medicine*. 2025;3(178):88-96. doi:10.29254/2077-4214-2025-3-178-88-96
5. Vretzakis G, Bareka M, Aretha D, Karanikolas M. Regional anesthesia for laparoscopic surgery: a narrative review. *J Anesth*. 2014;28(3):429-446. doi:10.1007/s00540-013-1736-z
6. Wang D, Dong T, Shao Y, Gu T, Xu Y, Jiang Y. Laparoscopy versus open appendectomy for elderly patients, a meta-analysis and systematic review. *BMC Surg*. 2019;19(1):54. doi:10.1186/s12893-019-0515-7
7. Tameze Y, Low YH. Outpatient Robotic surgery: Considerations for the Anesthesiologist. *Adv Anesth*. 2022;40(1):15-32. doi:10.1016/j.aan.2022.06.001
8. George EI, Brand TC, LaPorta A, Marescaux J, Satava RM. Origins of Robotic Surgery: From Skepticism to Standard of Care. *JSLS*. 2018;22(4):e2018.00039. doi:10.4293/JSLS.2018.00039
9. Kakar PN, Das J, Roy PM, Pant V. Robotic invasion of operation theatre and associated anaesthetic issues: A review. *Indian J Anaesth*. 2011 Jan;55(1):18-25. doi: 10.4103/0019-5049.76577.

10. Duarte A, Katerenchuk V, Poeira R, Rocha P, Pissarra F, Canas M, et al. Anesthesia management for total robotic liver transplantation: Inaugural case series in Europe. *Ann Hepatobiliary Pancreat Surg.* 2025;29(1):88-94. doi:10.14701/ahbps.24-170
11. Rivero-Moreno Y, Echevarria S, Vidal-Valderrama C, Pianetti L, Cordova-Guilarte J, Navarro-Gonzalez J, et al. Robotic Surgery: A Comprehensive Review of the Literature and Current Trends. *Cureus.* 2023;15(7):e42370. doi:10.7759/cureus.42370
12. Rabaza J. Is the Caribbean ready for robotics?. *Int J Surg.* 2019;72S:3-5. doi:10.1016/j.ijssu.2019.03.008
13. Sheetz KH, Claflin J, Dimick JB. Trends in the Adoption of Robotic Surgery for Common Surgical Procedures. *JAMA Netw Open.* 2020;3(1):e1918911. doi:10.1001/jamanetworkopen.2019.18911
14. Maynou L, Pearson G, McGuire A, Serra-Sastre V. The diffusion of robotic surgery: Examining technology use in the English NHS. *Health Policy.* 2022;126(4):325-336. doi:10.1016/j.healthpol.2022.02.007
15. Barud M, Turek B, Dąbrowski W, Siwicka D. Anesthesia for robot-assisted surgery: a review. *Anaesthesiol Intensive Ther.* 2025;57(1):99-107. doi:10.5114/ait/203168
16. Kubiak M, Doniec J, Grasso SV, Gumbs A, Mohammadi AN, Sędlak K, et al. Quality over quantity-current challenges of robotic surgery in Poland. *J Robot Surg.* 2025;19(1):258. doi:10.1007/s11701-025-02423-0
17. Lee JR. Anesthetic considerations for robotic surgery. *Korean J Anesthesiol.* 2014;66(1):3-11. doi:10.4097/kjae.2014.66.1.3
18. Mishra P, Gupta B, Nath A. Anesthetic considerations and goals in robotic pediatric surgery: a narrative review. *J Anesth.* 2020;34(2):286-293. doi:10.1007/s00540-020-02738-2
19. Newman RM, Umer A, Bozzuto BJ, Dilungo JL, Ellner S. Surgical Value of Elective Minimally Invasive Gallbladder Removal: A Cost Analysis of Traditional

- 4-Port vs Single-Incision and Robotically Assisted Cholecystectomy. *J Am Coll Surg*. 2016;222(3):303-308. doi:10.1016/j.jamcollsurg.2015.12.016
20. Alotaibi WM. Anesthesia experience of pediatric robotic surgery in a University Hospital. *J Robot Surg*. 2019;13(1):141-146. doi:10.1007/s11701-018-0834-1
21. Ashrafian H, Clancy O, Grover V, Darzi A. The evolution of robotic surgery: surgical and anaesthetic aspects. *Br J Anaesth*. 2017;119(suppl_1):i72-i84. doi:10.1093/bja/aex383
22. Finotti M, D'Amico F, Mulligan D, Testa G. A narrative review of the current and future role of robotic surgery in liver surgery and transplantation. *Hepatobiliary Surg Nutr*. 2023;12(1):56-68. doi:10.21037/hbsn-21-115
23. Wong DJ, Wong MJ, Choi GH, Wu YM, Lai PB, Goh BKP. Systematic review and meta-analysis of robotic versus open hepatectomy. *ANZ J Surg*. 2019;89(3):165-170. doi:10.1111/ans.14690
24. Herling SF, Dreijer B, Wrist Lam G, Thomsen T, Møller AM. Total intravenous anaesthesia versus inhalational anaesthesia for adults undergoing transabdominal robotic assisted laparoscopic surgery. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;4(4):CD011387. doi:10.1002/14651858.CD011387.pub2
25. Grossmann NC, Aschwanden FJ, Cornelius J, Malkmus C, Zahiti L, Viktorin P, et al. Impact of patient positioning during surgery on neuropathies after robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy: a randomised controlled trial. *BJU Int*. 2025;135(5):802-809. doi:10.1111/bju.16623
26. Suryawanshi CM, Shah B, Khanna S, Ghodki P, Bhati K, Ashok KV. Anaesthetic management of robot-assisted laparoscopic surgery. *Indian J Anaesth*. 2023;67(1):117-122. doi:10.4103/ija.ija_966_22
27. Khorgami Z, Li WT, Jackson TN, Howard CA, Sclabas GM. The cost of robotics: an analysis of the added costs of robotic-assisted versus laparoscopic surgery using

- the National Inpatient Sample. *Surg Endosc.* 2019;33(7):2217-2221. doi:10.1007/s00464-018-6507-3
- 28.Bhandari M, Zeffiro T, Reddiboina M. Artificial intelligence and robotic surgery: current perspective and future directions. *Curr Opin Urol.* 2020;30(1):48-54. doi:10.1097/MOU.0000000000000692
- 29.Pathirana S, Kam P. Anaesthetic issues in robotic-assisted minimally invasive surgery. *Anaesth Intensive Care.* 2018;46(1):25-35. doi:10.1177/0310057X1804600105
- 30.Souki FG, Rodriguez-Blanco YF, Polu SR, Eber S, Candiotti KA. Survey of anesthesiologists' practices related to steep Trendelenburg positioning in the USA. *BMC Anesthesiol.* 2018;18(1):117. doi:10.1186/s12871-018-0578-5
- 31.Mills JT, Burris MB, Warburton DJ, Conaway MR, Schenkman NS, Krupski TL. Positioning injuries associated with robotic assisted urological surgery. *J Urol.* 2013;190(2):580-584. doi:10.1016/j.juro.2013.02.3185
- 32.Yamasaki K, Fujii K, Kohjimoto Y, Matsuda K, Iwamoto H, Kawai M, et al. Lower extremity pain and/or numbness after laparoscopic surgery and robot-assisted surgery in the lithotomy position combined with the Trendelenburg position. *J Anesth.* 2024;38(6):821-827. doi:10.1007/s00540-024-03399-1
- 33.Bjørø B, Ballestad I, Rustøen T, Fosmark MH, Bentsen SB. Positioning patients for robotic-assisted surgery: A qualitative study of operating room nurses' experiences. *Nurs Open.* 2023;10(2):469-478. doi:10.1002/nop2.1312
- 34.Bjørø B, Mykkeltveit I, Rustøen T, Candas Altinbas B, Røise O, Bentsen SB. Intraoperative peripheral nerve injury related to lithotomy positioning with steep Trendelenburg in patients undergoing robotic-assisted laparoscopic surgery - A systematic review. *J Adv Nurs.* 2020;76(2):490-503. doi:10.1111/jan.14271
- 35.Falcão LFDR, Battisti FPL, Oliveira Júnior IS, Ferez D. Alteração da função pulmonar em cirurgia laparoscópica com pneumoperitônio e elevação da parede

