

Неінвазивний контроль споживання кисню під час інгаляційної анестезії за методом Minimal flow протягом антирефлюксних лапароскопічних втручань

В. І. Черній^{ID A,D,E,F}, І. В. Штомпель^{*A,B,C,D}

Державна наукова установа «Науково-практичний центр профілактичної та клінічної медицини» Державного управління справами, м. Київ, Україна

A – концепція та дизайн дослідження; B – збір даних; C – аналіз та інтерпретація даних; D – написання статті; E – редагування статті; F – остаточне затвердження статті

Ключові слова:
севофлуран,
методи Low flow,
Minimal flow,
споживання кисню.

Патологія. 2020.
Т. 17, № 3(50).
С. 344-350

***E-mail:**
emergency@ukr.net

Мета роботи – вивчити особливості перебігу загальної анестезії антирефлюксних лапароскопічних втручань в абдомінальній хірургії при використанні севофлурану за методикою Low flow, Minimal flow із позиції протоколу ERAS.

Матеріали та методи. Проспективне, нерандомізоване дослідження виконали в ДНУ «Науково-практичний центр профілактичної та клінічної медицини» ДУС. Обстежили 40 пацієнтів із грижами стравохідного відділу діафрагми, яким виконали лапароскопічну круорографію та фундоплакції за Ніссеном. Обстежили 10 (25 %) чоловіків, 30 (75 %) жінок віком від 21 до 76 років. Пацієнти, яких залучили в дослідження, дали інформовану згоду на обстеження, виконання аналізів та опрацювання даних, що отримали. Усім пацієнтам під час операції проведена комбінована інгаляційна низькопотокова анестезія севофлураном у поєднанні з періопераційною мультимодальною аналгезією.

Пацієнтів поділили на 2 групи: в першу (Low flow anesthesia, n = 20) увійшли пацієнти, яким проведена комбінована інгаляційна анестезія севофлураном із потоком свіжої газової суміші (FGF) 1,0 л/хв; у другу (Minimal flow anesthesia, n = 20) – пацієнти, яким проведена комбінована інгаляційна анестезія севофлураном із потоком свіжої газової суміші (FGF) 0,5 л/хв.

Проаналізували показники моніторингу, який передбачав реєстрацію неінвазивного артеріального тиску, частоти серцевих скорочень, електрокардіографії в п'яти відведеннях, визначення периферичної кисневої сатурації (SpO₂) та плетизмограми, показників глибини анестезії за даними BIS, робочого тиску в операційному просторі (IAP). Постійно здійснювали моніторинг показників газообміну: капнографії, концентрації кисню, севофлурану в суміші на вдиху та видиху, параметрів вентиляції. Моніторинг доповнили розробленим і запатентованим авторським способом інтраопераційного неінвазивного контролю споживання кисню пацієнтом під час інгаляційної анестезії в умовах операційної. Формування, збереження, аналіз електронної бази даних, статистичне опрацювання та візуалізацію результатів дослідження виконали у ліцензійних версіях програм MedStat v. 4. і Microsoft Office.

Результати. У результаті дослідження споживання кисню пацієнтами першої та другої груп встановили, що на 3 і 4 етапах оперативного втручання рівень VO₂ вищий порівняно з 1, 2, 5, 6 етапами. Не встановили статистично значущі відмінності за показниками VO₂ в періоди, які вивчали, в першій і другій групах. В обох групах не визначили вірогідну статистичну різницю показників BIS на етапах оперативного втручання протягом 2–6 етапів дослідження, що були на рівні хірургічної стадії наркозу.

Висновки. Моніторинг споживання кисню пацієнтом – один із критеріїв інтраопераційної безпеки пацієнта й адекватності анестезіологічного забезпечення. Споживання кисню пацієнтом на всіх етапах оперативного втручання дає підстави стверджувати, що використання методу Minimal flow anesthesia безпечно для пацієнта.

Key words:
sevoflurane,
methods
of Low flow,
Minimal flow,
oxygen
consumption.

Pathologia
2020; 17 (3), 344-350

Non-invasive control of oxygen consumption during inhalation anesthesia of antireflux laparoscopic interventions by the method of Minimal flow

V. I. Chernii, I. V. Shtompel

Aim: to study the features of the general anesthesia of antireflux laparoscopic interventions in abdominal surgery using sevoflurane by the method of Low flow, Minimal flow from the standpoint of the ERAS protocol.

Materials and methods. The study was conducted at State Institution of Science "Research and Practical Centre of Preventive and Clinical Medicine" of State Administrative Department, it was prospective and not randomized. Forty patients with esophageal hernia of the diaphragm, who underwent laparoscopic crurography and Nissen fundoplication were examined. The age of patients ranged from 21 to 76 years. There were 10 men (25 %) and 30 women (75 %). Patients enrolled in the study had informed consent to be examined, tested, and processed. All patients underwent combined low-flow inhalation anesthesia with sevoflurane in combination with perioperative multimodal analgesia during surgery. Patients were divided into 2 groups. The first group – Low flow anesthesia (n = 20) included patients who underwent combined inhalation anesthesia with sevoflurane with a flow of fresh gas mixture (FGF) 1.0 l/min, the second group – Minimal flow anesthesia (n = 20) included patients who underwent combined inhalation anesthesia with sevoflurane with a fresh gas mixture (FGF) flow of 0.5 l/min. In the study, we analyzed monitoring indicators, which included registration of non-invasive blood pressure, heart rate, 5-lead electrocardiography, registration of peripheral oxygen saturation (SrO₂) + plethysmogram, depth of anesthesia

according to BIS, working pressure in the operating space. Gas exchange indicators – capnography, oxygen and sevoflurane concentration in the mixture during inhalation and exhalation, ventilation parameters were constantly monitored. The monitoring is supplemented by our developed and patented method of intraoperative non-invasive control of oxygen consumption by the patient during inhalation anesthesia in the operating room. Formation, storage, analysis of electronic database, statistical data processing and visualization of research results were performed in license packages: MedStat v. 4. and Microsoft Office.

