

УДК 616.26-091:616.381-003.219:616.36-008.5]-092.9

[https://doi.org/10.52058/2786-4952-2025-6\(52\)-1988-1998](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2025-6(52)-1988-1998)

Кріцак Мирослав Юрійович кандидат медичних наук, доцент кафедри хірургії факультету післядипломної освіти, Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України, м. Тернопіль, тел.: (097)760-25-96, <https://orcid.org/0000-0003-1020-3584>

Головата Тетяна Кирилівна кандидат медичних наук, доцент кафедри патологічної анатомії з секційним курсом та судовою медициною, Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України, м. Тернопіль, <https://orcid.org/0000-0001-9989-6510>

Камінський Ростислав Феліксович кандидат медичних наук, доцент кафедри описової та клінічної анатомії, Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, <https://orcid.org/0000-0001-5744-7581>

ЕФЕКТ ПНЕВМОПЕРИТОНЕУМУ НА ГЕМОМІКРОЦИРКУЛЯТОРНЕ РУСЛО М'ЯЗОВОЇ ЧАСТИНИ ДІАФРАГМИ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ЖОВТЯНИЦІ: ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НА МОДЕЛІ ЩУРІВ

Анотація. В останні роки лапароскопічні методи значно просунулися в малоінвазивній гепатобіліарній та панкреатичній хірургії. Одним із ефектів внутрішньочеревного тиску при у лапароскопії є, те що дана фізична дія змінює фізіологію органів черевної та грудної порожнини.

Мета дослідження. Провести морфометричний аналіз особливостей структурної перебудови гемомікроциркуляторного русла діафрагми в умовах пневмоперитонеуму з внутрішньочеревним тиском 10 мм.рт.ст. різної тривалості при змодельованій механічній жовтяниці.

Матеріали та методи. Для вирішення мети дослідження експеримент виконано на статевозрілих щурах репродуктивного періоду (6-7 місяців), масою ($230,0 \pm 20,0$) грам, в кількості 60 особин. Експериментальних тварин було розділено на чотири групи. У першу групу – контрольну увійшли 15 особин із механічною жовтяницею. Наступні три групи (дослідні групи), включали по 15 щурів з жовтяницею в кожній, відрізнялась по тривалості створеного пневмоперитонеуму. У першій групі відбір діафрагми здійснювали через 1 годину після створення пневмоперитонеуму, у другій групі – через 3 години, у третій групі – через 5 годин. Після відбору макропрепарату діафрагми проводили розділення окремо поперекової, ребрової частин, які поміщали в окремі пробірки із 10 % розчином нейтрального формаліну, виготовляли

гістологічні зрізи товщиною 5–7 мкм, які після депарафінізації фарбували гематоксиліном, залізним гематоксиліном за Гейденгайном, проводилася ШИК-реакція.

Результати дослідження. Проаналізувавши отримані морфометричні параметри судин гемомікроциркуляторного русла ребрової та поперекової частин діафрагми свідчать, що пневмоперитонеум стандартного тиску впливає на ці показники. Так: приносна (артеріоли, передкапілярні артеріоли), обмінна (гемокапіляри) ланки гемомікроциркуляторного русла звужуються, а венозні структури (посткапілярні венули, венули) розширюються. При цьому вказані зміни переважають III дослідній групі, що вказує на те, що зміни залежать від тривалості створеного внутрішньочеревного тиску. Також страждав показник щільності капілярного русла і демонстрував своє зменшення з кожною годиною пневмоперитонеума. Домінуюче розширення посткапілярних венул та венул призводило до венозного повнокров'я, яке зумовлювало набряк у судинних стінках та перивазальній стромі, що підтримувало та посилювало стан гіпоксії.

Висновки. Пневмоперитонеум, за умови наявності механічної жовтяниці, призводить до виражених гемодинамічних змін, які характеризуються звуженням приносної ланки і розширенням виносної ланки мікросудин мязової частини діафрагми. Найбільш виражені зміни відбувались у III дослідній групі те тривалість внутрішньочеревного тиску становила 3 години.

Ключові слова: лапароскопія, пневмоперитонеум, діафрагма, морфометрія, гемомікроциркуляторне русло, механічна жовтяниця, експеримент.

