

УДК 617.55-007.43-089.168.1-06-036.87  
DOI: <https://doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2018.4.9843>

## ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ РЕЦИДИВІВ У ХВОРИХ ІЗ ПЕРВИННИМИ ТА ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНИМИ ВЕНТРАЛЬНИМИ ГРИЖАМИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНОЇ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ

В. І. П'ятночка, І. Я. Дзюбановський, П. Р. Сельський

*ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет  
імені І. Я. Горбачевського МОЗ України»*

Проаналізовано результати обстеження та хірургічного лікування 1419 пацієнтів із первинною та післяопераційною вентральною грижею, із застосуванням багатопараметричної нейромережевої кластеризації для виділення групи високого ризику виникнення рецидиву, що дозволяє провести адекватну доопераційну підготовку, направлену на корекцію супутньої патології, визначити оптимальний спосіб хірургічного втручання та вибору сітчастого імпланту з індивідуалізованим підходом до кожного окремо взятого пацієнта.

**Ключові слова:** первинна грижа, післяопераційна вентральна грижа, рецидив, нейромережева кластеризації, прогнозування.

## FORECASTING THE DEVELOPMENT OF RECURRENCES IN PATIENTS WITH PRIMARY AND POSTOPERATIVE VENTRICULAR HERNIAS WITH APPLICATION OF MULTIPARAMETER NEURO NETWORK CLUSTERIZATION

V. I. Piatnochka, I. Ya. Dzyubanovskyi, P. R. Selskyi

*SHEE I. Horbachevsky Ternopil State Medical University of the Ministry of Health of Ukraine*

**Background.** Surgical treatment of patients with primary and postoperative ventral hernia remains one of the important problems in the surgery of abdominal cavity. About 60 % of patients are of working age. The results of surgical treatment of postoperative ventral hernia indicate a significant percentage of recurrence, which is 4.3–46 %. This problem is relevant especially in cases where the inappropriate method of alloplasty and mesh implant is selected and in the early postoperative period a number of general complications arise and lead to recurrence. The latter require a detailed analysis of the reasons for their occurrence and the development of individualized prescriptions before choosing the method of surgery.

Modern information technology greatly facilitates solving prediction problems. Currently, neural networks are widely used for early diagnosis.

**Materials and methods.** Between 2001 and 2017, an in-depth comprehensive clinical-instrumental and laboratory examination of 1419 patients with primary ventral hernia (PVH) and postoperative ventral hernia (POVH) was carried out, with further evaluation of the nature of complications in the early and late postoperative period. For more in-depth analysis and clustering of the surveyed under study, a neural network approach was used with the help of NeuroXL Classifier add-in for Microsoft Excel.

**Results.** In order to determine the value of the combination of changes in certain parameters for the prediction of the development of relapses of ventral hernias, a neural network clusterization of the results of the patient's examination based on the parameters of relapse, age, gender, blood group, concomitant pathology, etc. was performed. For the algorithm of neural network clustering the parameters proposed by the same program were selected. The largest number of patients with the first relapse was referred to the cluster 1, which was 8.4 %, where the highest number of patients with heart failure, chronic obstructive pulmonary disease and diabetes was noted. Most patients with relapses were found in the cluster 4, which was 27.6 %. The most commonly encountered patients with undifferentiated connective tissue dysplasia and the second blood group were also included in this cluster. At the same time, the average age in this group was the lowest and amounted 49.4 years. Analyzing the results of clustering of patients with relapses of ventral hernias by types of surgical interventions, it was determined that this cluster had the highest incidence of patients with primary ventral hernias, who underwent an onlay type surgery using lightweight mesh. The highest number of relapses (R1-R4) fell on the cluster 2 (19.1 %), which showed the highest number of women compared to the clusters 1 and 3–5.

**Conclusions.** Analysis of cluster portraits revealed that the risk group for relapse included of women with the first-degree obesity, as well as patients with heart failure, chronic obstructive pulmonary disease and diabetes. The presence of the second blood group, the relatively younger age ( $\leq 49.4$  years), and the diagnosed syndrome of undifferentiated connective tissue dysplasia gives a reason to predict a higher risk of relapse after ventral hernia recurrences in operated patients.