Results. In the study of oxygen consumption by patients of the first and second groups, it was found that at stages 3 and 4 of surgery VO_2 was higher compared to stages 1, 2, 5, 6. Statistically significant differences in VO_2 in the study periods in the first and second groups were not detected. In both subgroups, there was no significant statistical difference between the indicators of BIS at the stages of surgery during 2–6 stages of the study, which were at the level of the surgical stage of anesthesia.

Conclusions. Monitoring of oxygen consumption by the patient is one of the criteria of intraoperative safety of the patient and adequacy of anesthesia. Oxygen consumption by the patient at all the stages of surgery makes it possible to claim that use of the method of Minimal flow anesthesia is safe for the patient.

Неинвазивный контроль потребления кислорода во время ингаляционной анестезии по методу Minimal flow в ходе антирефлюксных лапароскопических вмешательств

В. И. Черный, И. В. Штомпель

Цель работы – изучить особенности течения общей анестезии антирефлюксных лапароскопических вмешательств в абдоминальной хирургии при использовании севофлурана по методике Low flow, Minimal flow с позиции протокола ERAS.

Материалы и методы. Проспективное, нерандомизированное исследование проведено ГНУ «Научно-практический центр профилактической и клинической медицины» ГУД. Обследовали 40 пациентов с грыжами пищевого отдела диафрагмы, которым проведена лапароскопическая крурорафия и фундопликации по Ниссену. Обследовали 10 (25 %) мужчин и 30 (75 %) женщин в возрасте от 21 до 76 лет. Пациенты, включенные в исследование, подписали информированное согласие на обследование, проведение анализов и обработку полученных данных. Всем пациентам во время операции проведена комбинированная ингаляционная низкопоточная анестезия севофлураном в сочетании с периоперационной мультимодальной анальгезией.

Пациентов поделили на 2 группы: в первую (Low flow anesthesia, n = 20) вошли пациенты, которым проведена комбинированная ингаляционная анестезия севофлураном с потоком свежей газовой смеси (FGF) 1,0 л/мин; во вторую (Minimal flow anesthesia, n = 20) – пациенты, которым проведена комбинированная ингаляционная анестезия севофлураном с потоком свежей газовой смеси (FGF) 0,5 л/мин.

Проанализировали показатели мониторинга, который включал регистрацию неинвазивного артериального давления, частоты сердечных сокращений, электрокардиографию в пяти отведениях, определение периферической кислородной сатурации (SpO_2) и плетизмограммы, показателей глубины анестезии по данным BIS, рабочего давления в операционном пространстве (IAP). Постоянно проводили мониторинг показателей газообмена: капнографии, концентрации кислорода, севофлурана в смеси на вдохе и выдохе, параметров вентиляции. Мониторинг дополнен разработанным и запатентованным авторским способом интраоперационного неинвазивного контроля потребления кислорода пациентом во время ингаляционной анестезии в условиях операционной. Формирование, сохранение, анализ электронной базы данных, статистическая обработка и визуализация результатов исследования проведены в лицензионных версиях программ MedStat v. 4. и Microsoft Office.

Результаты. В результате исследования потребления кислорода пациентами первой и второй групп установлено, что на 3 и 4 этапах оперативного вмешательства уровень VO_2 выше по сравнению с 1, 2, 5, 6 этапами. Не установлены статистически значимые различия по показателям VO_2 в исследуемые периоды в первой и второй группах. В обеих группах не обнаружена достоверная статистическая разница показателей BIS на этапах оперативного вмешательства на протяжении 2–6 этапов исследования, которые находились на уровне хирургической стадии наркоза.

Выводы. Мониторинг потребления кислорода пациентом – один из критериев интраоперационной безопасности пациента и адекватности анестезиологического обеспечения. Потребление кислорода пациентом на всех этапах оперативного вмешательства дает возможность утверждать, что использование метода Minimal flow anesthesia безопасно.

Ключевые слова: севофлуран, методы Low flow, Minimal flow, потребление кислорода.

Патология. 2020.
Т. 17, № 3(50).
С. 344-350

Грижі стравохідного відділу діафрагми (ГСВД) – одне з найпоширеніших захворювань у гастроентерологічній практиці, яке діагностують у 26–50 % пацієнтів. У структурі захворювань шлунково-кишкового тракту ця патологія посідає третє місце після жовчнокам'яної хвороби, виразкової хвороби шлунка та дванадцятипалої кишки [1]. У 45–80 % пацієнтів із ГСВД діагностують гастроєзофагеальну рефлюксну хворобу (ГЕРХ), часто розвиваються тяжкі ускладнення, як-от кровотеча, пептична стриктура та виразка стравоходу, стравохід Барретта, рак стравоходу [2]. Консервативне лікування таких хворих, як правило, неефективне,

оскільки анатомічний дефект (ГСВД) і відкритий стравохідно-шлунковий кут не можна скорегувати медикаментозним шляхом [3].