Kritsak Myroslav Yuriiiovych PhD, MD, Associate Professor of department of Surgery Faculty of Postgraduate Education I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, tel.: (097)760-25-96, <https://orcid.org/0000-0003-1020-3584>

Holovata Tetiana Kyrylivna PhD, MD, Associate Professor of department of Pathologic Anatomy, Autopsy Course and Forensic Pathology, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, <https://orcid.org/0000-0001-9989-6510>

Kaminsky Rostyslav Feliksovych PhD, MD, Associate Professor of the Department of Descriptive and Clinical Anatomy Bogomolets National Medical University, Kyiv, <https://orcid.org/0000-0001-5744-7581>

EFFECT OF PNEUMOPERITONEUM ON THE HEMOMICROCIRCULATORY CHANNEL OF THE MUSCULAR PART OF THE DIAPHRAGM IN MECHANICAL JAUNDICE: AN EXPERIMENTAL STUDY IN A RAT MODEL

Abstract. In recent years, laparoscopic techniques have made significant advances in minimally invasive hepatobiliary and pancreatic surgery. One of the effects

of intra-abdominal pressure during laparoscopy is that this physical action alters the physiology of the abdominal and thoracic organs.

The aim of the study. To conduct a morphometric analysis of the features of the structural reorganization of the hemomicrocirculatory bed of the diaphragm under conditions of pneumoperitoneum with intra-abdominal pressure of 10 mmHg of different duration during simulated mechanical jaundice.

Material and methods. To solve the research goal, the experiment was performed on sexually mature rats of the reproductive period (6-7 months), weighing (230.0 ± 20.0) grams, for individuals. Experimental animals were divided into four groups. The first group - the control group - included 15 individuals with mechanical jaundice. The next three groups (experimental groups), included 15 rats with jaundice in each, differing in the duration of the created pneumoperitoneum. In the first group, the diaphragm was selected 1 hour after the creation of pneumoperitoneum, in the second group - after 3 hours, in the third group - after 5 hours. After selecting a macropreparation of the diaphragm, the lumbar and costal parts were separated separately, which were placed in separate test tubes with a 10% solution of neutral formalin, histological sections 5–7 μm thick were made, which after deparaffinization were stained with hematoxylin, iron hematoxylin according to Heidenhain, and the SHIK reaction was performed.

Research results. Analyzing the obtained morphometric parameters of the vessels of the hemomicrocirculatory bed of the costal and lumbar parts of the diaphragm, it is shown that pneumoperitoneum of standard pressure affects these indicators. Thus: the afferent (arterioles, precapillary arterioles), exchange (hemocapillaries) links of the hemomicrocirculatory bed narrow, and the venous structures (postcapillary venules, venules) expand. At the same time, these changes prevail in the III experimental group, which indicates that the changes depend on the duration of the created intra-abdominal pressure. The capillary bed density indicator also suffered and demonstrated its decrease with each hour of pneumoperitoneum. The dominant expansion of postcapillary venules and venules led to venous congestion, which caused edema in the vascular walls and perivascular stroma, which maintained and intensified the state of hypoxia.

Conclusions. Pneumoperitoneum, in the presence of mechanical jaundice, leads to pronounced hemodynamic changes, which are characterized by narrowing of the afferent link and expansion of the efferent link of the microvessels of the muscular part of the diaphragm. The most pronounced changes occurred in the III experimental group, when the duration of intra-abdominal pressure was 3 hours.

Keywords: laparoscopy, pneumoperitoneum, diaphragm, morphometry, hemomicrocirculatory system, mechanical jaundice, experiment.

Постановка проблеми. Лапароскопічні методи лікування широко використовуються в хірургічних операціях завдяки своїй мінімальній інвазивності та сприянню швидкому одужанню пацієнтів. В останні роки

