

КОНЦЕПЦІЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ПРОГНОЗУ РИЗИКУ РОЗВИТКУ ТРОАКАРНИХ ГРИЖ ПІСЛЯ ЛАПАРОСКОПІЧНОЇ ХОЛЕЦИСТЕКТОМІЇ

©М.-І. Р. Варварук, І. Я. Дзюбановський, О. І. Дзюбановський

Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського
Міністерства охорони здоров'я України

РЕЗЮМЕ. Післяопераційна троакарна грижа є ускладненням після лапароскопічного оперативного втручання. Поширеність лапароскопічної хірургії невпинно зростає у сучасній хірургічній практиці, тому важливим є вивчення специфічних ускладнень після таких оперативних втручань.

Мета – розробка математичної моделі для прогнозування ризику виникнення троакарної грижі після лапароскопічної холецистектомії.

Матеріал і методи. Ретроспективне дослідження медичних карт 50-ти пацієнтів, які були прооперовані з приводу діагнозу "троакарна грижа". Загалом були оцінені анатомічні локальні та системні детермінанти виникнення даного захворювання. Використовували багатофакторний регресійний аналіз для оцінки якості регресійної моделі, проаналізували гістограму залишкових відхилень та їх нормально-ймовірнісний графік, а також, щоб оцінити прийнятність моделі в цілому, провели аналіз ANOVA.

Результати. Було встановлено значущі фактори, які мають вплив на ризик розвитку троакарної грижі: вік, стать, післяопераційні ускладнення після виконання холецистектомії, індекс маси тіла (ІМТ), захворювання серцево-судинної системи, цукровий діабет, захворювання шлунково-кишкового тракту, дисплазія сполучної тканини, планова/ургентна лапароскопічна холецистектомія, морфологічна форма холециститу катаральний/деструктивний, повторні оперативні втручання в анамнезі, доступ, який використовували при холецистектомії. За результатами проведеного аналізу було встановлено, що до математичної моделі визначення коефіцієнта ризику розвитку троакарних гриж увійшло 6 найбільш значущих факторів: післяопераційні ускладнення після виконання холецистектомії, індекс маси тіла (ІМТ), дисплазія сполучної тканини, планова/ургентна лапароскопічна холецистектомія, повторні оперативні втручання в анамнезі, доступ, який використовували при холецистектомії. За допомогою аналізу ANOVA можна зробити висновок про високий рівень прийнятності моделі прогнозування ризику розвитку троакарних гриж в цілому, оскільки рівень значущості $p < 0,001$, а сама модель буде працювати краще, ніж простий прогноз, використовуючи середні значення.

Висновки. Дану математичну модель слід використовувати для оцінки ризику розвитку троакарних гриж.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: троакарна грижа; математична модель прогнозування; лапароскопічна холецистектомія.

Вступ. Троакарні грижі (ТГ) є особливим видом післяопераційних гриж, що формуються в місцях введення троакарів після лапароскопічних операцій [1]. Захворюваність на ТГ у сучасній хірургічній практиці зростає, оскільки збільшується кількість лапароскопічних операцій, а також удосконалюється діагностика виникнення ТГ [2]. Такі грижі виникають через дефекти в фасції черевної стінки, які не завжди вдається належним чином закрити, особливо коли використовуються троакари діаметром 10 мм і більше [3].

Найчастіше ТГ виникають у параумбілікальний ділянці, це пов'язано з тим, що при лапароскопічних оперативних втручаннях цю ділянку використовують для встановлення найбільшого за діаметром троакара [3–5]. Найбільш значущими факторами ризику розвитку цих гриж є розмір троакара, ожиріння пацієнта, тривалість операції та високий внутрішньочеревний тиск під час процедури [5, 6]. Ожиріння є істотним фактором ризику саме через збільшене навантаження на черевну стінку та ускладнений доступ до зони проколів у пацієнтів з ожирінням [4, 7]. Також у пацієнтів з ожирінням діагностувати троакарну грижу набага-

то складніше [8]. Важливою також є і методика входження у черевну порожнину – при відкритій методиці дефект апоневрозу є більшим, порівняно з закритою технікою [9, 10]

Мета дослідження – розробити математичну модель прогнозування ризику виникнення троакарної грижі після лапароскопічної холецистектомії.