- abdominal [Pulmonary function alteration in laparoscopic surgery with pneumoperitoneum and abdominal wall elevation]. *Braz J Anesthesiol.* 2018;68(2):215-216. doi:10.1016/j.bjan.2017.08.004
- 36.Goel N, Chowdhury I, Dubey J, Mittal A, Pathak S. Quantitative rise in intraocular pressure in patients undergoing robotic surgery in steep Trendelenburg position: A prospective observational study. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2020;36(4):546-551. doi:10.4103/joacp.JOACP_96_20
- 37.Kato T, Kurazumi T, Konishi T, Takko C, Ogawa Y, Iwasaki KI. Effects of -10° and -30° head-down tilt on cerebral blood velocity, dynamic cerebral autoregulation, and noninvasively estimated intracranial pressure. *J Appl Physiol (1985).* 2022;132(4):938-946. doi:10.1152/jappphysiol.00283.2021
- 38.Arviso C, Mehta ST, Yunker A. Adverse events related to Trendelenburg position during laparoscopic surgery: recommendations and review of the literature. *Curr Opin Obstet Gynecol.* 2018;30(4):272-278. doi:10.1097/GCO.0000000000000471
- 39.Chen K, Wang L, Wang Q, Liu X, Lu Y, Li Y, et al. Effects of pneumoperitoneum and steep Trendelenburg position on cerebral hemodynamics during robotic-assisted laparoscopic radical prostatectomy: A randomized controlled study. *Medicine (Baltimore).* 2019;98(21):e15794. doi:10.1097/MD.00000000000015794
- 40.Katayama S, Mori K, Pradere B, Yanagisawa T, Mostafaei H, Quhal F, et al. Influence of steep Trendelenburg position on postoperative complications: a systematic review and meta-analysis. *J Robot Surg.* 2022;16(6):1233-1247. doi:10.1007/s11701-021-01361-x
- 41.Ozcan MF, Akbulut Z, Gurdal C, Tan S, Yildiz Y, Bayraktar S, et al. Does steep Trendelenburg positioning effect the ocular hemodynamics and intraocular pressure in patients undergoing robotic cystectomy and robotic prostatectomy?. *Int Urol Nephrol.* 2017;49(1):55-60. doi:10.1007/s11255-016-1449-y

42. Lebowitz P, Yedlin A, Hakimi AA, Bryan-Brown C, Richards M, Ghavamian R. Respiratory gas exchange during robotic-assisted laparoscopic radical prostatectomy. *J Clin Anesth.* 2015;27(6):470-475. doi:10.1016/j.jclinane.2015.06.001
43. Savarkar SD, Bakshi SG, Thosar RV, Sareen R. Shoulder soreness due to shoulder braces following robotic surgery in steep Trendelenburg position. *Saudi J Anaesth.* 2016;10(3):363-364. doi:10.4103/1658-354X.174909
44. Aceto P, Beretta L, Cariello C, Claroni C, Esposito C, Forastiere EM, et al. Joint consensus on anesthesia in urologic and gynecologic robotic surgery: specific issues in management from a task force of the SIAARTI, SIGO, and SIU. *Minerva Anesthesiol.* 2019;85(8):871-885. doi:10.23736/S0375-9393.19.13360-3
45. Ciccone MA, Hom MS, Morocco EB, Muderspach LI, Matsuo K. Prolonged intubation after robotic-assisted hysterectomy for endometrial cancer: Case reports. *Gynecol Oncol Rep.* 2018;25:106-108. doi:10.1016/j.gore.2018.06.005
46. Xue S, Wang D, Tu HQ, Gu XP, Ma ZL, Liu Y, et al. The effects of robot-assisted laparoscopic surgery with Trendelenburg position on short-term postoperative respiratory diaphragmatic function. *BMC Anesthesiol.* 2024;24(1):92. doi:10.1186/s12871-024-02463-3
47. Göksu Ş, Karaören G, Tahra A, İnkaya A, Küçük EV, Bakan N. Risk Factors of Positional Peripheral Nerve Injury in Robotic Laparoscopic Radical Prostatectomy. *JSLS.* 2025;29(3):e2025.00031. doi:10.4293/JSLS.2025.00031
48. Bentsen SB, Eide GE, Wiig S, Rustøen T, Heen C, Bjørø B. Patient positioning on the operating table and patient safety: A systematic review and meta-analysis. *J Adv Nurs.* 2025;81(9):5585-5602. doi:10.1111/jan.16049
49. Maerz DA, Beck LN, Sim AJ, Gainsburg DM. Complications of robotic-assisted laparoscopic surgery distant from the surgical site. *Br J Anaesth.* 2017;118(4):492-503. doi:10.1093/bja/aex003

50. Practice Advisory for the Prevention of Perioperative Peripheral Neuropathies 2018: An Updated Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Prevention of Perioperative Peripheral Neuropathies. *Anesthesiology*. 2018;128(1):11-26. doi:10.1097/ALN.0000000000001937
51. Oti C, Mahendran M, Sabir N. Anaesthesia for laparoscopic surgery. *Br J Hosp Med (Lond)*. 2016;77(1):24-28. doi:10.12968/hmed.2016.77.1.24
52. Yu T, Cheng Y, Wang X, Tu B, Cheng N, Gong J, et al. Gases for establishing pneumoperitoneum during laparoscopic abdominal surgery. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;6(6):CD009569. doi:10.1002/14651858.CD009569.pub3
53. Dal Moro F, Crestani A, Valotto C, Guttilla A, Soncin R, Mangano A, et al. Anesthesiologic effects of transperitoneal versus extraperitoneal approach during robot-assisted radical prostatectomy: results of a prospective randomized study. *Int Braz J Urol*. 2015;41(3):466-472. doi:10.1590/S1677-5538.IBJU.2014.0199
54. Bachh MD, Farooq N, Gillani YM. Metabolic effects of carbon dioxide insufflation during laparoscopic surgery: changes in pH, arterial partial pressure of carbon dioxide (PaCO₂) and end tidal carbon dioxide (EtCO₂). *National Journal of Medical Research*. 2022;12(01):3–6. doi:10.55489/njmr.12012022893.
55. Manici M, Aykanat İC, Simsek D, Tarim K, Gurkan Y, Canda AE. Anesthesiologic and surgical perspectives on using 8 mmHg versus 12 mmHg pneumoperitoneum pressures during robotic radical prostatectomy: Results of a prospective randomized study. Robotik radikal prostatektomide 8 mmHg ve 12 mmHg pnömoperiton basınçlarının karşılaştırılması: Anesteziolojik ve cerrahi perspektiften prospektif randomize kontrollü çalışma. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. 2024;30(6):430-436. doi:10.14744/tjtes.2024.78617
56. Lee HJ, Chae JS, An SM, Oh HW, Kim YJ, Woo JH. Strategy to Reduce Hypercapnia in Robot-Assisted Radical Prostatectomy Using Transcutaneous