лапароскопічні методи значно просунулися в малоінвазивній гепатобіліарній та панкреатичній хірургії. Одним із ефектів внутрішньочеревного тиску при у лапароскопії є, те що дана фізична дія змінює фізіологію органів черевної та грудної порожнини. Змушує зміщатись діафрагму краніально, зменшуючи об'єм плевральної порожнини, про це наявні багато наукових робіт, проте характеристика змін морфометричних показників досі не вивчені. Вивчення особливостей гемомікроциркуляторного русла при наявності пневмоперитонеума протягом різної тривалості є актуальним завданням сьогодення в міру того що кількість операцій ендоскопічним методом невідомо зростає.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Лапароскопічний метод лікування на даний час є методом вибору при виконанні будь-якої хірургічної операції. Абсолютних протипоказів до використання даного методу майже немає, залишається лише велика крововтрата або кровотеча, яка триває [1]. Першочерговим для будь-якої хірургічної операції лапароскопічним шляхом є створення пневмоперитонеуму (ПП) за допомогою вуглекислого газу (CO₂). Розуміння та вивчення патофізіологічного впливу збільшеного внутрішньочеревного тиску під час ПП створеного CO₂ є важливим, оскільки системні зміни організму через збільшений тиск CO₂ стали важливими на даний час [1, 2].

Незважаючи на переваги, лапароскопічна хірургія та CO₂ впливають на багато органів та систем організму, таких як мозок, легені, нирки та печінка [2, 3, 4]. Діафрагма не можна сказати що є одним із критичних органів, але її функція в організмі людини дуже важлива, як головного дихального м'яза. Відомо що при наявності ПП діафрагма зміщується в каудальному напрямку на 2-3 см, зменшуючи тим самим об'єм легень [3, 4]. Є повідомлення в літературі про наявність післяопераційного болю, так званого «френікус симптом», який пов'язують із перерозтягненням діафрагми та порушення діафрагмального нерва, зв'язане із збільшеним тиском всередині черевної порожнини викликаним інсуфляцією CO₂ [5]. Ці дані наводять на думку, а що ж відбувається з діафрагмою на мікроскопічному рівні. Наукових праць у даному напрямку дуже обмежена кількість.

Є багато повідомлень, що ПП спричинює зміни кровотоку, а саме виникає ішемія на час створення тиску а також венозне повнокров'я. Повідомлялося, що, пов'язане з ПП, зниження кровотоку може спричинити ішемічні зміни в органах черевної порожнини [4, 7, 8]. Найбільша кількість повідомлень зустрічається при розгляді фізіологічних змін ниркового кровообігу. Експериментальні дослідження продемонстрували значне зниження швидкості клубочкової фільтрації, відтоку сечі та ниркового кровотоку [8, 9]. Ці ефекти можуть залежати від тиску CO₂ в черевній порожнині, що застосовується під час ПП, з кількома іншими механізмами, такими як зменшення серцевого викиду [2, 8].

Ще одним захворюванням, що впливає на органи та системи організму, є механічна жовтяниця (МЖ) [10, 12]. Перекриття жовчовивідних шляхів і порушення відтоку жовчі спричиняє накопичення багатьох речовин із

системною токсичною дією, насамперед жовчних солей та білірубіну [6]. Жодне дослідження не задокументовано як підвищений рівень білірубіну самостійно і в поєднанні із збільшеним тиском в черевній порожнині впливає на гістологічну структуру діафрагми. Чому це представляє інтерес? Частка патологічних станів, які супроводжуються жовтяницею в хірургічній практиці різних клінік становить за даними різних авторів 7-24,7 % [6, 7]. Майже всі оперативні втручання в цих пацієнтів виконуються малоінвазивним методом.

Мета. Провести морфометричний аналіз особливостей структурної перебудови гемомікроциркуляторного русла діафрагми в умовах пневмоперитонеуму з внутрішньоочеревним тиском 10 мм.рт.ст. різної тривалості при змодельованій механічній жовтяниці.

Матеріал та методи дослідження.

Для вирішення мети дослідження експеримент виконано на статевозрілих щурах репродуктивного періоду (6-7 місяців), масою ($230,0 \pm 20,0$) грам, в кількості 60 особин. Тварин утримували в умовах акредитованого віварію на базі Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського. Досліди проводилися за наявності світлового дня у приміщенні при температурі ($20-22$)°C, відносній вологості (60-80) % і освітленості 250 лк. Умертвіння тварин здійснювали шляхом передозування Thiopental sodium з розрахунку 75 мг/кг маси тіла тварини, який вводили внутрішньоочеревинно. Після чого проводили відбір діафрагми згідно авторського права на твір [15]. Експериментальних тварин було розділено на чотири групи. У першу групу – контрольну (КГ) увійшли 15 особин, яким моделювали механічну жовтяницю але не проводилось моделювання пневмоперитонеуму. Наступні три групи (дослідні групи), які включали по 15 щурів в кожній відрізнялась по тривалості створеного ПП. У першій дослідній групі (ДГ) відбір діафрагми здійснювали через 1 годину після створення пневмоперитонеуму, у другій групі – через 2 години, у третій групі – через 3 годин.