Матеріал і методи дослідження. Ретроспективно проаналізовано медичні карти 50 пацієнтів, які перебували на стаціонарному лікуванні та були прооперовані з приводу діагнозу «троакарна грижа». Пацієнтів було поділено за статтю: чоловіків було 5 (10 %), жінок – 45 (90 %). Віковий розподіл здійснювався за групами відносно вікової класифікації ВООЗ: 1 група (25–44 роки) – 6 (12 %); 2 група (44–60 років) – 22 (44 %); 3 група (60–75 років) – 20 (40 %); 4 група (75–90 років) – 2 (4 %) пацієнти. Проаналізовано терміни виникнення троакарної грижі: <1 року – 2 % ($n=1$); 1–5 років – 44 % ($n=22$); 5–10 років – 40 % ($n=20$); >10 років – 14 % ($n=7$). Серед супутньої патології було виділено: захворювання серцево-судинної системи – 74 % ($n=37$), захворювання шлунково-кишкового тракту – 22 %

(n=11), цукровий діабет – 42 % (n=21), дисплазія та ожиріння мали 84 % пацієнтів (n=42), їх було по-
сполучної тканини – 70 % (n=35). Надлишкову вагу ділено на групи (табл. 1).

Таблиця 1. Розподіл пацієнтів за ступенями ожиріння

Ступінь ожиріння (IMT)	Відносн., %	Абс, n
Надлишкова вага (25–29,9 кг/м ²)	38,1	16
I ступінь (30–34,9 кг/м ²)	40,5	17
II ступінь (35–39,9 кг/м ²)	11,9	5
III ступінь (>40 кг/м ²)	9,5	4

Оцінили характер лапароскопічної холецистектомії в анамнезі: планове оперативне втручання було в 30 % пацієнтів (n=15), а ургентне – у 70 % пацієнтів (n=35). Морфологічна форма холециститу: катаральний – 38 % (n=19); деструктивний – 62 % (n=31). Повторні операції в анамнезі були у 66 % пацієнтів (n=33). У 68 % пацієнтів було використано відкриту методику накладання першого троакара (троакар Хассона), натомість у 32 % (n=16) пацієнтів накладання пневмоперитонеуму здійснювали за допомогою голки Вереша.

Цифровий матеріал піддано статистичній обробці на комп'ютері з використанням програмного забезпечення «Excel» («Microsoft», США) та «STATISTICA» 10.0 («Statsoft», США). Для отримання значущих факторів для прогнозування ризику розвитку троакарної грижі (РРТГ) було проведено багатофакторний регресійний аналіз, для оцінки якості регресійної моделі проаналізували гістограму залишкових відхилень та їх нормально-ймовірнісний графік. Для оцінки прийнятності моделі в цілому провели аналіз ANOVA.

Результати й обговорення. Для оцінки ризику розвитку троакарних гриж нами було встановлено значущі фактори, які мають вплив на ризик розвитку троакарної грижі після лапароскопічних оперативних втручань: X1 – вік; X2 – стать; X3 – післяопераційні ускладнення після виконання холецистектомії; X4 – індекс маси тіла (IMT); X5 – захворювання серцево-судинної системи; X6 – цукровий діабет; X7 – захворювання шлунково-кишкового тракту; X8 – дисплазія сполучної тканини; X9 – планова/ургентна лапароскопічна холецистектомія; X10 – морфологічна форма холециститу; X11 – повторні оперативні втручання в анамнезі; X12 – доступ, який використовували при холецистектомії (рис. 1). Для розробки математичної моделі прогнозування деяким факторам, які мають вплив на ризик розвитку ТГ, було надано цифрові значення (0, 1).

За результатами отримання значущих факторів для прогнозування ризику розвитку троакарної грижі у математичну модель для визначення коефіцієнта ризику розвитку троакарних гриж увійшло 6 найбільш значущих факторів (рис. 2).

Regression Summary for Dependent Variable: KCPPTГ (1 in 1111)						
R= ,98796923 R²= ,97608320 Adjusted R²= ,96832640						
F(12,37)=125,84 p<0,0000 Std.Error of estimate: ,13743						
N=50	b*	Std. Err. of b*	b	Std. Err. of b	t(37)	p-value
Intercept			0,384346	0,320285	1,20001	0,237762
X1	0,021661	0,031764	0,001519	0,002227	0,68196	0,499514
X2	-0,021067	0,029159	-0,043930	0,060804	-0,72249	0,474534
X3	0,086835	0,041399	0,135502	0,064600	2,09754	0,042836
X4	0,170901	0,078819	0,024898	0,011483	2,16827	0,036641
X5	0,055146	0,035726	0,005763	0,003733	1,54360	0,131196
X6	0,007002	0,031692	0,013383	0,060569	0,22095	0,826347
X7	-0,026379	0,031807	-0,048680	0,058698	-0,82934	0,412231
X8	-0,165596	0,068354	-0,276246	0,114028	-2,42262	0,020422
X9	0,169743	0,050245	0,278175	0,082341	3,37832	0,001729
X10	-0,029665	0,055011	-0,048614	0,090152	-0,53925	0,592947
X11	0,301841	0,061376	0,487104	0,099047	4,91790	0,000018
X12	0,661483	0,093852	1,084038	0,153805	7,04813	0,000000