- Carbon Dioxide Monitoring: A Prospective Observational Study. *Ther Clin Risk Manag.* 2022;18:249-258. doi:10.2147/TCRM.S347690
- 57.Lestar M, Gunnarsson L, Lagerstrand L, Wiklund P, Odeberg-Wernerman S. Hemodynamic perturbations during robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy in 45° Trendelenburg position. *Anesth Analg.* 2011;113(5):1069-1075. doi:10.1213/ANE.0b013e3182075d1f
 - 58.Kalmar AF, Foubert L, Hendrickx JF, Mottrie A, Absalom A, Mortier EP, et al. Influence of steep Trendelenburg position and CO(2) pneumoperitoneum on cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory homeostasis during robotic prostatectomy. *Br J Anaesth.* 2010;104(4):433-439. doi:10.1093/bja/aeq018
 - 59.Kopitkó C, Medve L, Gondos T, Soliman KMM, Fülöp T. Mediators of Regional Kidney Perfusion during Surgical Pneumo-Peritoneum Creation and the Risk of Acute Kidney Injury-A Review of Basic Physiology. *J Clin Med.* 2022;11(10):2728. doi:10.3390/jcm11102728
 - 60.Høyer S, Mose FH, Ekeløf P, Jensen JB, Bech JN. Hemodynamic, renal and hormonal effects of lung protective ventilation during robot-assisted radical prostatectomy, analysis of secondary outcomes from a randomized controlled trial. *BMC Anesthesiol.* 2021;21(1):200. doi:10.1186/s12871-021-01401-x
 - 61.Cheng ZJ, Wang YB, Chen L, Gong JP, Zhang W. Effects of Different Levels of Intra-Abdominal Pressure on the Postoperative Hepatic Function of Patients Undergoing Laparoscopic Cholecystectomy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2018;28(5):275-281. doi:10.1097/SLE.0000000000000525
 - 62.Baksh SA, Muhammad S, Parvez U, Shirazi B, Khan MA. Impact of the Laparoscopic Approach on Liver Function Tests: Comparison of Elective Biliary and Non-biliary Procedures. *Cureus.* 2025;17(3):e81500. doi:10.7759/cureus.81500

- 63.Cornelius J, Mudlagk J, Afferi L, Baumeister P, Mattei A, Moschini M, et al. Postoperative peripheral neuropathies associated with patient positioning during robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy (RARP): A systematic review of the literature. *Prostate*. 2021;81(7):361-367. doi:10.1002/pros.24121
- 64.Reddy K, Gharde P, Tayade H, Patil M, Reddy LS, Surya D. Advancements in Robotic Surgery: A Comprehensive Overview of Current Utilizations and Upcoming Frontiers. *Cureus*. 2023;15(12):e50415. doi:10.7759/cureus.50415
- 65.Popescu M, Olita MR, Stefan MO, Mihaila M, Sima RM, Tomescu D. Lung mechanics during video-assisted abdominal surgery in Trendelenburg position: a cross-sectional propensity-matched comparison between classic laparoscopy and robotic-assisted surgery. *BMC Anesthesiol*. 2022;22(1):356. doi:10.1186/s12871-022-01900-5
- 66.Skurzak S, Robba C. Robotic surgery: how to safely and beneficially approach the age of maturity. *Minerva Anesthesiol*. 2019;85(8):816-818. doi:10.23736/S0375-9393.19.13750-9
- 67.Corcione A, Angelini P, Bencini L, Bertellini E, Borghi F, Buccelli C, et al. Joint consensus on abdominal robotic surgery and anesthesia from a task force of the SIAARTI and SIC. *Minerva Anesthesiol*. 2018;84(10):1189-1208. doi:10.23736/S0375-9393.18.12241-3
- 68.Bruni S, Bogani G, Antonaci A, Fernandez-Gonzalez S, Nobbenhuis M, Iavazzo C, et al. Advanced robotic surgery in obese patients with gynecological cancers: tips and tricks from literature to clinical practice. *J Robot Surg*. 2025;19(1):562. doi:10.1007/s11701-025-02744-0
- 69.Meybohm P, Schmitz-Rixen T, Steinbicker A, Schwenk W, Zacharowski K. Das Patient-Blood-Management-Konzept : Gemeinsame Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin und der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie [The patient blood management concept : Joint

- recommendation of the German Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine and the German Society of Surgery]. *Chirurg*. 2017;88(10):867-870. doi:10.1007/s00104-017-0506-0
70. Baron DM, Hochrieser H, Posch M, Metnitz B, Rhodes A, Moreno RP, et al. Preoperative anaemia is associated with poor clinical outcome in non-cardiac surgery patients. *Br J Anaesth*. 2014;113(3):416-423. doi:10.1093/bja/aeu098
71. Chae MS, Lee S, Choi YJ, Koh HJ. Impact of Preoperative Gum Chewing on Postoperative Anti-Emetic Use in Robot-Assisted Laparoscopic Surgery for Benign Ovarian Masses: A Prospective, Single-Blinded Randomized Controlled Trial. *Medicina (Kaunas)*. 2024;60(7):1135. doi:10.3390/medicina60071135
72. Scott MJ, Fawcett WJ. Oral carbohydrate preload drink for major surgery - the first steps from famine to feast. *Anaesthesia*. 2014;69(12):1308-1313. doi:10.1111/anae.12921
73. Kapur A, Kapur V. Robotic Surgery: Anaesthesiologist's Contemplation. *Malays J Med Sci*. 2020;27(3):143-149. doi:10.21315/mjms2020.27.3.15
74. Bisch S, Nelson G, Altman A. Impact of Nutrition on Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) in Gynecologic Oncology. *Nutrients*. 2019;11(5):1088. doi:10.3390/nu11051088
75. Hernandez-Meza G, Gainsburg DM. Anesthetic concerns for robotic-assisted laparoscopic radical prostatectomy: an update. *Minerva Anesthesiol*. 2023;89(9):812-823. doi:10.23736/S0375-9393.23.17284-1
76. Milliken D, Lawrence H, Brown M, Cahill D, Newhall D, Barker D, et al. Anaesthetic management for robotic-assisted laparoscopic prostatectomy: the first UK national survey of current practice. *J Robot Surg*. 2021;15(3):335-341. doi:10.1007/s11701-020-01105-3
77. Zhao Y, Zhang S, Liu B, Li J, Hong H. Clinical efficacy of enhanced recovery after surgery (ERAS) program in patients undergoing radical prostatectomy: a systematic

