

A significantly ( $p < 0.05$ ) lower position of the iliac crest and a significantly ( $p < 0.05$ ) higher distance between the free edge of the transverse process of L5 and the wings of the sacrum were found in group A compared to group B.

**Key words:** L5-S1 disc herniation, endoscopic transforaminal discectomy, endoscopic interlaminar discectomy, L5-S1 segment radiometry.

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

Piontkovskyi V. K.: <https://orcid.org/0000-0002-0967-877X><sup>AEF</sup>

Holbaum M. B.: <https://orcid.org/0009-0004-9047-0088><sup>BCD</sup>

### Conflict of interest/Конфлікт інтересів:

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

### Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Holbaum Maksym Boysovych / Гольбаум Максим Борисович

Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine / ДУ "Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І.Ситенка НАМН України"

Ukraine, 61024, Kharkiv, 80 Hryhoriia Skovorody str. / Україна, 61024, м. Харків, вул. Григорія Сковороди 80

Tel.: +380957352696 / Тел.: +380957352696

E-mail: [golbaymplaymarket@gmail.com](mailto:golbaymplaymarket@gmail.com)

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

This article is distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution (CC-BY) License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited © All authors, 2026 / Ця стаття розповсюджується на умовах ліцензії **Creative Commons Attribution (CC-BY)**, яка дозволяє необмежене використання, поширення та відтворення в будь-якому форматі за умови належного цитування оригінальної роботи © Всі автори, 2026

Received 03.10.2025 / Стаття надійшла 03.10.2025 року

Accepted 02.03.2026 / Стаття прийнята до друку 02.03.2026 року

Published 27.03.2026 / Опубліковано 27.03.2026 року

DOI 10.29254/2077-4214-2026-1-180-327-335

UDC 616-089.8:004.896]-089.5-085.211-07:612.13

Plis M. O., Tsarev A. V.

## CHANGES IN HEMODYNAMIC PARAMETERS DURING ROBOT-ASSISTED SURGICAL PROCEDURES DEPENDING ON THE TYPE OF ANESTHESIA

Dnipro State Medical University (Dnipro, Ukraine)

[resuscitation9@gmail.com](mailto:resuscitation9@gmail.com)

*Robot-assisted surgical interventions are widely used in modern surgery; however, the creation of pneumoperitoneum and the use of the steep Trendelenburg position lead to pronounced and multidirectional changes in systemic hemodynamics, which increases the risk of intraoperative hypotension and organ hypoperfusion.*

*The aim of the study was to perform a comparative assessment of changes in systemic hemodynamics during robot-assisted surgical interventions depending on the type of anesthetic management. The study included 81 patients who underwent elective surgery using the da Vinci system in 2022–2024. The patients were divided into two groups: inhalational anesthesia with sevoflurane ( $n=45$ ) and total intravenous anesthesia with propofol ( $n=36$ ). The parameters of systolic, diastolic, and mean arterial pressure, as well as heart rate, were assessed at five stages of the surgical procedure. It was established that the baseline hemodynamic parameters in both groups were comparable ( $p > 0.05$ ).*

*Intraoperatively, significantly higher values of arterial pressure and heart rate were recorded in the inhalational anesthesia group compared with the total intravenous anesthesia group ( $p < 0.05–0.01$ ). The most pronounced intergroup differences were observed at the stage of hemostasis.*

*The obtained results indicate that the choice of anesthetic technique significantly affects the nature of the intraoperative hemodynamic response. Inhalational anesthesia is associated with a more stable hemodynamic profile, which may have clinical significance for the prevention of intraoperative hypotension, particularly in elderly patients and those with concomitant pathology.*

**Key words:** anesthesia, minimally invasive surgery, carboxyperitoneum, monitoring during anesthesia, hemodynamic monitoring, patient risk, anesthesiology.

**Connection of the publication with planned research work.**

This work is part of the research project of the Department of Anesthesiology, Intensive Care, and Emergency Medicine at the Faculty of Postgraduate Education of Dnipro State Medical University, titled "Development and improvement of technologies to enhance anesthesia safety, pain management, and individualized intensive care in critically ill patients," state registration number O123U104848.

**Introduction.**

Robot-assisted surgical interventions are increasingly being adopted and are considered an alternative to open surgery. The advantages of robotic surgery include reduced invasiveness, greater maneuverability of movements, improved visualization of the operative field, shorter hospital stays, and better functional outcomes. However, robotic procedures require the creation of pneumoperitoneum and positioning of the patient on the operating table in extreme body positions, such as the steep Trendelenburg position. This combination creates conditions for a number of pathophysiological changes in the respiratory and cardiovascular systems, posing new challenges for anesthesiologists [1, 2, 3].

Hemodynamic management is one of the key aspects of anesthetic care. During positioning in the steep Trendelenburg position, there is a physiological increase in cardiac output due to enhanced venous return, which is partially compensated by an increase in systemic vascular resistance. Pneumoperitoneum contributes to an increase in intra-abdominal pressure, reducing preload, and may potentially lead to hypotension with dangerous cerebral and myocardial hypoperfusion [4, 5].

Increased intra-abdominal pressure compresses major vessels, including the inferior vena cava and the aorta, reduces blood flow in the mesenteric vessels and kidneys, and also promotes elevation of the diaphragm. Pronounced compression of the inferior vena cava reduces venous return to the heart, while compression of the aorta increases systemic vascular resistance, which may lead to elevated arterial pressure and a simultaneous decrease in cardiac output. At the same time, the Trendelenburg position can increase venous return and partially compensate for the negative effects of pneumoperitoneum on cardiac output [6, 7, 8].