Тварин перед створенням моделі жовтяниці і створення ПП знеболювали шляхом введення Кетаміну (90 мг/кг) і Ксилазину (10 мг/кг), методом внутрішньом'язової ін'єкції. Перед оперативним втручанням передню черевну стінку голили, та тричі проводили обробку операційного поля антисептиками, обкладали стерильними салфетками. Після чого здійснювали серединний лапаротомний доступ довжиною 3 см. Через доступ обережного витягували шлунок та дванадцятипалу кишку, після чого візуалізували загальну жовчну протоку та панкреатичну протоку після чого перев'язували холедох шовним матеріалом.

На 7-му добу у щурів основних груп знову знеболювали вище описаним методом і проводили розріз шкіри довжиною співставною до діаметра голки Вереща, яку вводили у черевну порожнину і підєднували до інсуфлятора KARL STORZ electronic laparoflator 264300 20 і моделювали пневмоперитонеум, тиском

10 мм.рт.ст. згідно авторського свідоцтва [16]. У КГ відбір діафрагми створювали на 7-му добу без створення ПП.

Після відбору макропрепарату діафрагми проводили розділення окремо поперекової, ребрової частин, які поміщали в окремі пробірки із 10 % розчином нейтрального формаліну. Після цього матеріал зневоднювали в етилових спиртах зростаючої концентрації та заливали у парафін. З кожного парафінового блоку на мікротомі виготовляли гістологічні зрізи товщиною 5–7 мкм, які після депарафінізації фарбували гематоксиліном, залізним гематоксиліном за Гейденгайном, проводилася ШИК-реакція. Серед морфометричних параметрів вивчались: діаметр артеріол (ДА); діаметр передкапілярних артеріол (ДПА); діаметр гемокапілярів (ДГ); діаметр закапілярних венул (ДЗВ); діаметр венул (ДВ); щільність капілярного русла (ЩКР).

Всі експериментальні маніпуляції на лабораторних тваринах були проведені згідно положень Європейської конвенції щодо захисту хребетних тварин, яких використовують в експериментальних та інших наукових цілях від 18.03.1986 р., Директиви Ради Європи 2010/63/EU, Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження». Цифровий матеріал був оброблений статистично з використанням програмного забезпечення “Excel” (“Microsoft”, США) та “STATISTICA” 5.5 (“Statsoft”, США) з використанням параметричних методів оцінки отриманих даних.

Виклад основного матеріалу.

Таблиця 1. Морфометрична характеристика гемомікроциркуляторного русла м'язової частини діафрагми за умов пневмоперитонеуму та механічної жовтяниці ($M \pm m$)

Показник	Групи тварин							
	Контрольна група		I дослідна група		II дослідна група		III дослідна група	
	Реброва частина	Поперекова частина	Реброва частина	Поперекова частина	Реброва частина	Поперекова частина	Реброва частина	Поперекова частина
ДА, мкм	17,01 $\pm$ 0,25	17,08 $\pm$ 0,32	15,06 $\pm$ 0,18	14,86 $\pm$ 0,13	14,68 $\pm$ 0,20	14,64 $\pm$ 0,18	13,58 $\pm$ 0,21***	13,45 $\pm$ 0,19***
ДПА, мкм	10,15 $\pm$ 0,40	10,20 $\pm$ 0,35	9,35 $\pm$ 0,18	9,33 $\pm$ 0,17	9,15 $\pm$ 0,18	9,10 $\pm$ 0,16	8,13 $\pm$ 0,20***	8,07 $\pm$ 0,11***
ДГ, мкм	5,30 $\pm$ 0,16	5,38 $\pm$ 0,16	4,80 $\pm$ 0,12	4,74 $\pm$ 0,11	4,35 $\pm$ 0,15*	4,32 $\pm$ 0,16*	4,12 $\pm$ 0,11**	4,10 $\pm$ 0,11**
ДЗВ, мкм	11,87 $\pm$ 0,36	11,91 $\pm$ 0,33	13,20 $\pm$ 0,18	13,23 $\pm$ 0,13	14,10 $\pm$ 0,29**	14,12 $\pm$ 0,16**	15,65 $\pm$ 0,16***	15,72 $\pm$ 0,25***
ДВ, мкм	27,40 $\pm$ 0,34	27,45 $\pm$ 0,40	28,81 $\pm$ 0,21	28,87 $\pm$ 0,17	30,77 $\pm$ 0,22***	31,13 $\pm$ 0,25***	33,50 $\pm$ 0,18***	33,53 $\pm$ 0,27***
ЩКР в 1мм ²	3790,88 $\pm$ 35,56	3795,00 $\pm$ 57,50	3613,8 $\pm$ 13,9	3612,5 $\pm$ 14,1	3448,1 $\pm$ 12,7***	3447,3 $\pm$ 15,1***	3027,9 $\pm$ 18,1***	3025,8 $\pm$ 27,4***