- review and meta-analysis. *World J Surg Oncol.* 2020;18(1):131. doi:10.1186/s12957-020-01897-6
- 78.Xu Y, Liu A, Chen L, Huang H, Gao Y, Zhang C, et al. Enhanced recovery after surgery (ERAS) pathway optimizes outcomes and costs for minimally invasive radical prostatectomy. *J Int Med Res.* 2020;48(6):300060520920072. doi:10.1177/0300060520920072
- 79.Khater N, Comardelle NJ, Domingue NM, Borroto WJ, Cornett EM, Imani F, et al. Current Strategies in Pain Regimens for Robotic Urologic Surgery: A Comprehensive Review. *Anesth Pain Med.* 2022;12(3):e127911. doi:10.5812/aapm-127911
- 80.Suryawanshi C, Varma S, Vazhakalayil STJ. Anesthetic Management of Robot-Assisted Laparoscopic Surgery of Pheochromocytoma. *Cureus.* 2024;16(2):e53850. Published 2024 Feb 8. doi:10.7759/cureus.53850
- 81.Mittal AK, Dubey J, Shukla S, Bhasin N, Dubey M, Jaipuria J. Efficacy of the three-point cuff palpation technique in preventing endobronchial tube migration during positioning in robotic pelvic surgeries. *Indian J Anaesth.* 2022;66(12):818-825. doi:10.4103/ija.ija_25_22
- 82.Tsunoda N, Asai T, Okuda Y. Tracheal tube cuff pressure during anesthesia for robotic-assisted laparoscopic prostatectomy and the efficacy of an automatic cuff pressure controller (SmartCuff): observational studies of 1-sample paired data. *J Anesth.* 2023;37(2):234-241. doi:10.1007/s00540-022-03151-7
- 83.Rosero EB, Ozayar E, Eslava-Schmalbach J, Minhajuddin A, Joshi GP. Effects of Increasing Airway Pressures on the Pressure of the Endotracheal Tube Cuff During Pelvic Laparoscopic Surgery. *Anesth Analg.* 2018;127(1):120-125. doi:10.1213/ANE.0000000000002657
- 84.Gupta P, Tandon S, Dhar M, Agarwal A, Pathak S, Prabakaran P. A prospective observational study on changes in endo-tracheal tube cuff pressure and its

- correlation with airway pressures during various stages of robotic pelvic surgeries. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2022;38(2):270-274. doi:10.4103/joacp.JOACP_325_20
85. Seo H, Bang JY, Oh J, Choi WJ, Song JG, Hwang GS. Effect of Tracheal Cuff Shape on Intracuff Pressure Change During Robot-Assisted Laparoscopic Surgery: The Tapered-Shaped Cuff Tube Versus the Cylindrical-Shaped Cuff Tube. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2015;25(9):724-729. doi:10.1089/lap.2015.0152
 86. Kishikawa H, Suzuki N, Suzuki Y, Hamasaki T, Kondo Y, Sakamoto A. Effect of Robot-assisted Surgery on Anesthetic and Perioperative Management for Minimally Invasive Radical Prostatectomy under Combined General and Epidural Anesthesia. *J Nippon Med Sch.* 2021;88(2):121-127. doi:10.1272/jnms.JNMS.2021_88-304
 87. Пліс МО, Царьов ОВ. Особливості анестезіологічного забезпечення роботизованих хірургічних втручань. *Укр. мед. часопис.* 2026;1(175):1–6. doi:10.32471/umj.1680-3051.272789.
 88. Yonekura H, Hirate H, Sobue K. Comparison of anesthetic management and outcomes of robot-assisted vs pure laparoscopic radical prostatectomy. *J Clin Anesth.* 2016;35:281-286. doi:10.1016/j.jclinane.2016.08.014
 89. Doe A, Kumagai M, Tamura Y, Sakai A, Suzuki K. A comparative analysis of the effects of sevoflurane and propofol on cerebral oxygenation during steep Trendelenburg position and pneumoperitoneum for robotic-assisted laparoscopic prostatectomy. *J Anesth.* 2016;30(6):949-955. doi:10.1007/s00540-016-2241-y
 90. Robertson TJ, McCulloch TJ, Paleologos MS, Downey RG, Loadsman JA, Thanigasalam R, et al. Effects of sevoflurane versus propofol on cerebral autoregulation during anaesthesia for robot-assisted laparoscopic prostatectomy. *Anaesth Intensive Care.* 2022;50(5):361-367. doi:10.1177/0310057X211061158
 91. Matsuoka T, Ishiyama T, Shintani N, Kotoda M, Mitsui K, Matsukawa T. Changes of cerebral regional oxygen saturation during pneumoperitoneum and

- Trendelenburg position under propofol anesthesia: a prospective observational study. *BMC Anesthesiol.* 2019;19(1):72. doi:10.1186/s12871-019-0736-4
92. Ballard C, Jones E, Gauge N, Aarsland D, Nilsen OB, Saxby BK, et al. Optimised anaesthesia to reduce post operative cognitive decline (POCD) in older patients undergoing elective surgery, a randomised controlled trial. *PLoS One.* 2012;7(6):e37410. doi:10.1371/journal.pone.0037410
93. Yu J, Hong JH, Park JY, Hwang JH, Cho SS, Kim YK. Propofol attenuates the increase of sonographic optic nerve sheath diameter during robot-assisted laparoscopic prostatectomy: a randomized clinical trial. *BMC Anesthesiol.* 2018;18(1):72. doi:10.1186/s12871-018-0523-7
94. Choi ES, Jeon YT, Sohn HM, Kim DW, Choi SJ, In CB. Comparison of the effects of desflurane and total intravenous anesthesia on the optic nerve sheath diameter in robot assisted laparoscopic radical prostatectomy: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore).* 2018;97(41):e12772. doi:10.1097/MD.00000000000012772
95. Bertti ROT, Vane LA, de Moraes JMS, Junior PDN, Vane LF, Módolo NSP, et al. Effect of propofol and sevoflurane anesthesia on the optic nerve sheath: systematic review and meta-analysis. *Braz J Anesthesiol.* 2025;75(5):844646. doi:10.1016/j.bjane.2025.844646
96. Sujata N, Tobin R, Tamhankar A, Gautam G, Yattoo AH. A randomised trial to compare the increase in intracranial pressure as correlated with the optic nerve sheath diameter during propofol versus sevoflurane-maintained anesthesia in robot-assisted laparoscopic pelvic surgery. *J Robot Surg.* 2019;13(2):267-273. doi:10.1007/s11701-018-0849-7
97. Hwang JW, Oh AY, Hwang DW, Jeon YT, Kim YB, Park SH. Does intraocular pressure increase during laparoscopic surgeries? It depends on anesthetic drugs and the surgical position. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2013;23(2):229-232. doi:10.1097/SLE.0b013e31828a0bba