3-поміж усіх хірургічних методик лікування ГСВД і ГЕРХ лапароскопічна крурорафія та фундоплікація за Ниссеном – операція вибору з ефективністю майже 90 % [4,5].

Останніми роками стала очевидно перевага інгаляційних методів анестезії, що позбавлені таких недоліків, як некерованість глибини наркозу, депресивний вплив на системи життєзабезпечення [6]. Сучасні інгаляційні анестетики метаболічно інертні,

менш токсичні, ефективні, керовані й екологічно безпечні [7]. Інгаляційна анестезія зробила великий крок уперед, що пов'язано з останніми досягненнями в галузі фарміндустрії та появою нових технологій в анестезіології. Поряд з появою низки нових інгаляційних анестетиків (ізофлуран, севофлуран, ксенон) почали застосовувати такі методи анестезії, як Low flow anesthesia та Minimal flow anesthesia [8,9]. Ці напрями в інгаляційній анестезії виявились одними з найперспективніших, оскільки зниження потоку газу дає змогу створити оптимальний мікроклімат у дихальному контурі, істотно знизити витрати дорогих інгаляційних анестетиків, вартість анестезіологічного забезпечення оперативного втручання, а також відпо-відують вимогам ERAS-протоколу [6].

Застосування низьких потоків під час операції потребує адекватного моніторингу концентрації анестетика в газовій суміші та її якісного складу. Тому розвиток використання низьких чи мінімальних потоків газової суміші, який спостерігають останніми роками, пов'язаний із прогресуванням та удосконаленням респіраторного обладнання, появою наркозних станцій з інтегрованими мультигазовими аналізаторами. Сучасні мультигазові аналізатори забезпечують точну подачу анестетиків, автоматичну компенсацію змін температури, тиску і потоку газів, а також дають змогу здійснювати неінвазивний моніторинг концентрації анестетика в кінці дихального циклу (ETAC), сприяючи оптимальному контролю за глибиною анестезії [10].

Реакцію організму на оперативне втручання, що супроводжується змінами метаболізму, називають хірургічним стресом, а головною метою анестезії вважають захист пацієнта від хірургічної агресії [11].

Закономірності взаємодії систем організму під час стресу до кінця не з'ясовані, але спрямованість більшості патофізіологічних маркерів стресу на збільшення аеробного енергетичного обміну очевидна. Вважають, що рівень енерговитрат під час стресу може перевищувати основний обмін у кілька разів, зумовлюючи необхідність збільшення споживання кисню (VO_2) [12]. Саме цей показник дає змогу об'єктивно оцінити якість анестезії з позиції захисту пацієнта від хірургічного стресу.

Мета роботи

Вивчити особливості перебігу загальної анестезії антирефлюксних лапароскопічних утручань в абдомінальній хірургії у разі використання севофлурану за методикою Low flow, Minimal flow із позиції протоколу ERAS.

Матеріали і методи дослідження

Проспективне, нерандомізоване дослідження виконали в ДНУ «Науково-практичний центр профілактичної та клінічної медицини» ДУС. Обстежили 40 пацієнтів із грижами стравохідного відділу діафрагми, яким виконали лапароскопічну крурорафію та фундоплекцію за Ніссеном. Обстежили 10 (25 %) чоловіків, 30 (75 %) жінок віком від 21 до 76 років. Пацієнти, яких залучили в дослідження, дали інформовану згоду на обсте-

ження, виконання аналізів та опрацювання даних, що отримали. Передопераційну підготовку пацієнтів визначали індивідуально. Усі хворі до операції отримували лікування за місцем проживання. До операції корегували порушення життєво важливих функцій, що зумовлені серцевою та легеневою патологіями, супутніми захворюваннями (цукровий діабет тощо).

Критерії виключення: відмова пацієнта від участі в дослідженні, наявність в анамнезі некомпенсованих захворювань серцево-судинної та дихальної систем, печінкової або ниркової дисфункції, захворювання крові, коагулопатії, ожиріння ($IMT >34,9$ кг/м²), вагітність, зловживання алкоголем, приймання психотропних препаратів. У дослідження не включали також пацієнтів із загальними протипоказаннями до анестезії з потоком свіжого газу менше ніж 1,0 л/хв (інтоксикація димом, злаякісна гіпертермія, цукровий діабет із кетоацидозом).

Ступінь передопераційного ризику пацієнтів за класифікацією фізичного стану Американського товариства анестезіологів – ASA II-IV. Тривалість загального знеболення – 2–3 години.

Усім пацієнтам під час операції проведена комбінована інгаляційна низькопотокова анестезія севофлураном у поєднанні з періопераційною мультимодальною аналгезією. Вона відповідала загальним принципам, що ухвалені ERAS-протоколом: безпека пацієнта – пріоритет, малоінвазивне хірургічне втручання, рання активізація пацієнта, задовільна післяопераційна аналгезія, мінімізація післяопераційної нудоти та блювання.