Примітка: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$ порівняно із 1-ю годиною дослідження

Результати морфометричних вимірювань судин гемомікроциркуляторного русла представлені у таблиці 1. Всебічний аналіз отриманих показників через 1 годину в умовах ПП 10 мм рт. ст. і їх порівняння із даними контрольної групи тварин показав статистично значущі зміни параметрів ($p < 0,001$). Так у ребровій частині діафрагми діаметр артеріол, передкапілярних артеріол та гемокапілярів зменшувався на 11,46 %, 7,88 % і 9,43 % відповідно. Аналогічні показники у поперековій частині діафрагми також знижувалися: діаметр артеріол на 12,79 %, діаметр передкапілярних артеріол – на 8,53% і діаметр гемокапілярів – на 11,9 %.

Натомість морфометричні показники мікросудин виносної ланки демонструють їх розширення. У ребровій частині показник діаметру закапілярних венул зростає на 10,1 %, а показник діаметра венул збільшувався на 4,89 %. У ніжках діафрагми діаметр закапілярних венул збільшувався на 9,98 % і діаметр венул – на 4,92 %. Щільність капілярного русла зменшувалася у ребровій частині на 4,7 %, у поперековій частині – на 4,8 %. Наведені дані свідчать про погіршення гомеостазу у досліджуваних частинах діафрагми уже через 1 годину тривалості такого рівня пневмоперитонеуму.

Через 2 години в заданих умовах експерименту мікросудини приносної ланки звужувалися порівняно з першим терміном. Діаметр артеріол у ребровій частині зменшувався на 2,52 %, а в ніжках на 1,48 %, діаметр передкапілярних артеріол ставав меншим у ребровій частині на 2,14 %, у ніжках – на 2,47 %. Різниця наведених морфометричних параметрів статистично недостовірна ($p > 0,05$). Діаметр гемокапілярів статистично достовірно ($p < 0,05$) відрізнявся порівняно із показником, отриманим через 1 годину у ребровій частині він був меншим на 9,37 % і у ніжках на 8,86 %.

Мікросудини в даних умовах розширювалися. Діаметр закапілярних венул ребрової частини статистично достовірно ($p < 0,01$) зріс на 6,38 %, а діаметр венул збільшився на 6,37 % ($p < 0,001$). У поперековій частині діафрагми зазначені параметри статистично достовірно зменшувалися на 6,3 % ($p < 0,01$) та 6,17 % ($p < 0,001$). Щільність судин мікроциркуляторного русла на цьому терміні знижувалася майже однаково у ребровій частині на 4,59 % і у ніжках на 4,57 %. Значення цих параметрів виявилися статистично достовірними ($p < 0,001$).

Кількісні морфологічні показники через 3 години тривалості ПП показали статистично достовірне зменшення діаметрів мікросудин приносної ланки, порівняно із 1-ю годиною спостереження. Так кількісний показник діаметра артеріол у ребровій частині становив $(13,58 \pm 0,21)$ мкм, що було менше на 9,83 % ($p < 0,001$), а в ніжках – $(13,45 \pm 0,19)$ мкм або на 9,49 % менше ($p < 0,001$). Обидва показники діаметра передкапілярних артеріол статистично достовірно ($p < 0,001$) відрізнялися від аналогічних через 1 годину. У ребровій частині він дорівнював $(8,13 \pm 0,20)$ мкм, а в ніжках мав значення $(8,07 \pm 0,11)$ мкм або на 13,05 % і 13,5 % менше. Діаметр гемокапілярів $(4,12 \pm 0,11)$ мкм зменшувався на 14,17 % ($p < 0,01$) у ребровій частині та на 13,5 % у ніжках діафрагми $(4,10 \pm 0,11)$ мкм ($p < 0,01$).