**Key words:** primary hernia, postoperative ventral hernia, relapse, neural network clusterization, forecasting.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЦИДИВА У БОЛЬНЫХ С ПЕРВИЧНОЙ И ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЙ ВЕНТРАЛЬНОЙ ГРЫЖЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НЕЙРОСЕТЕВОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

В. И. Пятночка, И. Я. Дзюбановский, П. Р. Сельский

*ГВУЗ «Тернопольский государственный медицинский университет  
имени И. Я. Горбачевского МЗ Украины»*

Проанализированы результаты обследования и хирургического лечения 1419 пациентов с первичной и послеоперационной вентральной грыжей с применением многомерной нейросетевой кластеризации для выделения групп высокого риска возникновения рецидива, что позволяет провести адекватную дооперационную подготовку, направленную на коррекцию сопутствующей патологии, определить оптимальный способ хирургического вмешательства и выбора сетчатого импланта с индивидуализированным подходом к каждому отдельно взятому пациенту.

**Ключевые слова:** первичная грыжа, послеоперационная вентральная грыжа, рецидив, нейросетевая кластеризация, прогнозирование.

**Вступ.** Хірургічне лікування пацієнтів із первинною та післяопераційною вентральною грижею залишається однією з важливих проблем хірургії органів черевної порожнини [1, 2]. Збільшення чисельності й складності виконання операційних втручань на органах черевної порожнини зумовило зростання кількості післяопераційних вентральних гриж (ПОВГ). Доведено, що 60 % пацієнтів із післяопераційною вентральною грижею — працездатного віку, а це визначає проблему лікування таких хворих не лише як медичну, але й як соціальну [3]. Зважаючи на результати хірургічного лікування ПОВГ, слід відмітити значний відсоток рецидивів, що складає 4,3–46 % [4, 5]. Дана проблема актуальна особливо в тих випадках, коли обрано неадекватний спосіб аллопластики та сітчастого імплантат, а в ранньому післяопераційному періоді виникає ряд загальних ускладнень, що призводять до рецидивів. Останні вимагають деталізованого аналізу причин їх виникнення та розроблення індивідуалізованих показів до вибору методу операційного втручання.

Сучасні інформаційні технології у значній мірі полегшують вирішення питань прогнозування. Натепер для ранньої діагностики досить широко застосовують нейронні мережі.

**Мета роботи:** проаналізувати результати обстеження та хірургічного лікування пацієнтів на первинну та післяопераційну вентральну грижу на основі багатопараметричної нейромережевої кластеризації для виділення групи пацієнтів із високим ступенем ризику виникнення рецидиву.

**Матеріал і методи дослідження.** На базі кафедри хірургії науково-навчального інституту післядипломної освіти Тернопільського державного медичного університету (ТДМУ) в хірургічному відділенні КНП «Тернопільська міська комунальна лікарня

№ 2 протягом 2001–2017 рр. проведено поглиблене комплексне клініко-інструментальне та лабораторне обстеження 1419 пацієнтів на первинну вентральну грижу (ПВГ) та післяопераційну вентральну грижу з подальшим оцінюванням характеру ускладнень у ранньому та пізньому післяопераційному періодах. Обстеження пацієнтів на ПВГ та ПОВГ проводили відповідно до протоколів обстеження пацієнтів із даною нозологією, починаючи з загально-клінічних, детального дослідження стану всіх органів і систем організму та локального статусу (локалізації, розмірів, протяжності грижевого випинання) відповідно до класифікації EHS (2009). Усім пацієнтам проведено визначення індексу маси тіла (ІМТ) та індивідуальне оцінювання ризику розвитку венозних тромбоемболічних ускладнень за J. Caprini (2005).