Since the Trendelenburg position is usually applied immediately after the creation of pneumoperitoneum during surgery, both factors act almost simultaneously. The combination of these opposing mechanisms forms a complex and variable hemodynamic response, making it difficult to predict changes in arterial pressure and requiring careful intraoperative monitoring, which should be selected according to the degree of perioperative risk [9, 10].

Intraoperative hypotension is often defined as a mean arterial pressure below 65 mmHg or a decrease of  $\geq 20\%$  from baseline values lasting at least 1 minute. A mean arterial pressure below 65 mmHg is associated with an increased risk of acute kidney injury or myocardial injury due to ischemia-reperfusion disorders. In addition, the duration spent in a hypotensive state is associated with unfavorable perioperative outcomes and increased 30-day mortality in non-cardiac surgery [11, 12, 13].

It is important to consider that elderly patients often have comorbidities, including arterial hypertension and diabetes mellitus, which may further increase blood pressure variability and the intraoperative risk of hypotension [14, 15].

Thus, the combination of pneumoperitoneum and the steep Trendelenburg position during robot-assisted procedures leads to complex and multifactorial changes in systemic hemodynamics, which are particularly significant in elderly patients with comorbidities. This highlights the need for selecting optimal anesthetic management and justifies a comparative evaluation of hemodynamic changes depending on the type of anesthesia.

**The aim of the study.**

To perform a comparative evaluation of changes in systemic hemodynamics during robot-assisted surgical procedures depending on the type of anesthetic management.

**Object and research methods.**

The study was conducted at "EKO DNIPRO" LLC, Medical Plaza Clinic (Dnipro) during the period 2022-2024. The study included 81 patients who underwent elective robot-assisted surgical procedures using the da Vinci surgical system. During the conduct of this study, the requirements of Good Clinical Practice (ICH E2(R6) GCP) and the Declaration of Helsinki of the World Medical Association were adhered to. Prior to the initiation of any procedures, all patients provided written informed voluntary consent to participate in the study.

**Inclusion criteria:**

- patient age  $\geq 18$  years;
- elective robot-assisted surgery;
- anesthetic risk class according to the ASA scale I–III;
- signed informed consent to participate in the study.

**Exclusion criteria:**

- age  $\leq 18$  years;
- chronic diseases in the stage of decompensation;
- surgical procedures performed without the use of a robotic surgical system;
- pregnancy;
- patient refusal to participate in the study.

All study participants were divided into two groups depending on the type of anesthetic management: group 1 (n=45) – inhalational anesthesia with sevoflurane; group 2 (n=36) – total intravenous anesthesia with propofol (TIVA).

The distribution of patients by sex was comparable in both groups: in the inhalational anesthesia group, the proportion of men was 82.2% and women 17.8%, whereas in the total intravenous anesthesia group it was 91.7% and 8.3%, respectively (p=0.22). The median anesthetic risk according to the ASA scale in both groups was 3.0 [2.0;3.0] (p=0.76). The age of patients in group 1 was 63.0 years [60.0;65.0], and in group 2 it was 60.0 years [55.8;65.2] (p=0.06). Body mass index also showed no statistically significant intergroup differences and was 29.0 kg/m<sup>2</sup> [28.0;31.0] in group 1 and 29.0 kg/m<sup>2</sup> [28.0;30.0] in group 2 (p=0.98).

Twelve hours before surgery, all patients received enoxaparin 0.4 for preoperative thromboprophylaxis. Robot-assisted surgical procedures in both groups were performed under general anesthesia with mechanical ventilation. Induction of anesthesia was carried out with propofol at a dose of 1.5-2 mg/kg as a bolus, fentanyl

0.005% intravenously 2-4 ml, muscle relaxation with atracurium besylate 0.5-0.6 mg/kg as a bolus, and midazolam 5 mg intravenously.

In patients of group 1, anesthetic maintenance was performed using sevoflurane. The fresh gas flow rate was 1 L/min. The target concentration of sevoflurane was selected according to the multigas monitoring system with MAC maintained at 0.7-1.0.

In patients of group 2, total intravenous anesthesia with propofol was administered via a perfusor at a rate of 2.5-4 mg/kg/h.

Patients in both groups had an epidural catheter placed for postoperative analgesia using a 0.25% longocaine solution.

The study was conducted at the following stages: beginning of surgery, intraoperative stage, completion of the robotic stage, stage of surgical specimen retrieval and wound closure, hemostasis and end of surgery.

Data processing and statistical analysis were performed using LibreOffice and R software (version 4.4.2). The distribution type of quantitative data was assessed using the Shapiro–Wilk test. Since the majority of quantitative data did not follow a normal distribution, non-parametric statistical methods were used. Quantitative data were described using the median and interquartile range (Me [25%;75%]), and comparisons between groups were performed using the Mann–Whitney test. The critical value of p for testing statistical hypotheses was considered <0.05.

**Research results and their discussion.**

An analysis of changes in hemodynamic parameters at the five defined stages of the study was performed. The dynamics of the mean arterial pressure values are shown in **figure 1**.