Діаметри закапілярних венул і венул збільшувалися, що підтверджувало подальше розширення цих судин за заданих умов. Так діаметр закапілярних венул у ребровій частині становив $(15,65 \pm 0,16)$ мкм ($p < 0,001$), що було на 15,65 % менше, а в ніжках цей показник дорівнював $(15,72 \pm 0,25)$ мкм ($p < 0,001$) або на 15,84 % менше значень, отриманих через 1 годину. З високою статистичною достовірністю ($p < 0,001$) зменшувався діаметр венул: на 14 % у ребровій частині, що становило $(33,50 \pm 0,18)$ мкм ($p < 0,001$) і на 13,9 % в поперековій частині, де дорівнював $(33,53 \pm 0,27)$ мкм. Згідно параметрів, вказаних у таблиці, щільність судин мікроциркуляторного русла через 3 години у ребровій частині становила $(3027 \pm 18,1)$, а в поперековій $(3025,8 \pm 27,4)$, тобто на 16,21 % і на 16,24 % менше, ніж на першому дослідному терміні ($p < 0,001$).

Механічна жовтяниця розширює жовчновивідні шляхи, гепатоцити та індукує системну запальну відповідь, потенційно призводячи до ускладнень і тяжчого післяопераційного періоду. Вплив пневмоперитонеуму при лапароскопії та втручання на жовчовивідних шляхах у пацієнтів із гострою жовтяницею мало описаний в літературі. У цьому експерименті ми представили свої результати для зрозуміння патологічних впливів жовтяниці та ПП, який завжди використовується в лапароскопії. Відомо з літературних джерел що тиск на рівні 12-15 мм.рт.ст. у людському організмі викликає аналогічні системні зміни в організмі щура при тиску 10 мм.рт.ст., тому нами вибрано рівень у 10 мм.рт.ст..

Результати дослідження породжують нові питання. Ми очікувати, що група тварин на жовтяницю матиме зміни діафрагми, так як викликає подібні зміни у інших органах черевної порожнини. Проте ми не очікували, що наявність ПП поглиблює гістологічні зміни і ці зміни залежать від тривалості ПП. При пошуку літературних джерел щодо впливу ПП та МЖ на дихальний м'яз, ми можемо сказати, що наше дослідження є одне з перших. Більшість праць ґрунтуються на впливі на організм в цілому інтраабдомінального тиску під час лапароскопічних оперативних втручань. Проте було кілька повідомлень, пов'язаних із несприятливим впливом CO_2 на діафрагму після лапароскопічної операції, особливо виникнення так званого френікус-синдрому. Також відмічено що під час ПП зміщується діафрагма вгору, зменшуючи податливість легень зменшуючи тим самим дихальний об'єм та об'єм плевральної порожнини і підвищує максимальний тиск у дихальних шляхах.

Висновки. Пневмоперитонеум, за умови наявності механічної жовтяниці, призводить до виражених гемодинамічних змін, які характеризуються звуженням приносної ланки і розширенням виносної ланки мікросудин мязової частини діафрагми. Найбільш виражені зміни відбувались у III дослідній групі те тривалість внутрішньочеревного тиску становила 3 години, що характеризувалась зменшенням діаметру артеріол на 20,2 % і 21,5 %, діаметру прекапілярних артерій на 19,8 % і 20,9 % відповідно у ребровій та поперековій частинах. На цьому терміні відбувалось збільшення діаметру закапілярних вен на 31,8 % та 31,9 %, діаметру вен на 22,3 % та 22,1 % відповідно у ребровій та поперековій частинах.