Пацієнтів поділили на 2 групи: в першу (Low flow anesthesia, n = 20) увійшли пацієнти, яким проведена комбінована інгаляційна анестезія севофлураном із потоком свіжої газової суміші (FGF) 1,0 л/хв; у другу (Minimal flow anesthesia, n = 20) – пацієнти, яким проведена комбінована інгаляційна анестезія севофлураном із потоком свіжої газової суміші (FGF) 0,5 л/хв. Індукцію наркозу здійснювали пропофолом із розрахунку 1,5–2,5 мг/кг.

Для аналгезії в усіх групах пацієнти протягом оперативного втручання отримували розчин фентанілу 0,005 % 2 мг/кг/хв як постійну інфузію шприцевим насосом. За 20 хвилин до завершення операції всі пацієнти отримували внутрішньовенно розчин декс-кетопрофену 50 мг.

Для релаксації під час оперативного втручання використовували атракуріуму бесилат 0,6 мг/кг із додатковими болюсами 0,2 мг/кг для підтримання релаксації під час карбоперитонеуму. Екстубацію трахеї виконували за умови повного відновлення самостійного дихання, захисних рефлексів дихальних шляхів і за наявності свідомості.

Анестезію проводили анестезіологічною станцією Drager Fabios Tiro. Інтраопераційний моніторинг здійснили інтегрованим монітором Drager Infinity Delta. Моніторинг передбачав реєстрацію неінвазивного артеріального тиску (АТ), частоти серцевих скорочень (ЧСС), електрокардіографії (ЕКГ) у п'яти відведеннях, визначення периферичної кисневої сатурації (SpO_2) та плетизмограми, показників глибини анестезії за даними BIS. Єдиний специфічний вид моніторингу –

Таблиця 1. Динаміка показників гемодинаміки, споживання кисню, BIS пацієнтів групи Low flow anesthesia (M ± m, n = 20)

Показники, одиниці вимірювання	Перший етап	Другий етап	Третій етап	Четвертий етап	П'ятий етап	Шостий етап
АТс, мм рт. ст.	141,13±11,35	129,35± 12,98	99,65± 9,32*‡	91,41± 8,17*‡	129,15±9,1‡	127,32± 10,11*
АТд, мм рт. ст.	83,46 ± 14,79	77,99 ± 10,93	67,46 ± 3,01*‡	64,54 ± 5,22*‡	77,88 ± 9,99*‡	76,12 ± 9,73*
СрАТ, мм рт. ст.	106,61 ± 7,01	97,39 ±10,12	69,87 ± 7,19*‡	63,22 ± 4,11*‡	88,11 ± 7,14*‡	87,78 ± 8,03*
ЧСС, ск/хв	75,13 ± 8,76	58,34 ± 8,91	70,56 ± 10,81	63,44 ± 6,12*‡	70,43 ± 11,44‡	72,61 ± 8,11
BIS	97,88 ± 2,22	46,14 ± 2,77*	49,13 ± 3,17*	49,15 ± 3,48*	47,94 ± 3,89*	57,87 ± 3,71*
VO ₂ , мл × хв ⁻¹	165 ± 7	163 ± 5	194 ± 7‡	187 ± 6*	167 ± 5	156 ± 6

*: вірогідна різниця з першим етапом, p < 0,01 за критерієм Вілкоксона; ‡: вірогідна різниця з попереднім етапом, p < 0,01 за критерієм Вілкоксона.

Таблиця 2. Динаміка показників гемодинаміки, споживання кисню, BIS пацієнтів групи Minimal flow anesthesia (M ± m, n = 20)

Показники, одиниці вимірювання	Перший етап	Другий етап	Третій етап	Четвертий етап	П'ятий етап	Шостий етап
АТс, мм рт. ст.	148,23 ± 10,83	124,67 ± 11,98	101,38 ± 7,48*‡	94,31 ± 9,17*	121,34 ± 9,9*‡	117,44 ± 10,34*
АТд, мм рт. ст.	87,67 ± 9,86	77,84 ± 10,34	60,47 ± 11,14*‡	60,41 ± 10,01*	73,84 ± 9,44*‡	74,21 ± 10,77*
СрАТ, мм рт. ст.	101,32 ± 8,01	91,24 ± 9,87	67,87 ± 3,17*‡	59,87 ± 4,99*‡	86,49 ± 8,14*‡	77,58 ± 10,09*
ЧСС, ск/хв	71,28 ± 10,87	57,05 ± 9,74*	75,13 ± 11,82*‡	66,34 ± 5,75*	70,43 ± 10,83*	67,12 ± 7,78
BIS	96,12 ± 2,76	49,87 ± 4,74*	47,17 ± 4,86*	50,14 ± 3,18*	47,02 ± 4,24*	51,24 ± 3,51*
VO ₂ , мл × хв ⁻¹	155 ± 7	168 ± 5	186 ± 7‡	176 ± 6*	167 ± 5	146 ± 6

*: вірогідна різниця з першим етапом, p < 0,01 за критерієм Вілкоксона; ‡: вірогідна різниця з попереднім етапом, p < 0,01 за критерієм Вілкоксона.

робочий тиск в операційному просторі (IAP). Постійно здійснювали моніторинг показників газообміну: капнографії, концентрації кисню, севофлурану в суміші на вдиху та видиху, параметрів вентиляції.

Протокол анестезіологічного забезпечення узгоджено з методичними рекомендаціями Drager для Low flow anesthesia та Minimal flow anesthesia севофлураном.