It was established that at the beginning of the surgical intervention, systolic, diastolic, and mean arterial pressure values did not show statistically significant intergroup differences ( $p > 0.05$  for all comparisons). The median systolic arterial pressure was 140.0 mmHg [140.0;150.0] in both groups ( $p = 0.45$ ). The median diastolic arterial pressure in group 1 was 90.0 mmHg [80.0;90.0], and in group 2 it was 90.0 mmHg [80.0;95.0] ( $p = 0.07$ ). The median mean arterial pressure in group 1 was 106.7 mmHg [100.0;110.0], and in group 2 it was 110.0 mmHg [100.0;113.9] ( $p = 0.13$ ).

Intraoperatively, in the group receiving inhalational anesthesia, the median systolic arterial pressure was significantly higher and amounted to 100.0 mmHg [95.0;100.0], whereas in the TIVA group it was 90.0 mmHg [85.0;90.0] ( $p < 0.01$ ). The median diastolic arterial pressure in group 1 was 65.0 mmHg [60.0;65.0], and 60.0 mmHg [60.0;65.0] in group 2, with no statistically significant difference between the groups ( $p = 0.04$ ). The median mean arterial pressure was 75.0 mmHg [73.3;76.7] and 70.0 mmHg [70.0;73.3], respectively ( $p < 0.01$ ).

At the completion of the robotic stage, the median systolic arterial pressure in group 1 was 105.0 mmHg [100.0;110.0], while in group 2 it was 95.0 mmHg [90.0;95.0]. The median diastolic arterial pressure was 65.0 mmHg [65.0;70.0] and 60.0 mmHg [60.0;65.0], respectively; these

differences were statistically significant ( $p < 0.01$ ). The median mean arterial pressure at this stage was 78.3 mmHg [76.7;81.7] and 71.7 mmHg [70.0;75.0], respectively ( $p < 0.01$ ).

At the stage of surgical specimen retrieval and wound closure, the median systolic arterial pressure in group 1 was 110.0 mmHg [110.0;120.0], whereas in group 2 it was 95.0 mmHg [95.0;100.0] ( $p < 0.01$ ). The median diastolic arterial pressure was 70.0 mmHg [65.0;70.0] and 65.0 mmHg [65.0;70.0], respectively ( $p = 0.03$ ). The median mean arterial pressure in group 1 was 83.3 mmHg [80.0;86.7], while in group 2 it was 75.0 mmHg [75.0;80.0] ( $p < 0.01$ ).

At the hemostasis stage, the median systolic arterial pressure in group 1 was significantly higher than in group 2 and amounted to 130.0 mmHg [120.0;130.0] versus 105.0 mmHg [100.0;110.0] ( $p < 0.01$ ). The median diastolic pressure was 80.0 mmHg [80.0;90.0] and 70.0 mmHg [68.8;75.0], respectively ( $p < 0.01$ ). The median mean arterial pressure in group 1 was 96.7 mmHg [93.3;100.0], while in group 2 it was 82.5 mmHg [79.6;85.0] ( $p < 0.01$ ).

The dynamics of the mean heart rate values are presented in **figure 2**.

Analysis of baseline heart rate values showed no statistically significant differences between the groups at the beginning of surgery. The median heart rate in group 1 was 80.0 beats/min [75.0;85.0], and in group 2 it was 82.0 beats/min [76.0;88.0] ( $p = 0.33$ ).

Intraoperatively, the median heart rate in group 1 was significantly higher and amounted to 69.0 beats/min [65.0;73.0] compared with 60.0 beats/min [54.8;61.2] in group 2 ( $p < 0.01$ ).

At the completion of the robotic stage, the median heart rate was 70.0 beats/min [68.0;74.0] in the inhalational anesthesia group and 62.0 beats/min [58.0;64.0] in the TIVA group ( $p < 0.01$ ).

At the stage of surgical specimen retrieval and wound closure, the median heart rate remained significantly higher in patients of group 1 – 74.0 beats/min [70.0;76.0] compared with 66.0 beats/min [63.8;67.0] in group 2 ( $p < 0.01$ ). A similar trend persisted at the hemostasis stage, when the median heart rate in group 1 was 78.0 beats/min [75.0;80.0], whereas in group 2 it was 69.0 beats/min [67.0;70.0] ( $p < 0.01$ ).

The dynamics of systemic hemodynamic parameters were analyzed at five stages of the surgical intervention.

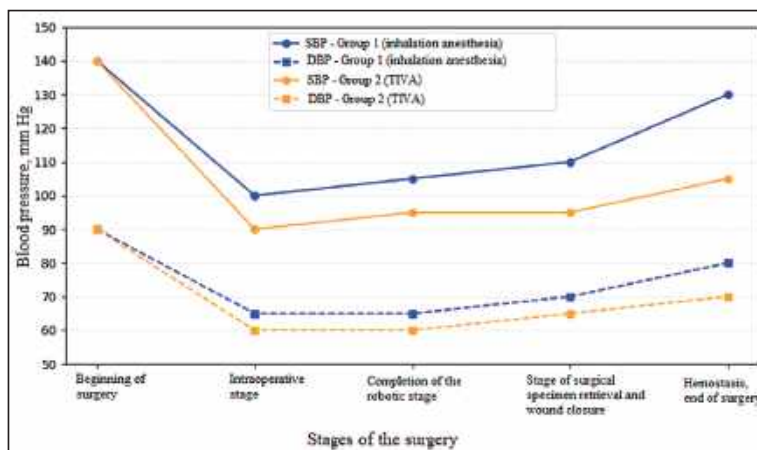


Figure 1 – Dynamics of arterial blood pressure at the stages of robot-assisted surgical intervention depending on the method of anesthesia.