98. Park JH, Lee KY, Choi YD, Lee J, Shin HJ, Han DW, et al. Effect of different general anaesthetics on ventricular repolarisation in robot-assisted laparoscopic prostatectomy. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2020;64(9):1243-1252. doi:10.1111/aas.13653
99. Haliloglu M, Bilgili B, Ozdemir M, Umuroglu T, Bakan N. Low Tidal Volume Positive End-Expiratory Pressure versus High Tidal Volume Zero-Positive End-Expiratory Pressure and Postoperative Pulmonary Functions in Robot-Assisted Laparoscopic Radical Prostatectomy. *Med Princ Pract.* 2017;26(6):573-578. doi:10.1159/000484693
100. Chiumello D, Coppola S, Fratti I, Leone M, Pastene B. Ventilation strategy during urological and gynaecological robotic-assisted surgery: a narrative review. *Br J Anaesth.* 2023;131(4):764-774. doi:10.1016/j.bja.2023.06.066
101. Kim MS, Soh S, Kim SY, Song MS, Park JH. Comparisons of Pressure-controlled Ventilation with Volume Guarantee and Volume-controlled 1:1 Equal Ratio Ventilation on Oxygenation and Respiratory Mechanics during Robot-assisted Laparoscopic Radical Prostatectomy: a Randomized-controlled Trial. *Int J Med Sci.* 2018;15(13):1522-1529. doi:10.7150/ijms.28442
102. Park JH, Park IK, Choi SH, Eum D, Kim MS. Volume-Controlled Versus Dual-Controlled Ventilation during Robot-Assisted Laparoscopic Prostatectomy with Steep Trendelenburg Position: A Randomized-Controlled Trial. *J Clin Med.* 2019;8(12):2032. doi:10.3390/jcm8122032
103. Lee YY, Han JI, Kang BK, Jeong K, Lee JW, Kim DY. Assessment of Perioperative Atelectasis Using Lung Ultrasonography in Patients Undergoing Pneumoperitoneum Surgery in the Trendelenburg Position: Aspects of Differences according to Ventilatory Mode. *J Korean Med Sci.* 2021;36(50):e334. doi:10.3346/jkms.2021.36.e334

104. Hirabayashi G, Ogihara Y, Tsukakoshi S, Daimatsu K, Inoue M, Kurahashi K, et al. Effect of pressure-controlled inverse ratio ventilation on dead space during robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy: A randomised crossover study of three different ventilator modes. *Eur J Anaesthesiol.* 2018;35(4):307-314. doi:10.1097/EJA.0000000000000732
105. Veerasamy S, Kumar L, Kartha A, Rajan S, Kumar N, Purushottaman SS. Comparison of arterial to end-tidal carbon dioxide gradient P (a-ET)CO₂ in volume versus pressure controlled ventilation in patients undergoing robotic abdominal surgery in the Trendelenburg position. A randomised controlled study. *Indian J Anaesth.* 2022;66(Suppl 5):S243-S249. doi:10.4103/ija.ija_902_21
106. Cheng M, Ni L, Huang L, Zhou Y, Wang K. Effect of positive end-expiratory pressure on pulmonary compliance and pulmonary complications in patients undergoing robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy: a randomized control trial. *BMC Anesthesiol.* 2022;22(1):347. doi:10.1186/s12871-022-01869-1
107. Cotoia A, Discenza A, Rauseo M, Matella M, Caggianelli G, Ciaramelletti R, et al. Intraoperative hypotension during robotic-assisted radical prostatectomy: A randomised controlled trial comparing standard goal-directed fluid therapy with hypotension prediction index-guided goal-directed fluid therapy. *Eur J Anaesthesiol.* 2025;42(10):916-923. doi:10.1097/EJA.0000000000002211
108. Aceto P, Galletta C, Cambise C, Punzo G, Luca E, Schipa C, Sollazzi L. Challenges for anaesthesia for robotic-assisted surgery in the elderly: A narrative review. *Eur J Anaesthesiol Intensive Care.* 2023;2(2):e0019. doi:10.1097/EA9.0000000000000019
109. Chung YH, Jeong YS, Martin GL, Choi MS, Kang YJ, Lee M, et al. Prediction of blood pressure changes associated with abdominal pressure changes during robotic laparoscopic low abdominal surgery using deep learning. *PLoS One.* 2022;17(6):e0269468. doi:10.1371/journal.pone.0269468

110. Ono N, Nakahira J, Nakano S, Sawai T, Minami T. Changes in cardiac function and hemodynamics during robot-assisted laparoscopic prostatectomy with steep head-down tilt: a prospective observational study. *BMC Res Notes*. 2017;10(1):341. doi:10.1186/s13104-017-2672-z
111. Pawlik MT, Prasser C, Zeman F, Harth M, Burger M, Denzinger S, Blecha S. Pronounced haemodynamic changes during and after robotic-assisted laparoscopic prostatectomy: a prospective observational study. *BMJ Open*. 2020;10(10):e038045. doi:10.1136/bmjopen-2020-038045
112. Kılınç E, Yildirim SA, Ulugöl H, Büyüköner EE, Güçyetmez B, Toraman F. The evaluation of cardiac functions in deep Trendelenburg position during robotic-assisted laparoscopic prostatectomy. *Front Med (Lausanne)*. 2023;10:1273180. doi:10.3389/fmed.2023.1273180
113. Sakai Y, Yasuo M T, Oyama T, Murakami C, Kakuta N, Tanaka K. Noninvasive continuous blood pressure monitoring by the ClearSight system during robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy. *J Med Invest*. 2018;65(1.2):69-73. doi: 10.2152/jmi.65.69.
114. Closhen D, Treiber AH, Berres M, et al. Robotic assisted prostatic surgery in the Trendelenburg position does not impair cerebral oxygenation measured using two different monitors: A clinical observational study. *Eur J Anaesthesiol*. 2014;31(2):104-109. doi:10.1097/EJA.0000000000000000
115. Matanes E, Weissman A, Rivlin A, et al. Effects of Pneumoperitoneum and the Steep Trendelenburg Position on Heart Rate Variability and Cerebral Oxygenation during Robotic Sacrocolpopexy. *J Minim Invasive Gynecol*. 2018;25(1):70-75. doi:10.1016/j.jmig.2017.07.009
116. Mascha EJ, Yang D, Weiss S, Sessler DI. Intraoperative Mean Arterial Pressure Variability and 30-day Mortality in Patients Having Noncardiac Surgery. *Anesthesiology*. 2015;123(1):79-91. doi:10.1097/ALN.0000000000000686

117. Kim TL, Kim N, Shin HJ, Cho MR, Park HR, Kim SY. Intraoperative mean arterial pressure and acute kidney injury after robot-assisted laparoscopic prostatectomy: a retrospective study. *Sci Rep.* 2023;13(1):3318. doi:10.1038/s41598-023-30506-1
118. Walsh M, Devereaux PJ, Garg AX, Kurz A, Turan A, Rodseth RN, et al. Relationship between intraoperative mean arterial pressure and clinical outcomes after noncardiac surgery: toward an empirical definition of hypotension. *Anesthesiology.* 2013;119(3):507-515. doi:10.1097/ALN.0b013e3182a10e26
119. Liu Y, Gao G, Liang Y, Li T, Li T. Safety and feasibility of robotic surgery for old rectal cancer patients. *Updates Surg.* 2023;75(5):1161-1169. doi:10.1007/s13304-023-01504-9
120. Пліс МО, Царьов ОВ. Зміни показників гемодинаміки під час робот-асистованих оперативних втручань в залежності від виду анестезії. Вісник проблем біології і медицини. 2026;1(180):327-335. doi:10.29254/2077-4214-2026-1-180-327-335
121. Koo CH, Park I, Ahn S, Lee S, Ryu JH. Effect of Neuromuscular Blockade on Intraoperative Respiratory Mechanics and Surgical Space Conditions during Robot-Assisted Radical Prostatectomy: A Prospective Randomized Controlled Trial. *J Clin Med.* 2021;10(21):5090. doi:10.3390/jcm10215090
122. Pauli H, Eladawy M, Park J. Anesthesia for robotic thoracic surgery. *Ann Cardiothorac Surg.* 2019;8(2):263-268. doi:10.21037/acs.2018.12.06
123. Messina A, Robba C, Calabrò L, Zambelli D, Iannuzzi F, Molinari E, et al. Association between perioperative fluid administration and postoperative outcomes: a 20-year systematic review and a meta-analysis of randomized goal-directed trials in major visceral/noncardiac surgery. *Crit Care.* 2021;25(1):43. doi:10.1186/s13054-021-03464-1