Рис. 1. Результат отримання значущих факторів для прогнозування ризику розвитку троакарної грижі (РРТГ) при проведенні багатофакторного регресійного аналізу в програмі Statistica 10.0.

Regression Summary for Dependent Variable: KCPPTГ (1 in 1111)						
R= ,98660500 R²= ,97338943 Adjusted R²= ,96967633						
F(6,43)=262,15 p<0,0000 Std.Error of estimate: ,13447						
N=50	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(43)	p-value
Intercept			0,541016	0,203679	2,65622	0,011042
X3	0,094410	0,039813	0,147323	0,062126	2,37135	0,022273
X4	0,147552	0,060157	0,021496	0,008764	2,45278	0,018308
X8	-0,113207	0,052257	-0,188852	0,087175	-2,16636	0,035872
X9	0,174145	0,047839	0,285389	0,078399	3,64022	0,000726
X11	0,299272	0,051462	0,482959	0,083048	5,81543	0,000001
X12	0,596360	0,066237	0,977315	0,108549	9,00346	0,000000

Рис. 2. Результат отримання значущих факторів для прогнозування ризику розвитку троакарної грижі (PPTГ) при проведенні багатофакторного регресійного аналізу в програмі Statistica 10.0 без факторів X1, X2, X5, X6, X7, X10.

На основі отриманих результатів, які наведені на рисунку 2, нами було побудовано математичну модель для визначення коефіцієнта ризику розвитку троакарних гриж (КРРТГ):
 $KPPTГ = X3 \cdot 0,147323 + X4 \cdot 0,021496 - X8 \cdot 0,188852 + X9 \cdot 0,285389 + X11 \cdot 0,482959 + X12 \cdot 0,977315 + 0,541016$

Як можна стверджувати із отриманої гістограми (рис. 3), залишкові відхилення розподілені симетрично, наближаючись до кривої нормального розподілу залишків, тому статистична гіпотеза про їх розподіл на відповідність нормальному закону розподілу не відхиляється.