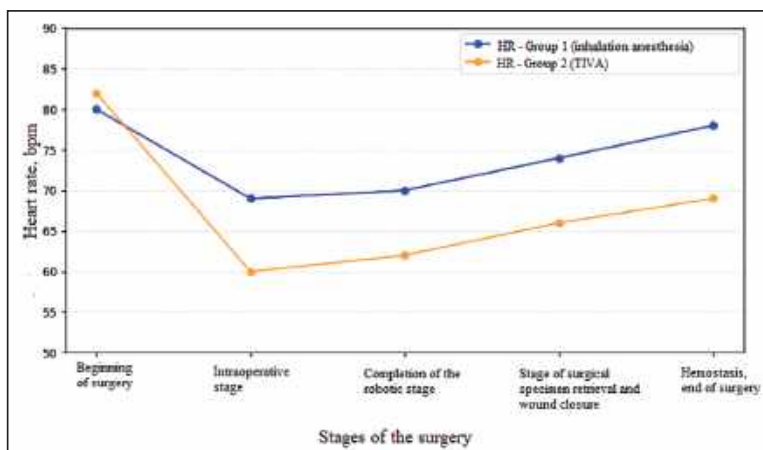


Figure 2 – Dynamics of heart rate at the stages of robot-assisted surgical intervention depending on the method of anesthesia.

At the baseline stage, no statistically significant intergroup differences were found in systolic, diastolic, mean arterial pressure, or heart rate ( $p > 0.05$ ), confirming the comparability of the groups.

Intraoperatively, the inhalational anesthesia group demonstrated significantly higher values of systolic and mean arterial pressure compared with the total intravenous anesthesia group ( $p < 0.01$ ). A similar trend persisted at the stages of completion of the robotic intervention, surgical specimen retrieval, and wound closure. At all these stages, the medians of systolic, diastolic, and mean arterial pressure in the inhalational anesthesia group were statistically significantly higher ( $p < 0.05-0.01$ ). A similar pattern was observed for heart rate: throughout the intraoperative period, including the stages of completion of the robotic intervention and hemostasis, significantly higher heart rate values were recorded in the inhalational anesthesia group ( $p < 0.01$ ).

The most pronounced intergroup differences were observed at the hemostasis stage, when the inhalational anesthesia group demonstrated the highest values of systolic, diastolic, and mean arterial pressure as well as heart rate ( $p < 0.01$ ). Considering the cessation of pneumoperitoneum and the change in patient positioning, these findings may indicate a faster recovery of sympathetic regulation with the use of an inhalational anesthetic. In contrast, the lower hemodynamic parameters observed in the TIVA group reflect the more pronounced cardiodepressive and vasodilatory effects of propofol.

Thus, the results of the study confirm that the method of anesthetic management is an important factor

determining the pattern of hemodynamic changes during robot-assisted surgery. Inhalational anesthesia is associated with higher and relatively more stable hemodynamic parameters during robot-assisted procedures.

The choice of anesthesia method should be individualized, taking into account the patient's cardiovascular status, the duration and complexity of the procedure, as well as the potential risks of hemodynamic instability.

### Conclusions.

1. In patients undergoing robot-assisted surgical procedures, the method of anesthetic management significantly affected systemic hemodynamic parameters. Throughout all five stages of surgery, the inhalational anesthesia group with sevoflurane demonstrated higher median values of arterial pressure and heart rate compared with the total intravenous anesthesia group with propofol ( $p < 0.05$ ).

2. The most pronounced intergroup differences were observed at the hemostasis stage: mean arterial pressure was 96.7 mmHg in the inhalational anesthesia group versus 82.5 mmHg in the TIVA group, and heart rate was 78.0 beats/min versus 69.0 beats/min, respectively ( $p < 0.01$ ), indicating a more stable hemodynamic profile with the use of sevoflurane.

3. The obtained results confirm that the choice of anesthesia method is an important factor influencing the intraoperative hemodynamic response during robot-assisted procedures. Inhalational anesthesia is associated with higher and relatively more stable arterial pressure and heart rate values, which may have clinical significance in preventing intraoperative hypotension, particularly in patients with increased perioperative risk.

### Prospects for further research.

The obtained data may be used to improve recommendations for optimizing anesthetic management and enhancing patient safety during robot-assisted surgical procedures.

Further research should focus on multicenter randomized studies with larger sample sizes to confirm the obtained results, as well as a more detailed investigation of the influence of different anesthesia methods on organ perfusion and the incidence of intraoperative and postoperative complications.

DOI 10.29254/2077-4214-2026-1-180-327-335

УДК 616-089.8:004.896]-089.5-085.211-07:612.13

Пліс М. О., Царьов О. В.

## ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ ГЕМОДИНАМІКИ ПІД ЧАС РОБОТ-АСИСТОВАНИХ ОПЕРАТИВНИХ ВТРУЧАНЬ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВИДУ АНЕСТЕЗІЇ

Дніпровський державний медичний університет (м. Дніпро, Україна)

[resuscitation9@gmail.com](mailto:resuscitation9@gmail.com)

*Робот-асистовані оперативні втручання широко застосовуються в сучасній хірургії, однак створення пневмоперитонеуму та використання крутого положення Тренделенбурга зумовлюють виражені та різноспрямовані зміни системної гемодинаміки, що підвищує ризик інтраопераційної гіпотензії та органної гіперперфузії.*

Метою дослідження було провести порівняльну оцінку змін системної гемодинаміки під час робот-асистованих оперативних втручань залежно від виду анестезіологічного забезпечення. У дослідження включено 81 пацієнта, яким у 2022-2024 роках виконували планові операції із застосуванням системи «da Vinci». Пацієнтів розподілено на дві групи: інгаляційна анестезія севофлураном ( $n=45$ ) та тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом ( $n=36$ ). Оцінку показників систолічного, діастолічного та середнього артеріального тиску, а також частоти серцевих скорочень проводили на п'яти етапах оперативного втручання. Встановлено, що вихідні гемодинамічні показники в обох групах були зіставними ( $p>0,05$ ).