Література:

1. Wang JK, Wu ZR, Hu HJ, Li FY. Is laparoscopy contraindicated for advanced gallbladder cancer?. Clin Res Hepatol Gastroenterol. 2019;43(4):e61-e62. doi:10.1016/j.clinre.2018.10.003.
2. Ortenzi M, Montori G, Sartori A, et al. Low-pressure versus standard-pressure pneumoperitoneum in laparoscopic cholecystectomy: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Surg Endosc. 2022;36(10):7092-7113. doi:10.1007/s00464-022-09201-1
3. Łagosz P, Sokolski M, Biegus J, Tycinska A, Zymliński R. Elevated intra-abdominal pressure: A review of current knowledge. World J Clin Cases. 2022;10(10):3005-3013. doi:10.12998/wjcc.v10.i10.3005
4. Ott DE. Abdominal Compliance and Laparoscopy: A Review. JSLS. 2019;23(1):e2018.00080. doi:10.4293/JSLS.2018.00080
5. Bilgic T, Narter F. Effects of pneumoperitoneum with carbon dioxide on renal and hepatic functions in rats. Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne. 2020;15(4):574-582. doi:10.5114/wiitm.2020.93990
6. Sao CH, Chan-Tiopiano M, Chung KC, et al. Pain after laparoscopic surgery: Focus on shoulder-tip pain after gynecological laparoscopic surgery. J Chin Med Assoc. 2019;82(11):819-826. doi:10.1097/JCMA.000000000000190.
7. Bostanci EB, Yol S, Teke Z, et al. Effects of carbon dioxide pneumoperitoneum on hepatic function in obstructive jaundice: an experimental study in a rat model. Langenbecks Arch Surg. 2010;395(6):667-676. doi:10.1007/s00423-009-0577-6
8. de Freitas Junior S, Bustorff-Silva JM, Ramos CD, et al. Scintigraphic Evaluation of the Impact of Pneumoperitoneum on Renal Blood Flow: A Rabbit Model. J Laparoendosc Adv Surg Tech A. 2019;29(10):1271-1275. doi:10.1089/lap.2019.0194
9. Ozozan OV, Dinc T, Vural V, Ozogul C, Ozmen MM, Coskun F. An electron microscopy study of liver and kidney damage in an experimental model of obstructive jaundice. Ann Ital Chir. 2020;91:122-130.
10. Hajibandeh S, Hajibandeh S, Sarma DR, et al. Laparoscopic Transcystic Versus Transductal Common Bile Duct Exploration: A Systematic Review and Meta-analysis. World J Surg. 2019;43(8):1935-1948. doi:10.1007/s00268-019-05005-y
11. Navaratne L, Martinez Isla A. Transductal versus transcystic laparoscopic common bile duct exploration: an institutional review of over four hundred cases. Surg Endosc. 2021;35(1):437-448. doi:10.1007/s00464-020-07522-7
12. Navaratne L, Al-Musawi J, Vutipongsatorn K, Isla AM. Leveraging access to technology and enhanced surgical technique (LATEST) in laparoscopic bile duct exploration (LBDE). Surg Endosc. 2023;37(3):2367-2378. doi:10.1007/s00464-022-09667-z
13. Adenuga AT, Olakada F, Ojo C, Aniero J. Low Pressure versus Standard Pressure Pneumoperitoneum in Laparoscopic Appendectomy: A Randomized Controlled Trial. Niger J Clin Pract. 2024;27(6):754-758. doi:10.4103/njcp.njcp_802_23
14. Madsen MV, Istre O, Staehr-Rye AK, et al. Postoperative shoulder pain after laparoscopic hysterectomy with deep neuromuscular blockade and low-pressure pneumoperitoneum: A randomised controlled trial. Eur J Anaesthesiol. 2016;33(5):341-347. doi:10.1097/EJA.0000000000000360
15. Кріцак М.Ю., Слабий О.Б., Ясіновський О.Б. Свідомство про реєстрацію авторського права на твір «Спосіб відбору експериментального матеріалу діафрагми білих щурів» № 126059 від 29 квітня 2024 року.
16. Кріцак М.Ю., Росоловська С.О., Левчик О.І. Свідомство про реєстрацію авторського права на твір «Спосіб моделювання експериментального карбоксиперитонеуму у щура» № 126409 від 16 травня 2024 року.