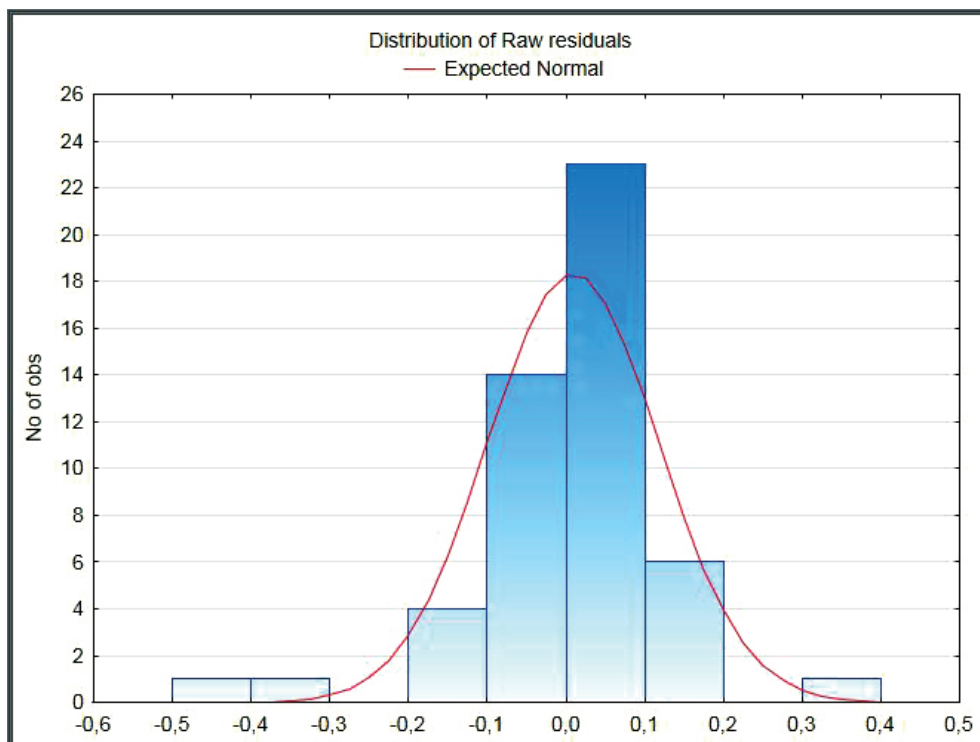


Рис. 3. Гістограма залишкових відхилень багатофакторної регресійної моделі прогнозування ризику виникнення троакарних гриж.

Оцінюючи дані нормально-ймовірнісного графіку (рис. 4) зауважуємо відсутність систематичних відхилень від нормально-ймовірнісної прямої. Це дає можливість зробити висновок, що залишкові відхилення розподілені за нормальним законом розподілу.

Аналізуючи отримані дані (рис. 5) можна зробити висновок про високий рівень прийнятності моделі прогнозування ризику розвитку троакарних гриж у цілому за допомогою аналізу ANOVA, оскільки рівень значущості $p < 0,001$, а сама модель буде працювати краще, ніж простий прогноз, використовую-

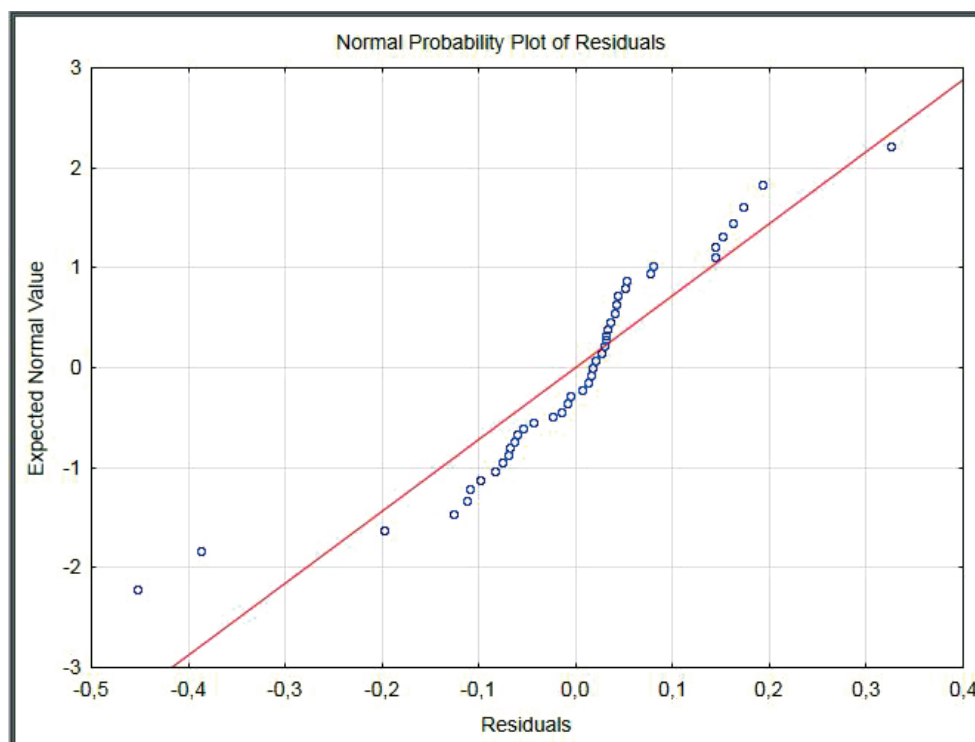


Рис. 4. Нормально-ймовірнісний графік залишкових відхилень багатфакторної регресійної моделі прогнозування ризику розвитку троакарних гриж.

Analysis of Variance; DV: KCPPTГ (1 in 1111)					
Effect	Sums of Squares	df	Mean Squares	F	p-value
Regress.	28,44244	6	4,740407	262,1499	0,000000
Residual	0,77756	43	0,018083		
Total	29,22000				

Рис. 5. Аналіз коефіцієнта детермінації багатфакторної регресійної моделі прогнозування ризику розвитку троакарних гриж.

чи середні значення. Для додаткового оцінювання якості математичної моделі КРРТГ нами було проаналізовано коефіцієнт детермінації Нейджелкерка (R^2), який показує, яка частина факторів врахована при прогнозуванні. Його розглядають як універсальну міру зв'язку однієї випадкової величини з іншими. Коефіцієнт детермінації змінюється від 0 до 1. Чим більше його значення наближається до «1», тим якіснішою є багатфакторна регресійна модель.