Інтраопераційно в групі інгаляційної анестезії реєстрували достовірно вищі значення артеріального тиску та ЧСС порівняно з групою тотальної внутрішньовенної анестезії ( $p<0,05-0,01$ ). Найбільш виражені міжгрупові відмінності спостерігалися на етапі гемостазу.

Отримані результати свідчать, що вибір методу анестезії суттєво впливає на характер інтраопераційної гемодинамічної відповіді. Інгаляційна анестезія асоціюється з більш стабільним гемодинамічним профілем, що може мати клінічне значення для профілактики інтраопераційної гіпотензії, особливо у пацієнтів старшого віку та з супутньою патологією.

**Ключові слова:** знеболення, мінімально інвазивна хірургія, карбоксиперитонеум, моніторинг під час анестезії, гемодинамічний моніторинг, ризик пацієнта, анестезіологія.

### **Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.**

Робота є фрагментом наукової роботи кафедри анестезіології, інтенсивної терапії та медицини невідкладних станів ФПО Дніпровського державного медичного університету «Розробка та удосконалення технологій підвищення безпеки анестезії, лікування болю та індивідуалізованої інтенсивної терапії у пацієнтів в критичних станах», номер державної реєстрації 0123U104848.

### **Вступ.**

Робот-асистовані оперативні втручання набувають все більш широкої сфери застосування та розглядаються як альтернативний метод відкритій хірургії. Перевагами роботи є мінімізація втручання, більша маневреність рухів, краща візуалізація операційного поля, скорочення часу перебування у стаціонарі та кращі функціональні результати. Однак роботизовані оперативні втручання потребують створення пневмоперитонеуму та розміщення пацієнта на операційному столі у екстремальних положеннях тіла, таких як крутий Тренделенбург. Така комбінація створює умови для низки патофізіологічних змін з боку респіраторної та серцево-судинної системи, створюючи нові виклики для анестезіологів [1, 2, 3].

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 може потенційно призводити до гіпотензії з небезпечною церебральною та міокардіальною гіперфузією [4, 5].

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 [6, 7, 8].

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 [9, 10].

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. асоційований з підвищенням ризиком розвитку гострого пошкодження нирок або пошкодження міокарда внаслідок ішемічно-реперфузійних порушень. Крім того, час, проведений у гіпотензивному стані, асоційований з несприятливими періопераційними результатами та збільшенням 30-денної смертності при некардіологічних операціях [11, 12, 13].

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 розвитку гіпотензії [14, 15].

Отже, поєднання пневмоперитонеуму та крутого положення Тренделенбурга під час робот-асистованих втручань зумовлює складні та багатфакторні зміни системної гемодинаміки, які особливо значущі у пацієнтів старшого віку з супутніми захворюваннями. Це підкреслює необхідність вибору оптимального анестезіологічного забезпечення та обґрунтовує доцільність порівняльної оцінки гемодинамічних змін залежно від його виду.

### **Мета дослідження.**

Провести порівняльну оцінку змін системної гемодинаміки під час робот-асистованих оперативних втручань залежно від виду анестезіологічного забезпечення.

**Об'єкт і методи дослідження.**

Дослідження проводилося на базі ТОВ «ЕКО ДНІ-ПРО» клініка *Medical Plaza* (м. Дніпро) у період 2022-2024 років. До дослідження було включено 81 пацієнта, яким виконувались планові робот-асистовані оперативні втручання із застосуванням хірургічної системи «da Vinci». Під час проведення даного дослідження було дотримано вимог Good Clinical Practice (ICH E2(R6) GCP) та Гельсінської Декларації Всесвітньої медичної організації. До початку будь-яких процедур усі пацієнти надали інформовану добровільну згоду на участь.

Критеріями включення у дослідження були:

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

Критеріями виключення були:

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

Усіх учасників дослідження було розподілено на дві групи залежно від виду анестезіологічного забезпечення: група 1 (n=45) – інгаляційна анестезія севофлураном; група 2 (n=36) – тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом (ТВВА).

Розподіл пацієнтів за статтю в обох групах був зівставним: у групі інгаляційної анестезії частка чоловіків становила 82,2%, жінок – 17,8%, тоді як у групі тотальної внутрішньовенної анестезії – 91,7% та 8,3% відповідно (p=0,22). Медіана анестезіологічного ризику за шкалою ASA в обох групах становила 3,0 [2,0;3,0] (p=0,76). Вік пацієнтів у групі 1 становив 63,0 роки [60,0;65,0], у групі 2 – 60,0 років [55,8;65,2] (p=0,06). Індекс маси тіла також не мав достовірно значущих міжгрупових відмінностей і становив 29,0 кг/м<sup>2</sup> [28,0;31,0] у групі 1 та 29,0 кг/м<sup>2</sup> [28,0;30,0] у групі 2 (p=0,98).