Зважаючи на те, що інгаляційна станція Drager Fabios Tiго обладнана парамагнітними датчиками точного вимірювання концентрації газу в режимі реального часу, розробили та запатентували спосіб інтраопераційного неінвазивного контролю споживання кисню пацієнтом під час інгаляційної анестезії в умовах операційної [13].

У доопераційному періоді потребу в кисні VO₂ (мл/хв) визначали за спрощеною формулою S. Brody: $VO_2 = 10 \times \text{кг} [\text{кг}]^{3/4}$.

В операційній після переведення пацієнта на штучну вентиляцію легень і підключення наркозної станції газовим модулем вимірювали вміст летючих анестетиків, вуглекислого газу, кисню на вдиху та видиху за допомогою газового модуля. Інформацію, яку отримали, передавали на комп'ютер у режимі реального часу, розраховували споживання кисню за формулою:

$$VO_2 = (FIO_2 - F_{\text{exp}O_2}) \times (VT - 2 \times IMT) \times f / 100,$$

де VO₂ – споживання кисню; FIO₂ – концентрація кисню на вдиху (%); F_{exp}O₂ – концентрація кисню на видиху (%); VT – дихальний об'єм (мл); IMT – ідеальна маса тіла пацієнта (кг); f – частота дихання.

Ідеальну масу розраховували за формулою Devine: для чоловіків IMT = 50 + 2,3 × (0,394 × зріст – 60); для жінок IMT = 45,5 + 2,3 × (0,394 × зріст – 60), зріст пацієнта наведено у см.

Етапи дослідження: вихідні дані перед операцією (перший етап), індукція в наркоз (другий), встановлення троакарів, початок карбоксиперитонеуму та

переведення пацієнта в положення анти-Тренделенбург (третій), мобілізація стравоходу, ушивання ніжок діафрагми та накладання фундаплікаційної манжети (четвертий), десуфляція, переведення пацієнта в горизонтальне положення та ушивання післяопераційної рани (п'ятий), кінець операції, пробудження пацієнта (шостий).

Формування, збереження, аналіз електронної бази даних, статистичне опрацювання та візуалізацію результатів дослідження виконали в ліцензійних версіях програм MedStat v. 4. та Microsoft Office (ліцензійний паспорт на серійний номер MS 000020). Для розрахунку рівня статистичної значущості відмінностей між двома залежними вибірками використовували непараметричний Т-критерій Вілкоксона.

Результати

У процесі дослідження в обох групах визначали показники: АТс, АТд, СрАТ, ЧСС, споживання кисню (VO₂), BIS. Результати наведені в *таблицях 1 і 2*.

На другому етапі операції в обох групах визначили тенденцію до зниження АТс, АТд і СрАТ, ЧСС, що зумовлено вазодилатувальним ефектом пропофолу під час внутрішньовенної індукції та негативною хронотропною дією фентанілу в комбінації з севофлураном.

На третьому етапі операції в обох групах у положенні анти-Тренделенбург виявлена статистично значуща різниця (p < 0,01) показників АТс, АТд, СрАТ із вихідними даними та попереднім етапом, що зумовлено зниженням венозного повернення та переднавантаження серця. Але рівень СрАТ в обох підгрупах свідчив про достатню перфузію органів і тканин на цьому етапі.

На четвертому, основному етапі операції, зареєстрували максимальне зниження показників АТс, АТд і СрАТ в обох групах. Ця зміна статистично значуща порівняно з першим і попереднім етапами (p < 0,01),

що зумовлено зниженим переднавантаженням і депресивним впливом карбоксиперитонеуму на серцевий викид. Особливої уваги потребував показник СрАТ в обох групах на рівні $63,22 \pm 4,11$ та $59,87 \pm 4,99$ відповідно. Корекція гемодинаміки відбувалася шляхом збільшення швидкості інфузії кристалоїдів із можливим призначення колоїдних розчинів, але без застосування симпатоміметиків (норадреналін, добутамін). Рівень ЧСС в обох підгрупах мав вірогідну різницю з першим етапом, але статистично не відрізнявся від попереднього.

За даними, що наведені, під час переведення пацієнта з положення анти-Тренделенбург у горизонтальне (п'ятий етап) та усунення карбоксиперитонеуму показники гемодинаміки в обох групах мали статистично значущу тенденцію до повернення до нормальних значень порівняно з попереднім етапом. Це підтверджують показники АТс, АТд, СрАТ і ЧСС на шостому етапі.

Споживання кисню пацієнтами першої групи на третьому та четвертому етапах оперативного втручання було більшим порівняно з 1, 2, 5, 6 етапами. Аналогічні результати визначили у другій групі. Не виявили статистично значущі відмінності за показником VO_2 в досліджувані періоди в першій і другій групах. Споживання кисню пацієнтом на всіх етапах оперативного втручання істотно нижче за показники FGF.

В обох підгрупах не встановили вірогідну різницю показника BIS на етапах оперативного втручання та протягом 2–6 етапів дослідження, коли перебували на рівні хірургічної стадії наркозу.

Хворих у стабільному стані переводили в палату. Післяопераційний перебіг – без особливостей.