124. Wrzosek A, Jakowicka-Wordliczek J, Zajackowska R, Serednicki WT, Jankowski M, Bala MM, et al. Perioperative restrictive versus goal-directed fluid therapy for adults undergoing major non-cardiac surgery. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019;12(12):CD012767. doi:10.1002/14651858.CD012767.pub2
125. Aksoy T, Pamir Aksoy NA. Perioperative blood loss in robotic urologic surgery: a retrospective evaluation of estimation methods. *J Robot Surg*. 2026;20(1):194. doi:10.1007/s11701-025-03120-8
126. Kan Y, Tai S, Wang Z. Research on the spectrum of complications in robotic surgery for obese urologic patients: a 6-year retrospective study. *J Robot Surg*. 2025 Jul 20;19(1):407. doi: 10.1007/s11701-025-02584-y.
127. Artsitas S, Artsitas D, Koronaki I, Toutouzas KG, Zografos GC. Comparing robotic and open partial nephrectomy under the prism of surgical precision: a meta-analysis of the average blood loss rate as a novel variable. *J Robot Surg*. 2024;18(1):313. doi:10.1007/s11701-024-02060-z
128. Rouxel P, Rayon E, Bellocq AS, le Guen M, Fessler J, Cirenei C, et al. Pain intensity after robotic-assisted urological surgery: the PAIROU study an international prospective cohort study. *Anaesth Crit Care Pain Med*. 2025;44(4):101546. doi:10.1016/j.accpm.2025.101546)
129. Covotta M, Claroni C, Costantini M, Torregiani G, Pelagalli L, Zinilli A, et al. The Effects of Ultrasound-Guided Transversus Abdominis Plane Block on Acute and Chronic Postsurgical Pain After Robotic Partial Nephrectomy: A Prospective Randomized Clinical Trial. *Pain Med*. 2020;21(2):378-386. doi:10.1093/pm/pnz214
130. Lemoine A, Witdouck A, Beloeil H, Bonnet F; PROSPECT Working Group Of The European Society Of Regional Anaesthesia And Pain Therapy (ESRA). PROSPECT guidelines update for evidence-based pain management after

- prostatectomy for cancer. *Anaesth Crit Care Pain Med*. 2021;40(4):100922. doi:10.1016/j.accpm.2021.100922
131. Волков ОО, Луценко ВВ, Пліс МО, Павленко МВ, Кріштафор ДА. Порівняння ТАР-блоку та епідуральної аналгезії в післяопераційному знеболенні при роботизованій радикальній простатектомії. Медичні перспективи. 2023;(2):76-84. doi:10.26641/2307-0404.2023.2.283258
 132. Shah SS, Johnson CD, Howe CA, Pelto AW, Grant C, Shekoohi S, et al. Comparative Efficacy of Nerve Blocks for Post-Operative Analgesia Following Robot-Assisted Prostatectomy: A Systematic Review. *Curr Pain Headache Rep*. 2025;29(1):119. doi:10.1007/s11916-025-01421-z
 133. Weibel S, Jelting Y, Pace NL, Helf A, Eberhart LH, Hahnenkamp K, et al. Continuous intravenous perioperative lidocaine infusion for postoperative pain and recovery in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;6(6):CD009642. doi:10.1002/14651858.CD009642.pub
 134. Popa GM, Abu-Awwad SA, Abu-Awwad A, Marta CI, Bimbo-Szuhai E, Bontea MG, et al. Intravenous Lidocaine for Postoperative Pain and Recovery After Robotic Prostate Adenomectomy: A Retrospective Observational Cohort Study. *Medicina (Kaunas)*. 2025;61(11):2045. doi:10.3390/medicina61112045
 135. Iwasaki M, Edmondson M, Sakamoto A, Ma D. Anesthesia, surgical stress, and "long-term" outcomes. *Acta Anaesthesiol Taiwan*. 2015;53(3):99-104. doi:10.1016/j.aat.2015.07.002
 136. Duggan EW, Carlson K, Umpierrez GE. Perioperative Hyperglycemia Management: An Update. *Anesthesiology*. 2017;126(3):547-560. doi:10.1097/ALN.0000000000001515
 137. Liu Y, Wang Y, Ma T, Zhang W, Zhang H, Wang C, et al. Surgical stress response in Kangduo versus da Vinci robot-assisted colorectal cancer surgery: a post

- hoc analysis of a randomized controlled trial. *Int J Surg*. 2025;111(11):7963-7969. doi:10.1097/JS9.0000000000002950
138. Cusack B, Buggy DJ. Anaesthesia, analgesia, and the surgical stress response. *BJA Educ*. 2020;20(9):321-328. doi:10.1016/j.bjae.2020.04.006
 139. Bulut S, Kizilkan Y, Gültekin H, Ozercan AY, Köseoğlu B, Demirçakan H, et al. Efficiency of the estimation of physiologic ability and surgical stress (E-PASS) score in predicting postoperative complications after robot-assisted radical prostatectomy. Robot yardımlı radikal prostatektomi yapılan hastalarda postoperatif komplikasyonların öngörülmesinde E-PASS skorunun etkinliğinin değerlendirilmesi. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. 2024;30(6):423-429. doi:10.14744/tjtes.2024.36332
 140. Cuk P, Tiskus M, Möller S, Lambertsen KL, Backer Mogensen C, Festersen Nielsen M, et al. Surgical stress response in robot-assisted versus laparoscopic surgery for colon cancer (SIRIRALS): randomized clinical trial. *Br J Surg*. 2024;111(3):znae049. doi:10.1093/bjs/znae049
 141. Ivascu R, Torsin LI, Hostiuc L, Nitipir C, Corneci D, Dutu M. The Surgical Stress Response and Anesthesia: A Narrative Review. *J Clin Med*. 2024;13(10):3017. doi:10.3390/jcm13103017
 142. Sermkasemsin V, Rungreungvanich M, Apinyachon W, Sangasilpa I, Srichot W, Pisitsak C. Incidence and risk factors of intraoperative hyperglycemia in non-diabetic patients: a prospective observational study. *BMC Anesthesiol*. 2022;22(1):287. doi:10.1186/s12871-022-01829-9
 143. Palermo NE, Garg R. Perioperative Management of Diabetes Mellitus: Novel Approaches. *Curr Diab Rep*. 2019;19(4):14. doi:10.1007/s11892-019-1132-7
 144. Kukanti C, Agrawal N, Karim HMR, Sinha M. Effect of Sevoflurane, Isoflurane, and Desflurane on the Random Blood Glucose Levels in Non-diabetic Patients