За 12 годин до операції, з метою преопераційної тромбoproфілактики, всім пацієнтам було призначено еноксапарин 0,4. Робот-асистовані хірургічні втручання пацієнтам обох груп проводились в умо-

вах 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 севофлюрану обиралась відповідно до показників системи мультигаз 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/год.

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

Дослідження проводилось на наступних етапах: початок операції, інтраопераційно, закінчення робочого етапу, етап забору операційного матеріалу та ушивання, гемостаз та кінець операції.

Обробка даних та статистичний аналіз проводили за допомогою пакетів програм Libreoffice та R (версія 4.4.2). 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. Критичне значення p при перевірці статистичних гіпотез було прийнято <0.05.

**Результати дослідження та їх обговорення.**

Було проведено аналіз змін показників гемодинаміки на визначених 5-ти етапах дослідження. Динаміка середніх значень показників артеріального тиску відображена на **рисунку 1**.

Встановлено, що на початку оперативного втручання показники систолічного, діастолічного та середнього артеріального тиску не мали достовірно значущих міжгрупових відмінностей (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 – мм рт. ст. 90,0 [80,0;95,0] (p=0,07). Медіана середнього артеріального тиску у групі 1 становила 106,7 мм рт. ст. [100,0;110,0], у групі 2 110,0 мм рт. ст. [100,0;113,9] (p=0,13).

Інтраопераційно у групі із застосуванням інгаляційної анестезії 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 – 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 відповідно дорівнювала 75,0 мм рт. ст. [73,3;76,7] та 70,0 мм рт. ст. [70,0;73,3] (p<0,01).

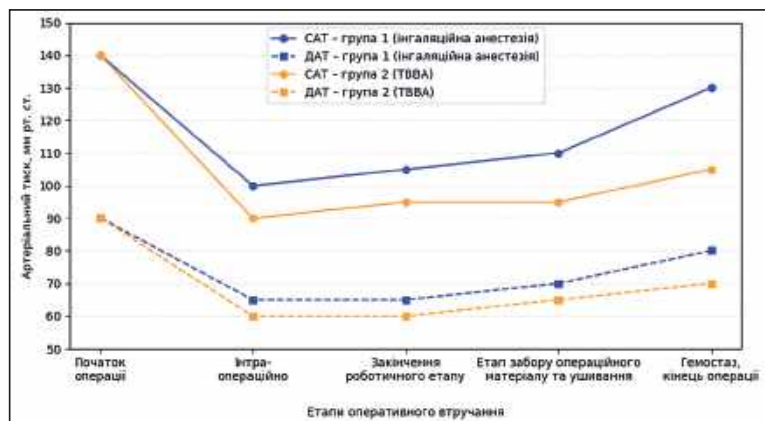


Рисунок 1 – Динаміка артеріального тиску на етапах робот-асистованого оперативного втручання в залежності від методу анестезії.

Під час закінчення роботичного етапу середній рівень систолічного артеріального тиску у групі 1 склав 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, виявлені зміни були достовірними ( $p < 0,01$ ). Медіана середнього артеріального тиску на цьому етапі – 78,3 мм рт. ст. [76,7;81,7] та 71,7 мм рт. ст. [70,0;75,0] ( $p < 0,01$ ).

На етапі забору операційного матеріалу та ушивання 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] ( $p = 0,03$ ) відповідно. 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 гемостазу середній систолічний артеріальний тиск у групі 1 був достовірно вище ніж у групі 2 та становив 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] ( $p < 0,01$ ) відповідно. 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 представлена на **рисунку 2**.

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] ( $p = 0,33$ ).

Інтраопераційно 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 роботичного етапу медіана ЧСС складала у групі з інгаляційною анестезією – 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 забору операційного матеріалу та ушивання 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 гемостазу, 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] ( $p < 0,01$ ).

Проаналізовано динаміку показників системної гемодинаміки на п'яти етапах оперативного втручання.

На вихідному етапі достовірних міжгрупових відмінностей за показниками систолічного, діастолічного, середнього артеріального тиску та частоти серцевих скорочень не виявлено ( $p > 0,05$ ), що підтверджує порівнянність груп.

Інтраопераційно у групі інгаляційної анестезії відзначено достовірно вищі значення систолічного та середнього артеріального тиску порівняно з групою тотальної внутрішньовенної анестезії ( $p < 0,01$ ). Аналогічна тенденція зберігалася на етапах завершення

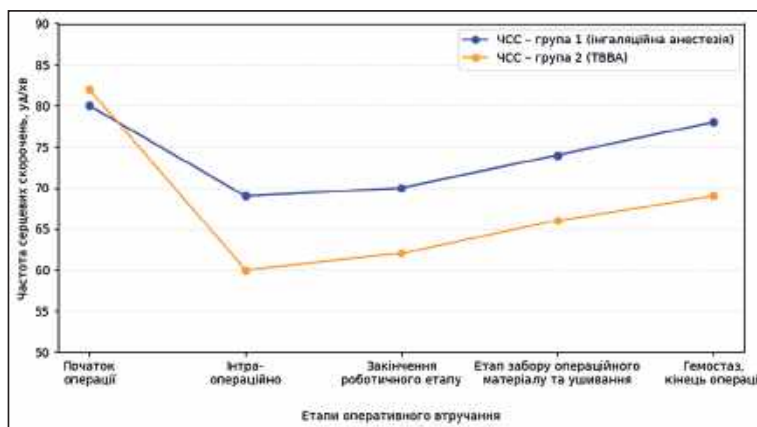


Рисунок 2 – Динаміка частоти серцевих скорочень на етапах робот-асистованого оперативного втручання в залежності від методу анестезії.