Обговорення

Реакцію організму на оперативне втручання, що супроводжується змінами метаболізму, називають хірургічним стресом, а головною метою анестезії вважають захист пацієнта від хірургічної агресії. Закономірності взаємодії систем організму під час стресу до кінця не вивчені, але спрямованість більшості патофізіологічних маркерів стресу на збільшення аеробного енергетичного обміну очевидна. Вважають, що рівень енерговитрат при стресі може перевищувати основний обмін у кілька разів, що потребує відповідного збільшення VO_2 . Саме цей показник дає змогу об'єктивно оцінити якість анестезії з позиції захисту пацієнта від хірургічного стресу. Споживання кисню визначається потребою тканин в активності окисного фосфорилування, залежить від виду та функціональної активності тканини в певний час. Споживання кисню організмом під час анестезії залежить не тільки від маси тіла, але й від багатьох найрізноманітніших факторів (температура тіла, волемічний статус, глибина анестезії тощо). Проте вважають, що за відсутності будь-яких істотних відхилень у стані пацієнта VO_2 під час анестезії є приблизно постійною величиною.

У дослідженнях Н. Р. Pasichnyk, О. Sykes [14, 15] доведено, що потік кисню 250 мл/хв не завжди достатній для компенсації метаболічних потреб у кисні. Фактична кількість поглинутого кисню, як вважають,

суттєво варіюється в пацієнтів аналогічного віку, ваги, в різні періоди анестезії та може становити до 450 мл/хв. Незважаючи на те, що анестезія – стан, який потребує низького вмісту кисню, припустили, що для запобігання дефіциту кисню у тканинах під наркозом необхідний VO_2 щонайменше 330 мл/хв, і для досягнення цього потрібен вищий рівень надходження [16].

Під час проведення анестезії в режимі Low flow, Minimal flow кількість кисню, що надходить у контур, перевищує VO_2 тільки у 2–4 рази, а отже протягом роботи з низькими потоками свіжого газу важливого клінічного значення набуває величина споживання кисню.

Розроблений спосіб інтраопераційного неінвазивного контролю споживання кисню пацієнтом під час інгаляційної анестезії дає змогу індивідуалізувати розрахунок споживання кисню пацієнтом у до- та інтраопераційному періоді та зробити його точнішим шляхом врахування маси кожного пацієнта. Нині більшість сучасних інгаляційних станцій обладнано параманітними датчиками точного вимірювання концентрацій газу в режимі реального часу, що робить наведену методику зручною, неінвазивною та доступною для використання в умовах операційної.

Отже, аналіз результатів дослідження дає змогу зробити висновок, що методи Low flow anesthesia та Minimal flow anesthesia інгаляційної анестезії безпечні під час лапароскопічних антирефлюкських втручань за умови використання метаболічного та BIS-моніторингу для підтримки достатнього рівня перфузії органів, тканин і для адекватної глибини анестезії.

Висновки

1. Зміни гемодинаміки пацієнта на різних етапах оперативного втручання не залежать від методу інгаляційної анестезії (Low і Minimal flow anesthesia), а мають характер постуральних і залежать від величини тиску карбоксиперитонеуму.

2. Споживання кисню пацієнтом на всіх етапах оперативного втручання істотно нижче за показники FGF, що дає підстави стверджувати: використання методу Minimal flow anesthesia безпечно для пацієнта, задовільняє метаболічні потреби організму.

3. Моніторинг споживання кисню пацієнтом – один із критеріїв інтраопераційної безпеки пацієнта й адекватності анестезіологічного забезпечення.

Перспективи подальших досліджень. Вивчення можливості використання моніторингу споживання кисню в разі іншої хірургічної патології, як-от у баріатрії, загальній хірургії.

Фінансування

Дослідження виконане в рамках НДР «Удосконалення принципів «хірургії швидкого шляху» (Fast track surgery), ранньої післяопераційної реабілітації (протокол ERAS) і малоінвазивних методів хірургічного лікування окремих захворювань внутрішніх органів і черевної стінки, щитоподібної та прищитоподібних залоз», № держреєстрації 0114U002120.

Конфлікт інтересів: відсутній.

Conflicts of interest: authors have no conflict of interest to declare.

Надійшла до редакції / Received: 15.10.2020

Після доопрацювання / Revised: 30.10.2020

Прийнято до друку / Accepted: 09.11.2020

Відомості про авторів:

Черній В. І., д-р мед. наук, професор, член-кор. НАМН України, головний науковий співробітник, науковий відділ малоінвазивної хірургії, Державна наукова установа «Науково-практичний центр профілактичної та клінічної медицини» Державного управління справами, м. Київ, Україна.

ORCID ID: [0000-0002-9885-9248](https://orcid.org/0000-0002-9885-9248)

Штомпель І. В., лікар-анестезіолог, науковий відділ малоінвазивної хірургії, аспірант, Державна наукова установа «Науково-практичний центр профілактичної та клінічної медицини» Державного управління справами, м. Київ, Україна.

Information about authors:

Chernii V. I., MD, PhD, DSc, Professor, Corresponding Member of NAMS of Ukraine, Chief Researcher, Scientific Department of Minimally Invasive Surgery, State Institution of Science "Research and Practical Centre of Preventive and Clinical Medicine" of State Administrative Department, Kyiv, Ukraine

Shtompel I. V., MD, Anesthesiologist, Scientific Department of Minimally Invasive Surgery, Graduate Student, State Institution of Science "Research and Practical Centre of Preventive and Clinical Medicine" of State Administrative Department, Kyiv, Ukraine.

Сведения об авторах:

Черний В. И., д-р мед. наук, профессор, член-корр. НАМН Украины, главный научный сотрудник, научный отдел малоинвазивной хирургии, Государственное научное учреждение «Научно-практический центр профилактической и клинической медицины» Государственного управления делами, г. Киев, Украина.