У запропонованій математичній моделі КРРТГ коефіцієнт детермінації становить $R^2=0,986$ (в програмі Statistica 10.0 $R^2=,98612039$).

Отже, в нашому випадку 98,6 % факторів ураховано в моделі прогнозування ризику розвитку троакарних гриж. Коефіцієнт детермінації вказує, наскільки отримані спостереження підтверджують математичну модель.

За результатами багатфакторного регресійного аналізу з урахуванням коефіцієнта детермінації на основі набору незалежних факторів ризику запропонована модифікована математична модель, яка з високим ступенем достовірності дозволить хірургам прогнозувати вірогідність розвитку троакарних гриж при виконанні лапароскопічної холецистектомії.

Висновки. При встановленні показань і виконанні лапароскопічної холецистектомії в передопераційному періоді слід використовувати математичну модель для оцінки ризику розвитку троакарних гриж. Дана математична модель може бути підґрунтям у подальшому для створення медичного калькулятора прогнозу ризику розвитку троакарної грижі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Crist D. W. Complications of laparoscopic surgery / D. W. Crist, T. R. Gadacz // *The Surgical Clinics of North America*. – 1993. – Vol. 73, No. 2. – P. 265–289.
2. Characteristics of Trocar Site Hernia after Laparoscopic Cholecystectomy / M. N. Nofal, A. J. Yousef, F. F. Hamdan [et al.] // *Scientific Reports*. – 2020. – Vol. 10. – Article 2868.
3. Trocar-site incisional hernia after laparoscopic colorectal surgery: a significant problem? Incidence and risk factors from a single-center cohort / O. Cano-Valderrama, R. Sanz-López, G. Sanz-Ortega [et al.] // *Surgical Endoscopy*. – 2021. – Vol. 35. – P. 2907–2913.
4. Trocar site hernia following laparoscopic cholecystectomy: a 10-year single center experience / G. Chatzimavroudis, B. Papaziogas, I. Galanis [et al.] // *Hernia*. – 2017. – Vol. 21. – P. 925–932.
5. Incidence and risk factors for trocar-site incisional hernia detected by clinical and ultrasound examination: a prospective observational study / A. Ciscar, J. M. Badia, F. Novell [et al.] // *BMC Surgery*. – 2020. – Vol. 20. – P. 1–7.
6. Laparoscopic surgeons' perspectives on risk factors for and prophylaxis of trocar site hernias: a multispecialty national survey / A. Wells, G. J. Germanos, J. L. Salemi, E. Mikhail // *JSL: Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons*. – 2019. – Vol. 23, No. 2.
7. Risk factors for umbilical trocar site incisional hernia in laparoscopic cholecystectomy: a prospective 3-year follow-up study / J. Comajuncosas, J. Hermoso, P. Gris [et al.] // *American Journal of Surgery*. – 2014. – Vol. 207, No. 1. – P. 1–6.
8. Trocar site hernia after gastric bypass / S. Ahlqvist, D. Björk, L. Weisby [et al.] // *Surgical Technology International*. – 2017. – Vol. 30. – P. 170–174.
9. Early complications, pain, and quality of life after reconstructive surgery for abdominal rectus muscle diastasis: a 3-month follow-up / P. Emanuelsson, U. Gunnarsson, K. Strigård, B. Stark // *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*. – 2014. – Vol. 67, No. 8. – P. 1082–1088.
10. Totally endoscopic surgery on diastasis recti associated with midline hernias: the advantages of a minimally invasive approach. Prospective cohort study / J. Bellido Luque, A. Bellido Luque, J. Valdivia [et al.] // *Hernia*. – 2015. – Vol. 19. – P. 493–501.