роботичного втручання, забору операційного матеріалу та ушивання. 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 ЧСС: упродовж усього інтраопераційного періоду, включно з етапами завершення роботичного втручання та гемостазу, у групі інгаляційної анестезії реєстрували достовірно вищі показники ЧСС ( $p < 0,01$ ).

Найбільш виражені міжгрупові відмінності спостерігалися на етапі гемостазу, 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 інгаляційного анестетика. Натомість нижчі гемодинамічні показники 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 стабільними гемодинамічними показниками під час робот-асистованих втручань.

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

#### Висновки.

1. У пацієнтів, яким виконувались робот-асистовані оперативні втручання, метод анестезіологічного забезпечення достовірно впливав на показники системної гемодинаміки. Упродовж усіх 5 етапів операції в групі інгаляційної анестезії севофлураном відзначалися вищі медіани артеріального тиску та частоти серцевих скорочень порівняно з групою тотальної внутрішньовенної анестезії пропофолом ( $p < 0,05$ ).

2. Найбільш виражені міжгрупові відмінності спостерігались на етапі гемостазу: середній артеріальний тиск становив 96,7 мм рт. ст. у групі інгаляційної анестезії проти 82,5 мм рт. ст. у групі ТВВА, а частота серцевих скорочень – 78,0 уд/хв проти 69,0 уд/хв відповідно ( $p < 0,01$ ), що свідчить про більш стабільний

гемодинамічний профіль при застосуванні севофлурану.

3. Отримані результати підтверджують, що вибір методу анестезії є важливим фактором формування інтраопераційної гемодинамічної відповіді під час робот-асистованих втручань. Інгаляційна анестезія асоціюється з вищими та відносно стабільними показниками артеріального тиску і ЧСС, що може мати клінічне значення для профілактики інтраопераційної гіпотензії, особливо у пацієнтів із підвищеним періопераційним ризиком.

#### Перспективи подальших досліджень.

Отримані дані можуть бути використані для удосконалення рекомендацій щодо оптимізації анестезіологічного супроводу та підвищення рівня безпеки у пацієнтів під час роботизованих оперативних втручань.

Подальші дослідження необхідно спрямувати у напрямку проведення багатоцентрових рандомізованих досліджень із більшою вибіркою для підтвердження отриманих результатів, детальному вивченні впливу різних методів анестезії на органну перфузію та частоту інтра- і післяопераційних ускладнень.

### References / Література

1. Makary J, van Diepen DC, Arianayagam R, McClintock G, Fallot J, Leslie S, et al. The evolution of image guidance in robotic-assisted laparoscopic prostatectomy (RALP): a glimpse into the future. *J Robot Surg.* 2022;16(4):765-774. DOI: [10.1007/s11701-021-01305-5](https://doi.org/10.1007/s11701-021-01305-5).
2. Ilic D, Evans SM, Allan CA, Jung JH, Murphy D, Frydenberg M. Laparoscopic and robotic-assisted versus open radical prostatectomy for the treatment of localised prostate cancer. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017;9(9):CD009625. DOI: [10.1002/14651858.CD009625.pub2](https://doi.org/10.1002/14651858.CD009625.pub2).
3. Chiumello D, Fratti I, Coppola S. The intraoperative management of robotic-assisted laparoscopic prostatectomy. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2023;36(6):657-665. DOI: [10.1097/ACO.0000000000001309](https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000001309).
4. Cotoia A, Discenza A, Rausedo 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](https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000002211).
5. Aceto P, Galletta C, Cambise C, Punzo G, Luca E, Schipa C, et al. 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/EA9.000000000000019](https://doi.org/10.1097/EA9.000000000000019).
6. 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](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269468).
7. 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](https://doi.org/10.1186/s13104-017-2672-z).
8. Pawlik MT, Prasser C, Zeman F, Harth M, Burger M, Denzinger S, et al. 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](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-038045).
9. Kılınc E, Yıldırım SA, Ulugöl H, Büyükköner 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](https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1273180).
10. 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](https://doi.org/10.2152/jmi.65.69).
11. 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](https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000686).
12. 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](https://doi.org/10.1038/s41598-023-30506-1).
13. 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.0b013.e3182a10e26](https://doi.org/10.1097/ALN.0b013.e3182a10e26).
14. 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](https://doi.org/10.23736/S0375-9393.23.17284-1).
15. Aceto P, Galletta C, Cambise C, Punzo G, Luca E, Schipa C, et al. 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/EA9.000000000000019](https://doi.org/10.1097/EA9.000000000000019).

### ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ ГЕМОДИНАМІКИ ПІД ЧАС РОБОТ-АСИСТОВАНИХ ОПЕРАТИВНИХ ВТРУЧАНЬ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВИДУ АНЕСТЕЗІЇ

Пліс М. О., Царьов О. В.

**Резюме.** Активне впровадження робот-асистованих технологій у клінічну практику супроводжується появою нових викликів для анестезіологічного забезпечення, зумовлених необхідністю створення пневмоперитонеуму та застосування крутого положення Тренделенбурга. Поєднання підвищеного внутрішньочеревного тиску, компресії великих судин і змін венозного повернення формує складну, варіабельну гемодинамічну відповідь, що може призводити до коливань артеріального тиску, зниження серцевого викиду та ризику інтраопераційної гіпотензії з потенційною органною гіперперфузією. У зв'язку з цим вибір оптимального методу анестезії набуває особливої клінічної значущості.