- Undergoing General Anesthesia: A Randomized, Single-Blind Study. *Cureus*. 2024;16(2):e54216. doi:10.7759/cureus.54216
145. Halder R, Kannaujia AK, Verma R, Mondal H, Gupta D, Srivastava S, et al. Randomized Trial to Compare Plasma Glucose Trends in Patients Undergoing Surgery for Supratentorial Gliomas under Maintenance of Sevoflurane, Desflurane, and Propofol. *Asian J Neurosurg*. 2020;15(3):579-586. doi:10.4103/ajns.AJNS_235_20
 146. Jung SM, Cho CK. The effects of deep and light propofol anesthesia on stress response in patients undergoing open lung surgery: a randomized controlled trial. *Korean J Anesthesiol*. 2015;68(3):224-231. doi:10.4097/kjae.2015.68.3.224
 147. Пліс МО, Царьов ОВ. Динаміка біохімічних показників та маркерів стресу після робот -асистованих операцій в залежності від варіанту анестезії. *Перспективи та інновації науки*. 2026;2(60):2531-2541. doi:10.52058/2786-4952-2026-2(60)-2531-2541
 148. Sivathondan PC, Jayne DG. The role of robotics in colorectal surgery. *Ann R Coll Surg Engl*. 2018;100(Suppl 7):42-53. doi:10.1308/rcsann.suppl2.42
 149. Skjold Kingo P, Palmfeldt J, Nørregaard R, Borre M, Jensen JB. Perioperative Systemic Inflammatory Response following Robot-Assisted Laparoscopic Cystectomy vs. Open Mini-Laparotomy Cystectomy: A Prospective Study. *Urol Int*. 2017;99(4):436-445. doi:10.1159/000478274
 150. Cuk P, Pedersen AK, Lambertsen KL, et al. Systemic inflammatory response in robot-assisted and laparoscopic surgery for colon cancer (SIRIRALS): study protocol of a randomized controlled trial. *BMC Surg*. 2021;21(1):363. doi:10.1186/s12893-021-01355-4
 151. Lönnerfors C, Persson J. Can robotic-assisted surgery support enhanced recovery programs?. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol*. 2023;90:102366. doi:10.1016/j.bpobgyn.2023.102366

152. Paek J, Lim PC. Enhanced Recovery after Surgery (ERAS) Protocol for Early Discharge within 12 Hours after Robotic Radical Hysterectomy. *J Clin Med*. 2022;11(4):1122. doi:10.3390/jcm11041122
153. Azhar RA, Bochner B, Catto J, Goh AC, Kelly J, Patel HD, et al. Enhanced Recovery after Urological Surgery: A Contemporary Systematic Review of Outcomes, Key Elements, and Research Needs. *Eur Urol*. 2016;70(1):176-187. doi:10.1016/j.eururo.2016.02.051
154. Cassaro F, Impellizzeri P, Maisano G, Romeo C, Arena S. Enhanced recovery after urological reconstructive surgery in pediatric patients: a systematic review and meta-analysis. *Pediatr Surg Int*. 2025;41(1):110. doi:10.1007/s00383-025-06017-7
155. Ljungqvist O, Scott M, Fearon KC. Enhanced Recovery After Surgery: A Review. *JAMA Surg*. 2017;152(3):292-298. doi:10.1001/jamasurg.2016.4952
156. Tazreean R, Nelson G, Twomey R. Early mobilization in enhanced recovery after surgery pathways: current evidence and recent advancements. *J Comp Eff Res*. 2022;11(2):121-129. doi:10.2217/ce-2021-0258
157. Abitbol J, Cohn R, Hunter S, Rombaldi M, Cohen E, Kessous R, et al. Minimizing pain medication use and its associated costs following robotic surgery. *Gynecol Oncol*. 2017;144(1):187-192. doi:10.1016/j.ygyno.2016.11.014
158. Shkolyar E, Shih IF, Li Y, Wong JA, Liao JC. Robot-Assisted Radical Prostatectomy Associated with Decreased Persistent Postoperative Opioid Use. *J Endourol*. 2020;34(4):475-481. doi:10.1089/end.2019.0788
159. Schraag S, Pradelli L, Alsaleh AJO, Bellone M, Ghetti G, Chung TL, et al. Propofol vs. inhalational agents to maintain general anaesthesia in ambulatory and in-patient surgery: a systematic review and meta-analysis. *BMC Anesthesiol*. 2018;18(1):162. doi:10.1186/s12871-018-0632-3

160. Gong L, Dong C. Early extubation effects on postoperative outcomes in high-risk abdominal surgery based on propensity score matching. *Sci Rep*. 2025;15(1):34406. doi:10.1038/s41598-025-17380-9
161. Borracci RA, Ochoa G, Ingino CA, Lebus JM, Grimaldi SV, Gambetta MX. Routine operation theatre extubation after cardiac surgery in the elderly. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2016;22(5):627-632. doi:10.1093/icvts/ivv409
162. Handa A, Gaidhane A, Choudhari SG. Role of Robotic-Assisted Surgery in Public Health: Its Advantages and Challenges. *Cureus*. 2024;16(6):e62958. doi:10.7759/cureus.62958
163. Wong C, Beaumont M, Klassen T, McCavour A, Rendon R, Shayegan B. The far-reaching impact of robotic-assisted surgery on healthcare systems. *Healthc Manage Forum*. 2025;38(3):156-165. doi:10.1177/08404704251327561
164. Пліс МО, Царьов ОВ. Швидкість післяопераційного відновлення після робот-асистованих хірургічних втручань в залежності від варіанту анестезії. *Медицина невідкладних станів*. 2026;3:21-26. doi:10.22141/2224-0586.22.3.2026.2003
165. R Core Team (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.
166. Bates D, Maechler M, Bolker B, Walker S. Fitting linear mixed-effects models using lme4. *J Stat Softw*. 2015;67(1):1-48. doi:10.18637/jss.v067.i01.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Список публікацій аспіранта за темою дисертації

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Волков ОО, Луценко ВВ, Пліс МО, Павленко МВ, Кріштафор ДА. Порівняння ТАР-блоку та епідуральної аналгезії в післяопераційному знеболенні при роботизованій радикальній простатектомії. Медичні перспективи. 2023;(2):76-84. doi:10.26641/2307-0404.2023.2.283258.
2. Пліс МО, Царьов ОВ. Анестезіологічні виклики у роботизованій хірургії. Вісник проблем біології і медицини. 2025;3(178):88-96. doi:10.29254/2077-4214-2025-3-178-88-96.
3. Пліс МО, Царьов ОВ. Особливості анестезіологічного забезпечення роботизованих хірургічних втручань. Український медичний часопис. 2026;1(175):1–6. doi:10.32471/umj.1680-3051.272789.
4. Пліс МО, Царьов ОВ. Зміни показників гемодинаміки під час робот-асистованих оперативних втручань в залежності від виду анестезії. Вісник проблем біології і медицини. 2026;1(180):327-335. doi:10.29254/2077-4214-2026-1-180-327-335.
5. Пліс МО, Царьов ОВ. Динаміка біохімічних показників та маркерів стресу після робот -асистованих операцій в залежності від варіанту анестезії. Перспективи та інновації науки. 2026;2(60):2531-2541. doi:10.52058/2786-4952-2026-2(60)-2531-2541.
6. Пліс МО, Царьов ОВ. Швидкість післяопераційного відновлення після робот-асистованих хірургічних втручань в залежності від варіанту

анестезії. Медицина невідкладних станів. 2026;3:21-26. doi:10.22141/2224-0586.22.3.2026.2003.