Для більш глибокого аналізу та кластеризації досліджуваних по групах використано нейромережевий підхід із використанням надбудови NeuroXL Classifier для програми Microsoft Excel. Нейромережі є перевіреною та поширеною технологією для вирішення комплексних класифікаційних проблем. Вони моделюються на основі людського мозку та взаємопов'язані мережами незалежних процесорів, що змінюючи зв'язки (відомий як навчання), навчаються розв'язуванню проблеми. Програма NeuroXL Classifier реалізує самоорганізаційні нейромережі, що виконують категоріювання шляхом вивчення трендів і взаємозв'язків всередині даних.

Незважаючи на високу ефективність, нейромережі часто не використовуються в силу своєї складності, а також навчання, що вимагається для їх правильної реалізації. NeuroXL Classifier усуває ці бар'єри, приховуючи складність методів на основі нейромереж і використовуючи переваги використання робочих

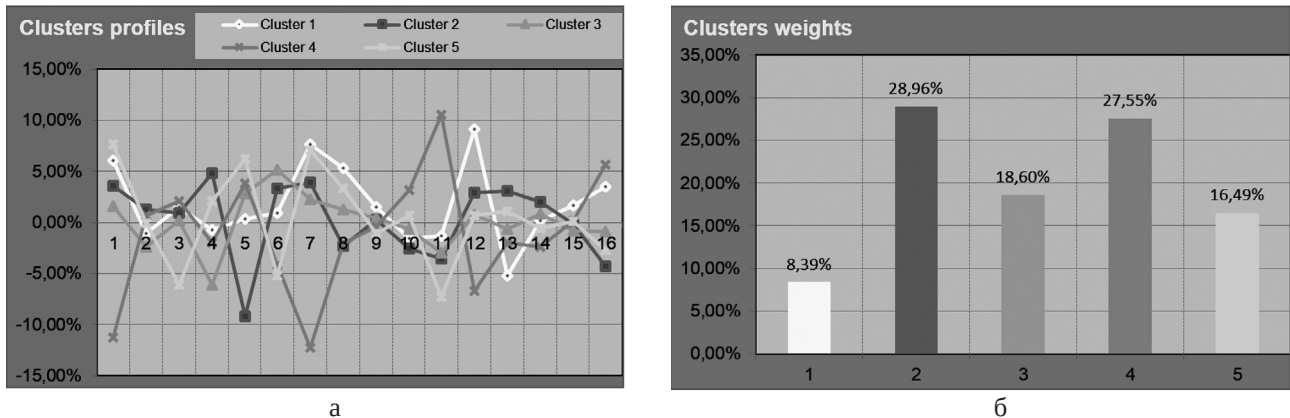


Рис. 1. Результати кластеризації пацієнтів із рецидивами вентральних гриж та супутньою патологією: а) кластерний портрет – середні значення параметрів, включно із показниками віку, статі, групи крові та супутньої патології у межах розподілених кластерів; б) частки кластерів – відсотки пацієнтів, які потрапили у певний кластер

книг Microsoft Excel. Ключовими перевагами використання NeuroXL Classifier для лікаря є простота при опануванні та використанні, наявність лише загальних знань застосування методів та інструментів медичної інформатики, інтеграція з Microsoft Excel, надання обґрунтованої нейромережевої технології для високоточної класифікації, визначення взаємозв'язків і трендів, що неможливо визначити традиційними методами [6-10].

**Результати та їх обговорення.** З метою встановлення значень поєднання зміни тих або інших параметрів для прогнозу розвитку рецидивів вентральних гриж проведено нейромережеву кластеризацію результатів обстеження пацієнтів (рис. 1) на основі показників рецидиву, віку, статеві належності, групи крові, супутньої патології: Age – вік (1), S – стать (2), Blood – II група крові (3), Ob I – ожиріння першого ступеня (4), Ob II – ожиріння другого ступеня (5), Ob III – ожиріння третього ступеня (6), HeF – серцева недостатність (7), CPI – хронічне обструктивне захворювання легень (8), Diab – цукровий діабет (9), VD – варикозна хвороба (10), NDS – недиференційована дистрофія сполучної тканини (11), R1- перший рецидив (12), R1 – другий рецидив (13), R1 – третій рецидив (14), R1 – четвертий рецидив (15) та RR – рецидив після рецидиву (16). Для алгоритму нейромережевої кластеризації обрано параметри, запропоновані програмою, та кількість кластерів, рівну п'ятьом. При формуванні даних для проведення кластеризації наявність ознаки: супутня патологія, група крові, рецидив, позначалися навпроти кожного пацієнта як “2”, відсутність ознаки – “1”.