Штомпель И. В., врач-анестезиолог, научный отдел малоинвазивной хирургии, аспирант, Государственное научное учреждение «Научно-практический центр профилактической и клинической медицины» Государственного управления делами, г. Киев, Украина.

Список літератури

- [1] Laparoscopic Nissen Rossetti fundoplication: Possibility towards day care anti-reflux surgeries / K. K. Bharatam, R. Raj, J. B. Subramanian et al. *Annals of Medicine and Surgery*. 2015. Vol. 4, Iss. 4. P. 384-387. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2015.10.005>
- [2] Component analysis of enhanced recovery pathways for esophagectomy / S. R. Markar, R. Naik, G. Malietzis et al. *Diseases of the esophagus*. 2017. Vol. 30, Iss. 10. P. 1-10. <https://doi.org/10.1093/dote/dox090>
- [3] Comparative effectiveness and analysis of postoperative outcomes after enhanced recovery programme for oesophagectomy / F. Puccetti, U. Fumagalli, S. De Pascale et al. *Clinical Nutrition ESPEN*. 2016. Vol. 12. P. e34. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2016.02.015>
- [4] Enhanced recovery after surgery protocol in patients undergoing esophagectomy for cancer: a single center experience / S. Giacopuzzi, J. Weindelmayer, E. Treppiedi et al. *Diseases of the esophagus*. 2017. Vol. 30, Iss. 4. P. 1-6. <https://doi.org/10.1093/dote/dow024>
- [5] Feasibility and outcomes of modified enhanced recovery after surgery for nursing management of aged patients undergoing esophagectomy / W. Li, B. Zheng, S. Zhang, et al. *Journal of thoracic disease*. 2017. Vol. 9, Iss. 12. P. 5212-5219. <https://doi.org/10.21037/jtd.2017.11.110>
- [6] Fast-track bariatric surgery improves perioperative care and logistics compared to conventional care / K. Dogan L. Kraaij, E. O. Aarts et al. *Obesity Surgery*. 2015. Vol. 25, Iss. 1. P. 28-35. <https://doi.org/10.1007/s11695-014-1355-2>
- [7] Effect of the Prolonged Inspiratory to Expiratory Ratio on Oxygenation and Respiratory Mechanics During Surgical Procedures / J. H. Park, J. S. Lee, J. H. Lee et al. *Medicine (Baltimore)*. 2016. Vol 95, Iss. 13. P. 10-13. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000003269>
- [8] Li F., Yuan Y. Meta-analysis of the cardioprotective effect of sevoflurane versus propofol during cardiac surgery. *BMC Anesthesiology*. 2015. Vol. 15. P. 128. <http://doi.org/10.1186/s12871-015-0107-8>
- [9] Is balanced analgesia (tramadol + paracetamol + dexketoprofen) a good option in laparoscopic colon surgery? / D. Bande, M. Sadurni, C. Garcia et al. *Clinical Nutrition ESPEN*. 2016. Vol. 12. P. e38-e39. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2016.02.029>

- [10] Recommendations for standards of monitoring during anaesthesia and recovery 2015 : Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland Anaesthesia / M. R. Checketts, R. Alladi, K. Ferguson et al. *Anaesthesia*. 2016. Vol. 71, Iss. 1. P. 85-93. <https://doi.org/10.1111/anae.13316>
- [11] Early implementation of Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) protocol – Compliance improves outcomes / M. Pedziwiatr, M. Kisialewski, M. Wierdak et al. *International Journal of Surgery*. 2015. Vol. 21. P. 75-81. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2015.06.087>
- [12] Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) for gastrointestinal surgery, Part 2: consensus statement for anaesthesia practice / A. Feldheiser, O. Aziz, G. Baldini et al. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. 2016. Vol. 60, Iss. 3. P. 289-334. <https://doi.org/10.1111/aas.12651>
- [13] Пат. № 141845 UA. Спосіб інтраопераційного неінвазивного контролю споживання кисню пацієнтом під час інгаляційної анестезії / І. В. Штомпель, В. І. Черній. № u201910927; заявл. 05.11.2019 ; опубл. 27.04.2020, Бюл. № 8. URL: <https://base.uipv.org/search/NV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=267987>
- [14] Пасічник Г. П. Особливості кисневого балансу та тканинного дихання при хірургічному лікуванні аденоми гіпофіза. *Медицина невідкладних станів*. 2015. № 7. С. 50-56.
- [15] Sykes O. Metabolic oxygen requirements. *Anaesthesia*. 2017. Vol. 72, Iss. 3. P. 415-416. <https://doi.org/10.1111/anae.13819>
- [16] Effects of pressure-controlled and volume-controlled ventilation on respiratory mechanics and systemic stress response during laparoscopic cholecystectomy / Sen O., Umutoglu T., N. Aydin et al. *SpringerPlus*. 2016. Vol. 5. P. 298. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-1963-5>