REFERENCES

1. Crist, D.W., & Gadacz, T.R. (1993). Complications of laparoscopic surgery. *The Surgical clinics of North America*, 73(2), 265–289.
2. Nofal, M.N., Yousef, A.J., Hamdan, F.F., et al. (2020). Characteristics of Trocar Site Hernia after Laparoscopic Cholecystectomy. *Sci Rep*, 10, 2868.
3. Cano-Valderrama, O., Sanz-López, R., Sanz-Ortega, G., et al. (2021). Trocar-site incisional hernia after laparoscopic colorectal surgery: a significant problem? Incidence and risk factors from a single-center cohort. *Surg Endosc*, 35, 2907–2913.
4. Chatzimavroudis, G., Papaziogas, B., Galanis, I., Koutelidakis, I., Atmatzidis, S., Evangelatos, P., ... & Christoforidis, E. (2017). Trocar site hernia following laparoscopic cholecystectomy: a 10-year single center experience. *Hernia*, 21, 925–932.
5. Ciscar, A., Badia, J.M., Novell, F., Bolívar, S., & Mans, E. (2020). Incidence and risk factors for trocar-site incisional hernia detected by clinical and ultrasound examination: a prospective observational study. *BMC surgery*, 20, 1–7.
6. Wells, A., Germanos, G.J., Salemi, J.L., & Mikhail, E. (2019). Laparoscopic surgeons' perspectives on risk factors for and prophylaxis of trocar site hernias: a multispecialty national survey. *JSL: Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons*, 23(2).
7. Comajuncosas J., Hermoso, J., Gris, P., Jimeno, J., Orbeal, R., Vallverdu, H., Lopez Negre, J.L., Urgelles, J., Estalella, L., Pares, D. (2014). Risk factors for umbilical trocar site incisional hernia in laparoscopic cholecystectomy: a prospective 3-year follow-up study. *Am J Surg*, 207(1), 1–6.
8. Ahlqvist, S., Björk, D., Weisby, L., Israelsson, L. A., & Cengiz, Y. (2017). Trocar Site Hernia After Gastric Bypass. *Surgical technology international*, 30, 170–174.
9. Emanuelsson, P., Gunnarsson, U., Strigård, K., & Stark, B. (2014). Early complications, pain, and quality of life after reconstructive surgery for abdominal rectus muscle diastasis: a 3-month follow-up. *Journal of plastic, reconstructive & aesthetic surgery*, 67(8), 1082–1088.
10. Bellido Luque, J., Bellido Luque, A., Valdivia, J., Suarez Gráu, J.M., Gomez Menchero, J., García Moreno, J., & Guadalajara Jurado, J. (2015). Totally endoscopic surgery on diastasis recti associated with midline hernias. The advantages of a minimally invasive approach. Prospective cohort study. *Hernia*, 19, 493–501.

THE CONCEPT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR PREDICTING THE RISK OF TROCAR HERNIAS AFTER LAPAROSCOPIC CHOLECYSTECTOMY

©M.-I. R. Varvaruk, I. Ya. Dziubanovsky, O. I. Dziubanovsky

Ivan Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine

SUMMARY. Postoperative trocar hernia is a complication after laparoscopic surgery. The prevalence of laparoscopic surgery is constantly increasing in modern surgical practice, therefore, it is important to study specific complications after such surgical interventions.

The aim – to develop a mathematical model to predict the risk of trocar hernia after laparoscopic cholecystectomy.

Material and Methods. A retrospective study of medical records of 50 patients who were operated on for the diagnosis of trocar hernia. In general, anatomical local and systemic determinants of the occurrence of this disease were assessed. Multivariate regression analysis was used, to assess the quality of the regression model, the histogram of residual deviations and their normal probability plot were analyzed, and to assess the goodness of fit of the model as a whole, ANOVA analysis was performed.

Results. Significant factors that influence the risk of developing trocar hernia were identified: age, gender, post-operative complications after cholecystectomy, body mass index (BMI), cardiovascular disease, diabetes mellitus, gastrointestinal disease, connective tissue dysplasia, planned/urgent laparoscopic cholecystectomy, morphological form of cholecystitis catarrhal/destructive, repeated surgical interventions in the anamnesis, access used for cholecystectomy. According to the results of the analysis, it was found that the mathematical model for determining the risk factor for developing trocar hernias included 6 most significant factors: postoperative complications after cholecystectomy, body mass index (BMI), connective tissue dysplasia, planned/urgent laparoscopic cholecystectomy, repeated surgical interventions in the anamnesis, access used for cholecystectomy. Using ANOVA analysis, it can be concluded that the model for predicting the risk of trocar hernias in general has a high level of acceptability, since the significance level is $p < 0.001$, and the model itself will work better than a simple prediction using average values.

Conclusions. This mathematical model should be used to assess the risk of trocar hernias.

KEY WORDS: trocar site hernia; mathematical prediction model; laparoscopic cholecystectomy.

Отримано 10.11.2024

Електронна адреса для листування: varvaruk_mr@tdmu.edu.ua