Таким же чином позначено статеву (S) приналежність (“2” – жіноча стать, “1” – чоловіча). У дані для кластеризації внесено також вік (кількість років) кожного пацієнта.

На рис. 1 (а, б) наведено приклад результату виконання програми для пацієнтів із гіпертензією. Як бачимо з гістограми, найбільша частка пацієнтів виявилась у 2-му кластері (29%), що сформовано з найбільшої частки пацієнтів із рецидивами (R2-R3), порівняно з 1 та 3–4 кластерами. При цьому за допомогою кластерного портрету можна визначити, що на 2-й кластер припало найбільше жінок (S, 2) із ожирінням (Ob I, 4).

Найбільше пацієнтів із виявленим першим рецидивом (R1, 12) віднесено до 1-го кластера, що становив 8,4%. У даному кластері спостерігалася найбільша частка пацієнтів із серцевою недостатністю (HeF, 7), хронічним обструктивним захворюванням легень (CPI, 8) та цукровим діабетом (Diab, 9).

Найбільша частка пацієнтів із повторними рецидивами (RR, 16) виявлялась у 4-му кластері, що склав 27,6%. На зазначений кластер припало також найбільше пацієнтів із недиференційованою дисплазією сполучної тканини (NDS, 11) та з II групою крові. При цьому пересічний показник віку (Age, 1) у даній групі був найнижчим і склав 49,4 років.

Для встановлення значень поєднання зміни тих чи інших параметрів для прогнозу розвитку рецидивів вентральних гриж було також здійснено нейромережеву кластеризацію пацієнтів (рис. 2) на основі показників рецидиву та типів оперативних втручань: s – стать (1), PH – первинні вентральні грижі (2), ANP – власнетканинна герніопластика (3), Sub – sub lay (4), In – in lay (5), On – on lay (6), CST – сепараційна герніопластика (7), DLE – дерматоліпектомія (8), ML – легка сітка (9), MH – важка сітка (10), R1- перший рецидив (11), R1 – другий рецидив (12), R1 – третій рецидив (13), R1 – четвертий рецидив (14) та RR – рецидив після рецидиву (15). Для алгоритму нейромережевої

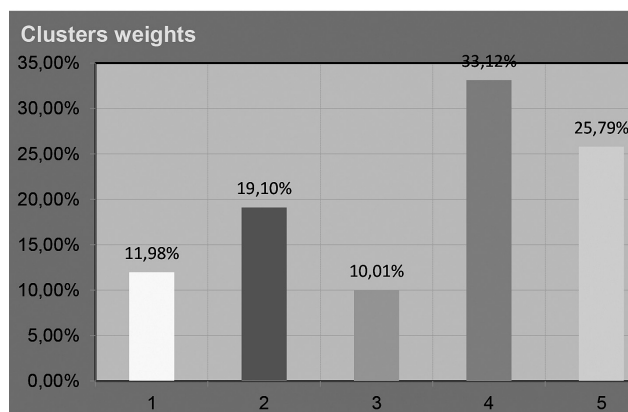
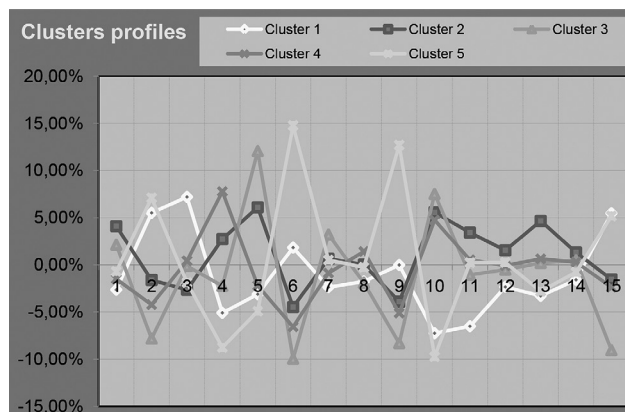