References

- [1] Bharatam, K. K., Raj, R., Subramanian, J. B., Vasudevan, A., Boduluri, S., Sriraman, K. B., & Abineshwar, N. J. (2015). Laparoscopic nissen rossetti fundoplication: Possibility towards day care anti-reflux surgeries. *Annals of Medicine and Surgery*, 4(4), 384-387. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2015.10.005>
- [2] Markar, S. R., Naik, R., Malietzis, G., Halliday, L., Athanasiou, T., & Moorthy, K. (2017). Component analysis of enhanced recovery pathways for esophagectomy. *Diseases of the esophagus*, 30(10), 1-10. <https://doi.org/10.1093/dote/dox090>
- [3] Puccetti, F., Fumagalli, U., De Pascale, S., Melis, A., & Rosati, R. (2016). Comparative effectiveness and analysis of postoperative outcomes after enhanced recovery programme for oesophagectomy. *Clinical Nutrition ESPEN*, 12, e34. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2016.02.015>
- [4] Giacopuzzi, S., Weindelmayer, J., Treppiedi, E., Bencivenga, M., Ceola, M., Priolo, S., Carlini, M., & de Manzoni, G. (2017). Enhanced recovery after surgery protocol in patients undergoing esophagectomy for cancer: a single center experience. *Diseases of the esophagus*, 30(4), 1-6. <https://doi.org/10.1093/dote/dow024>
- [5] Li, W., Zheng, B., Zhang, S., Chen, H., Zheng, W., & Chen, C. (2017). Feasibility and outcomes of modified enhanced recovery after surgery for nursing management of aged patients undergoing esophagectomy. *Journal of thoracic disease*, 9(12), 5212-5219. <https://doi.org/10.21037/jtd.2017.11.110>
- [6] Dogan, K., Kraaij, L., Aarts, E. O., Koheestanie, P., Hammink, E., van Laarhoven, C. J., Aufenacker, T. J., Janssen, I. M., & Berends, F. J. (2015). Fast-track bariatric surgery improves perioperative care and logistics compared to conventional care. *Obesity surgery*, 25(1), 28-35. <https://doi.org/10.1007/s11695-014-1355-2>
- [7] Park, J. H., Lee, J. S., Lee, J. H., Shin, S., Min, N. H., & Kim, M. S. (2016). Effect of the Prolonged Inspiratory to Expiratory Ratio on Oxygenation and Respiratory Mechanics During Surgical Procedures. *Medicine*, 95(13), e3269. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000003269>
- [8] Li, F., & Yuan, Y. (2015). Meta-analysis of the cardioprotective effect of sevoflurane versus propofol during cardiac surgery. *BMC anesthesiology*, 15, 128. <https://doi.org/10.1186/s12871-015-0107-8>
- [9] Bande, D., Sadurni, M., Garcia, C., Carazo, J., Corcoy, M., & Montes, A. (2016). Is balanced analgesia (tramadol + paracetamol + dexketoprofen) a good option in laparoscopic colon surgery? *Clinical Nutrition ESPEN*, 12, e38-e39. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2016.02.029>
- [10] Checketts, M. R., Alladi, R., Ferguson, K., Gemmell, L., Handy, J. M., Klein, A. A., Love, N. J., Misra, U., Morris, C., Nathanson, M. H., Rodney, G. E., Verma, R., Pandit, J. J., & Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland (2016). Recommendations for standards of monitoring during anaesthesia and recovery 2015: Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland. *Anaesthesia*, 71(1), 85-93. <https://doi.org/10.1111/anae.13316>
- [11] Pedziwiatr, M., Kisialewski, M., Wierdak, M., Stanek, M., Natkaniec, M., Matlok, M., Major, P., Malczak, P., & Budzyński, A. (2015). Early implementation of Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) protocol – Compliance improves outcomes: A prospective cohort study. *International journal of surgery*, 21, 75-81. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2015.06.087>

- [12] Feldheiser, A., Aziz, O., Baldini, G., Cox, B. P., Fearon, K. C., Feldman, L. S., Gan, T. J., Kennedy, R. H., Ljungqvist, O., Lobo, D. N., Miller, T., Radtke, F. F., Ruiz Garces, T., Schrickler, T., Scott, M. J., Thacker, J. K., Ytrebø, L. M., & Carli, F. (2016). Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) for gastrointestinal surgery, part 2: consensus statement for anaesthesia practice. *Acta anaesthesiologica Scandinavica*, 60(3), 289-334. <https://doi.org/10.1111/aas.12651>
- [13] Shtompel, I. V. & Chernii, V. I. (2020). *Sposib intraoperatsiinoho neinvazyvnoho kontroliu spozhyvannia kysniu patsientom pid chas inhaliatsiinoi anestezii* [Method of intraoperative non-invasive control of oxygen consumption by patient during inhalation anesthesia]. Ukraine Patent UA 141845. <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=267987>
- [14] Pasichnyk, H. P. (2015). Osoblyvosti kisnevogo balansu ta tkanyynogo dihannya pru chirurgichnomu likuvanni adenoma gipofiza [Features of oxygen balance and tissue respiration in the surgical treatment of pituitary adenomas]. *Medytsyna nevidkladnykh staniv*, (7), 50-56. [In Ukrainian].
- [15] Sykes O. (2017). Metabolic oxygen requirements. *Anaesthesia*, 72(3), 415-416. <https://doi.org/10.1111/anae.13819>
- [16] Sen, O., Umutoglu, T., Aydin, N., Toptas, M., Tutuncu, A. C., & Bakan, M. (2016). Effects of pressure-controlled and volume-controlled ventilation on respiratory mechanics and systemic stress response during laparoscopic cholecystectomy. *SpringerPlus*, 5, 298. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-1963-5>