References:

1. Wang JK, Wu ZR, Hu HJ, Li FY. Is laparoscopy contraindicated for advanced gallbladder cancer?. Clin Res Hepatol Gastroenterol. 2019;43(4):e61-e62. doi:10.1016/j.clinre.2018.10.003

2. Ortenzi M, Montori G, Sartori A, et al. Low-pressure versus standard-pressure pneumoperitoneum in laparoscopic cholecystectomy: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Surg Endosc.* 2022;36(10):7092-7113. doi:10.1007/s00464-022-09201-1
3. Łagosz P, Sokolski M, Biegus J, Tycinska A, Zymliński R. Elevated intra-abdominal pressure: A review of current knowledge. *World J Clin Cases.* 2022;10(10):3005-3013. doi:10.12998/wjcc.v10.i10.3005
4. Ott DE. Abdominal Compliance and Laparoscopy: A Review. *JSLs.* 2019;23(1):e2018.00080. doi:10.4293/JSLs.2018.00080
5. Bilgic T, Narter F. Effects of pneumoperitoneum with carbon dioxide on renal and hepatic functions in rats. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne.* 2020;15(4):574-582. doi:10.5114/wiitm.2020.93990
6. Sao CH, Chan-Tiopiano M, Chung KC, et al. Pain after laparoscopic surgery: Focus on shoulder-tip pain after gynecological laparoscopic surgery. *J Chin Med Assoc.* 2019;82(11):819-826. doi:10.1097/JCMA.000000000000190
7. Bostanci EB, Yol S, Teke Z, et al. Effects of carbon dioxide pneumoperitoneum on hepatic function in obstructive jaundice: an experimental study in a rat model. *Langenbecks Arch Surg.* 2010;395(6):667-676. doi:10.1007/s00423-009-0577-6
8. de Freitas Junior S, Bustorff-Silva JM, Ramos CD, et al. Scintigraphic Evaluation of the Impact of Pneumoperitoneum on Renal Blood Flow: A Rabbit Model. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2019;29(10):1271-1275. doi:10.1089/lap.2019.0194
9. Ozozan OV, Dinc T, Vural V, Ozogul C, Ozmen MM, Coskun F. An electron microscopy study of liver and kidney damage in an experimental model of obstructive jaundice. *Ann Ital Chir.* 2020;91:122-130.
10. Hajibandeh S, Hajibandeh S, Sarma DR, et al. Laparoscopic Transcystic Versus Transductal Common Bile Duct Exploration: A Systematic Review and Meta-analysis. *World J Surg.* 2019;43(8):1935-1948. doi:10.1007/s00268-019-05005-y
11. Navaratne L, Martinez Isla A. Transductal versus transcystic laparoscopic common bile duct exploration: an institutional review of over four hundred cases. *Surg Endosc.* 2021;35(1):437-448. doi:10.1007/s00464-020-07522-7
12. Navaratne L, Al-Musawi J, Vutipongsatorn K, Isla AM. Leveraging access to technology and enhanced surgical technique (LATEST) in laparoscopic bile duct exploration (LBDE). *Surg Endosc.* 2023;37(3):2367-2378. doi:10.1007/s00464-022-09667-z
13. Adenuga AT, Olakada F, Ojo C, Aniero J. Low Pressure versus Standard Pressure Pneumoperitoneum in Laparoscopic Appendectomy: A Randomized Controlled Trial. *Niger J Clin Pract.* 2024;27(6):754-758. doi:10.4103/njcp.njcp_802_23
14. Madsen MV, Istre O, Staehr-Rye AK, et al. Postoperative shoulder pain after laparoscopic hysterectomy with deep neuromuscular blockade and low-pressure pneumoperitoneum: A randomised controlled trial. *Eur J Anaesthesiol.* 2016;33(5):341-347. doi:10.1097/EJA.0000000000000360
15. Kritsak M.Yu., Slabyi O.B., Yasinovskyi O.B. (2024) Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir «Sposib vidboru eksperymentalnoho materialu diafrahmy bilykh shchuriv» [Certificate of copyright registration for the work "Method of selecting experimental material from the diaphragm of white rats"] № 126059 [in Ukrainian].
16. Kritsak M.Yu., Rosolovska S.O., Levchyk O.I. (2024) Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir «Sposib modeliuвання eksperymentalnoho karboksyperyitoneumu u shchura» [Certificate of copyright registration for the work "Method for modeling experimental carboxyperitoneum in rats"] № 126409 [in Ukrainian].