Рис. 2. Результати кластеризації пацієнтів із рецидивами вентральних гриж і типами оперативних втручань: а) кластерний портрет – середні значення параметрів, включно з показниками типів оперативних втручань у межах розподілених кластерів; б) частки кластерів – відсотки пацієнтів, які потрапили у певний кластер

кластеризації обрано параметри, запропоновані програмою та п'ять кластерів. При формуванні даних для проведення кластеризації наявність ознак: тип оперативного втручання та рецидив, позначалися навпроти кожного пацієнта як “2”, відсутність ознаки – “1”. Таким же чином позначено статеву (S) приналежність (“2” – жіноча стать, “1” – чоловіча).

На рис. 2 (а, б) наведено результати виконання програми для пацієнтів із гіпертензією. 5-ий кластер сформовано з найбільшої частки пацієнтів із повторним рецидивом (RR, 15), порівняно з 1–4 кластерами.

При аналізі кластерного портрета визначено, що на зазначений кластер припало найбільше пацієнтів із первинними вентральними грижами (РН, 2) яким виконано такі оперативні втручання: Onlay (оп, 6), легка сітка (ML, 9). Найбільша частка рецидивів (R1-R4) припала на 2-ий кластер (19,1 %), в якому виявлялась і найбільша частка жінок у порівнянні з 1 та 3-5 кластерами.

**Висновки.** 1. Аналіз кластерних портретів при проведенні нейромережевої кластеризації на основі

показників рецидиву, віку, статевої належності, групи крові, супутньої патології виявив, що групу ризику щодо розвитку рецидивів складають жінки з ожирінням першого ступеня, а також пацієнти (незалежно від статевої приналежності) із серцевою недостатністю, хронічним обструктивним захворюванням легень та цукровим діабетом. Результати кластеризації, на нашу думку, вказують на більший ступінь ризику рецидиву при поєднанні зазначеної патології у пацієнтів.

2. Наявність другої групи крові, відносно молодший вік ( $\leq 49,4$  років) та діагностована недиференційована дисплазія сполучної тканини дає підставу прогнозувати більший ризик розвитку рецидивів після рецидивів вентральних гриж у оперованих пацієнтів.

3. За результатами нейромережевої кластеризації на основі показників виникнення рецидиву та типів оперативних втручань у пацієнтів із первинними вентральними грижами, а саме за типом “Onlay” та імплантованої “легкої” сітки, а також їх поєднання, є більше ризикованим щодо розвитку рецидивів. При цьому групою більшого ризику щодо виникнення рецидивів є жінки (у порівнянні з чоловіками).

### Література.

1. Helgstrand F. National results after ventral hernia repair / F. Helgstrand // Dan Med J. — 2016. — № 63 (7). — P. B5258.
2. Israelsson L. A. Prevention of incisional hernias: How to close a midline incision / Israelsson L. A., Millbourn D. // Surg Clin North Am. — 2013. — № 93 (5). — P. 1027-1040.
3. Kaoutzanis C. Risk factors for postoperative wound infections and prolonged hospitalization after ventral/incisional hernia repair / Kaoutzanis C., Leichtle S., Mouawad N., Welch K. B. et al // Hernia. — 2015. — № 19 (1). — P. 113-123.
4. Skipworth J. A. Improved outcomes in the management of high-risk incisional hernias utilizing biologic mesh and soft-tissue reconstruction: a single center experience / Skipworth J. A., Vyas S., Uppal L., Floyd D., Shankar A. // World J Surg. — 2015. — № 38. — P. 1026-1034.
5. Patel P. V. Ventral hernia repair in the morbidly obese patient: A review of medical and surgical approaches in the literature / Patel P. V., Merchant A. M. // Bariatr Surg Pract Patient Care. — 2014. — № 9 (2). — P. 61-65.