Метою дослідження було провести порівняльний аналіз змін системної гемодинаміки під час робот-асистованих оперативних втручань залежно від виду анестезіологічного забезпечення.

У дослідження включено 81 пацієнта з класом анестезіологічного ризику ASA I-III, яким у 2022-2024 роках виконували планові операції із застосуванням системи «da Vinci». Пацієнтів розподілено на дві групи: інгаляційна анестезія севофлураном (n=45) та тотальна внутрішньовенна анестезія пропофолом (n=36). Моніторинг систолічного, діастолічного та середнього артеріального тиску, а також частоти серцевих скорочень здійснювали на п'яти послідовних етапах оперативного втручання. Статистичний аналіз проводили з використанням непараметричних методів із рівнем значущості p<0,05.

Встановлено, що вихідні гемодинамічні показники у групах були зіставними. Упродовж інтраопераційного періоду в групі інгаляційної анестезії реєстрували достовірно вищі значення артеріального тиску та частоти

серцевих скорочень порівняно з групою тотальної внутрішньовенної анестезії ( $p < 0,05-0,01$ ). Найбільш виражені відмінності спостерігалися на етапі гемостазу.

Отримані дані свідчать про більш виражений кардіодепресивний та вазодилатаційний ефект пропофолу. Таким чином, метод анестезіологічного забезпечення є важливим чинником формування інтраопераційної гемодинамічної стабільності та має визначитися індивідуально з урахуванням віку пацієнта, супутньої патології та періопераційного ризику.

**Ключові слова:** знеболення, мінімально інвазивна хірургія, карбоксиперитонеум, моніторинг під час анестезії, гемодинамічний моніторинг, ризик пацієнта, анестезіологія.

### CHANGES IN HEMODYNAMIC PARAMETERS DURING ROBOT-ASSISTED SURGICAL PROCEDURES DEPENDING ON THE TYPE OF ANESTHESIA

Plis M. O., Tsarev A. V.

**Abstract.** The active implementation of robot-assisted technologies into clinical practice is accompanied by new challenges in anesthetic management, обусловед by the need to create pneumoperitoneum and to apply a steep Trendelenburg position. The combination of increased intra-abdominal pressure, compression of major vessels, and alterations in venous return forms a complex and variable hemodynamic response that may lead to fluctuations in arterial blood pressure, decreased cardiac output, and a risk of intraoperative hypotension with potential organ hypoperfusion. Therefore, the selection of an optimal anesthetic technique becomes particularly clinically significant.

The aim of the study was to perform a comparative analysis of changes in systemic hemodynamics during robot-assisted surgical procedures depending on the type of anesthetic management.

Eighty-one patients with an ASA physical status of I-III who underwent elective surgeries using the da Vinci system between 2022 and 2024 were included in the study. The patients were divided into two groups: inhalational anesthesia with sevoflurane ( $n=45$ ) and total intravenous anesthesia with propofol ( $n=36$ ). Systolic, diastolic, and mean arterial pressure, as well as heart rate, were monitored at five consecutive stages of the surgical procedure. Statistical analysis was performed using nonparametric methods with a significance level of  $p < 0.05$ .

Baseline hemodynamic parameters were comparable between the groups. During the intraoperative period, significantly higher arterial pressure and heart rate values were observed in the inhalational anesthesia group compared with the total intravenous anesthesia group ( $p < 0.05-0.01$ ). The most pronounced differences were noted at the hemostasis stage.

These findings indicate a more pronounced cardiodepressive and vasodilatory effect of propofol. Thus, the choice of anesthetic technique is an important determinant of intraoperative hemodynamic stability and should be individualized, taking into account the patient's age, comorbidities, and perioperative risk.

**Key words:** anesthesia, minimally invasive surgery, carboxyperitoneum, monitoring during anesthesia, hemodynamic monitoring, patient risk, anesthesiology.

#### ORCID and contribution / ORCID кожного автора та їх внесок до статті:

Plis M. O.: <https://orcid.org/0009-0008-2721-4160><sup>BCD</sup>

Tsarev A. V.: <https://orcid.org/0000-0002-2611-604X><sup>AEF</sup>

#### Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

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

#### Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Tsarev Aleksander Volodymyrovych / Царьов Олександр Володимирович  
Dnipro State Medical University / Дніпровський державний медичний університет  
Ukraine, 49000, Dnipro, 9 Volodymyr Vernadsky str. / Україна, 49000, м. Дніпро, вул. Володимира Вернадського 9

Tel.: 0637933755 / Тел.: 0637933755

E-mail: [resuscitation9@gmail.com](mailto:resuscitation9@gmail.com)

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

This article is distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution (CC-BY) License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited © All authors, 2026 / Ця стаття розповсюджується на умовах ліцензії **Creative Commons Attribution (CC-BY)**, яка дозволяє необмежене використання, поширення та відтворення в будь-якому форматі за умови належного цитування оригінальної роботи © Всі автори, 2026

Received 01.11.2025 / Стаття надійшла 01.11.2025 року

Accepted 27.02.2026 / Стаття прийнята до друку 27.02.2026 року

Published 27.03.2026 / Опубліковано 27.03.2026 року