Наукові праці, що засвідчують апробацію дисертації

1. Пліс МО, Фоменко ДА, Царьов ОВ. Проблемні питання анестезіологічного забезпечення роботизованої хірургії. Матеріали Конгресу анестезіологів України. Київ 25-26 листопада 2022р. Біль, знеболення та інтенсивна терапія. 2022. №3(96). с. 51.
2. Plis MO, Tsarev AV. Assessment of surgical stress markers in patients after robot-assisted surgical interventions under sevoflurane inhalation anesthesia. Scientific development in a changing world. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference. SPC "Sci-conf.com.ua". Lviv, Ukraine. 2026. Pp. 128-130.
3. Plis MO, Tsarev AV. Structure of intraoperative and postoperative complications in robot-assisted surgical interventions depending on the type of anesthetic management. Science and education: synergy of innovation. Proceedings of the 7th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Berlin, Germany. 2026. Pp. 70-72.
4. Plis MO, Tsarev AV. Features of the interrelationships of perioperative parameters during robotic surgical interventions depending on the type of anesthesia. Innovations of modern science and education. Proceedings of the 6th International scientific and practical conference. Perfect Publishing. Vancouver, Canada. 2026. Pp. 59-61.

ДОДАТОК Б

Апробація результатів дисертації

Основні положення роботи викладено та обговорено на науково-практичних конференціях різного рівня:

1. Конгрес анестезіологів України (м. Київ, Україна, 2022 р.), форма участі – публікація тез.
2. II Міжнародна науково-практична конференція Scientific development in a changing WORLD (м. Львів, Україна, 2026 р.), форма участі – публікація тез
3. 7th International scientific and practical conference Science and education: synergy of innovation (Berlin, Germany, 2026р.), форма участі – публікація тез.
4. 6th International scientific and practical conference Innovations of modern science and education (Vancouver, Canada, 2026 р.), форма участі – публікація тез.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
 Генеральний директор
 медичного центру «MEDICAL PLAZA»
 ТОВ «ЕкоДніпро»
 пр. Олександра Поля, 141А, Дніпро, 49055
 Ігор МАЛКОВ
 14.05.2026 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Найменування пропозиції для впровадження (метод профілактики, діагностики, лікування, пристрій, форма праці та ін.): Визначення найбільш оптимального варіанту анестезіологічного забезпечення робіт - асистованих оперативних втручань.
2. Ким і коли запропонований: Пліс Максим Олександрович, Царьов Олександр Володимирович, 2026 р.
3. Джерело інформації: Пліс М.О., Царьов О.В. Швидкість післяопераційного відновлення після робіт-асистованих хірургічних втручань в залежності від варіанту анестезії. Медицина невідкладних станів. 2026;3:21-26. doi:10.22141/2224-0586.22.3.2026.2003
4. Де і коли впроваджено: Медичний центр «MEDICAL PLAZA», ТОВ «ЕкоДніпро», 2026 р.
5. Загальна кількість спостережень: 30.
6. Результати застосування методу за період з 01.04.2025 р. по 30.03.2026 р.
 - позитивні (кількість спостережень) – 30
 - невизначені (кількість спостережень) – 0
 - негативні (кількість спостережень) – 0
7. Ефективність впровадження: дозволяє підвищити ефективність та безпечність анестезіологічного забезпечення робіт - асистованих оперативних втручань, забезпечити ранню активізацію пацієнтів та скоротити тривалість госпіталізації.
8. Зауваження і пропозиції: немає

Дата 14.05.2026

Олійник А.О.
 Завідувач відділенням анестезіології та інтенсивної терапії,
 Олійник А.О.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з наукової роботи
Запорізького державного
медико-фармацевтичного університету
д. мед. н., професор
Валерій ГУМАНСЬКИЙ
2026 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Найменування пропозиції для впровадження:** спосіб підвищення ефективності та безпечності анестезіологічного забезпечення з урахуванням особливостей робіт - асистованих хірургічних втручань.
2. **Установа-розробник:** Дніпровський державний медичний університет, 49044, м. Дніпро, вул. Вернадського 9, тел (0562) 279966
Укладані: Плєс Максим Олександрович, Царьов Олександр Володимирович.
3. **Джерело інформації:** Плєс М.О., Царьов О.В. Швидкість післяопераційного відновлення після робіт - асистованих хірургічних втручань в залежності від варіанту анестезії. Медицина невідкладних станів. 2026;3:21-26. doi:10.22141/2224-0586.22.3.2026.2003
4. **Місце впровадження:** кафедра анестезіології та інтенсивної терапії Запорізького державного медико-фармацевтичного університету.
5. **Строки впровадження:** 02.03.2026 – 30.04.2026.
6. **Результати впровадження:** поглиблення рівня знань здобувачів освіти з питань особливостей проведення та підвищення безпечності анестезіологічного забезпечення робіт - асистованих хірургічних втручань.
7. **Зауваження і пропозиції:** зауважень немає, рекомендовано продовжити впровадження в науково-педагогічний процес.

Завідуюча кафедри анестезіології та інтенсивної терапії,

Запорізького державного медико-фармацевтичного університету,

д. мед. н., професор

Сергій ВОРОТИНЦЕВ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з наукової роботи
Дніпровського державного
медичного університету
д. мед. н., професор
Олександр ГУДАР'ЯН
2026 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Найменування пропозицій для впровадження:** спосіб підвищення ефективності та безпечності анестезіологічного забезпечення з урахуванням особливостей робіт - асистованих хірургічних втручань.
2. **Установа-розробник:** Дніпровський державний медичний університет, 49044, м. Дніпро, вул. Вернадського 9, тел (0562) 279966
Укладачі: Пліс Максим Олександрович, Царьов Олександр Володимирович.
3. **Джерело інформації:** Пліс М.О., Царьов О.В. Швидкість післяопераційного відновлення після робіт - асистованих хірургічних втручань в залежності від варіанту анестезії. Медицина невідкладних станів. 2026;3:21-26. doi:10.22141/2224-0586.22.3.2026.2003
4. **Місце впровадження:** кафедра анестезіології, інтенсивної терапії та медицини невідкладних станів ФПО Дніпровського державного медичного університету.
5. **Строки впровадження:** 02.03.2026 – 30.04.2026.
6. **Результати впровадження:** поглиблення рівня знань здобувачів освіти з питань особливостей проведення та підвищення безпечності анестезіологічного забезпечення робіт - асистованих хірургічних втручань.
7. **Зауваження і пропозиції:** зауважень немає, рекомендовано продовжити впровадження в науково-педагогічний процес.

Відповідальний за впровадження -

Завідувач кафедри анестезіології, інтенсивної терапії та медицини невідкладних станів ФПО Дніпровського державного медичного університету,

д. мед. н., професор

Ольга КРАВЕЦЬ