6. Bishop C. M. *Neural Networks for Pattern Recognition* / Bishop C. M. — Oxford : Oxford University Press, 1995. — P. 504.
7. Martsenyuk V. On an indirect method of exponential estimation for a neural network model with discretely distributed delays / V. Martsenyuk // *Electronic Journal of Qualitative Theory of Differential Equations*. — 2017. — № 23. — P. 1-16.
8. Martsenyuk V. Indirect method of exponential convergence estimation for neural network with discrete and distributed delays / V. Martsenyuk // *Electronic Journal of Qualitative Theory of Differential Equations*. — 2017. — № 246. — P. 1-12.
9. Shepherd A. J. *Second-Order Methods for Neural Networks : Fast and Reliable Training Methods for Multi-Layer Perceptrons* / A. J. Shepherd. — Shepherd. London : Springer, 1997. — P. 342.
10. Марценюк В. П. Нейромережеве прогнозування складання студентами-медиками ліцензійного інтегрованого іспиту «Крок 1» на основі результатів поточної успішності та семестрового комплексного тестового іспиту / В. П. Марценюк, А. В. Семенець, О. О. Стаханська // *Медична інформатика та інженерія*. — 2010. — № 2. — С. 57-62.
4. Skipworth, J. A., Vyas, S., Uppal, L., Floyd, D., & Shankar, A. (2014). Improved outcomes in the management of high-risk incisional hernias utilizing biologic mesh and soft-tissue reconstruction: a single center experience. *World J Surg.*, 38, 1026-1034. doi: 10.1007/s00268-013-2442-6.
5. Patel, P. V., & Merchant, A. M. (2014). Ventral hernia repair in the morbidly obese patient: A review of medical and surgical approaches in the literature. *Bariatric Surg Pract Patient Care*, 9(2), 61-65. doi.org/10.1089/bari.2014.0008.
6. Bishop, C. M. (1995). *Neural Networks for Pattern Recognition*. Oxford : Oxford University Press, p. 504.
7. Martsenyuk, V. (2017). On an indirect method of exponential estimation for a neural network model with discretely distributed delays. *Electronic Journal of Qualitative Theory of Differential Equations*, 23, 1-16. doi: 10.14232/ejqtde.2017.1.23
8. Martsenyuk, V. (2017). Indirect method of exponential convergence estimation for neural network with discrete and distributed delays. *Electronic Journal of Differential Equations* 2017; 246: 1-12. URL: <http://ejde.math.txstate.edu> or <http://ejde.math.unt.edu>
9. Shepherd, A. J. (1997). *Second-Order Methods for Neural Networks : Fast and Reliable Training Methods for Multi-Layer Perceptrons*. Shepherd. London : Springer, p. 342.
10. Martsenyuk, V. P., Semenets, A. V., & Stakhanska, O. O. (2010). Neyromerezheve prohnouzuvannia skladannia studentamy-medykamy litsenziinoho intehrovanoho ispytu "Krok 1" na osnovi rezultativ potochnoi uspishnosti ta semestrovoho kompleksnoho testovoho ispytu [Neuronetwork Prediction Of License Integrated Exam «Step 1» Passing Based On Current Results And Semester Complex Test Exam For Medical Students]. *Medychna informatyka ta inzheneriya – Medical Informatics and engineering*, 2, 57-62 [in Ukrainian].

### References.

1. Helgstrand, F. (2016). National results after ventral hernia repair. *Dan Med J.*, 63(7), B5258.
2. Israelsson, L. A., & Millbourn, D. (2013). Prevention of incisional hernias: How to close a midline incision. *Surg Clin North Am.*, 93(5), 1027-1040. doi: 10.1016/j.suc.2013.06.009
3. Kaoutzanis, C., Leichtle, S., Mouawad, N., Welch, K. B., Lampman, R. M., Wahl, W. L., & Cleary, R. K. (2015). Risk factors for postoperative wound infections and prolonged hospitalization after ventral/incisional hernia repair. *Hernia*, 19(1), 113-123. doi: 10.1007/s10029-013-1155-y.