

DOI: 10.31393/reports-vnmedical-2022-26(1)-18

УДК: 616.13-002.18-004.6-005

МАТЕМАТИЧНЕ ПРОГНОСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕОКЛЮЗІЙ У ХВОРИХ З ОКЛЮЗІЙНО-СТЕНОТИЧНИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ МАГІСТРАЛЬНИХ АРТЕРІЙ ІНФРАРЕНАЛЬНОГО ВІДДІЛУ АОРТИ

Шапринський В. В.¹, Шапринський В. О.², Очередько О. М.²

¹Державна наукова установа "Науково-практичний центр профілактичної та клінічної медицини" Державного управління справами (вул. Верхня, 5, м. Київ, Україна, 0114),

²Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова (вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, 21018)

Відповідальний за листування:
e-mail: vasyi.shaprynskyi@gmail.com

Статтю отримано 14 грудня 2021 р.; прийнято до друку 17 січня 2022 р.

Анотація. Облітеруючий атеросклероз судин нижніх кінцівок нерідко призводить до стійкої непрацездатності, інвалідизації та летальності. Не дивлячись на вдосконалення методів і технік ендоваскулярних і відкритих операцій, на сьогоднішній день все ще залишається значною частотою ампутацій нижніх кінцівок, обумовлених прогресуванням атеросклеротичного процесу в артеріях, а також наслідком різних інтра- та післяопераційних ускладнень, асоційованих із тромбозами зони артеріальної реконструкції, зокрема тромбозом шунта. Тому було поставлено за мету вивчити фактори, які впливають на виникнення реоклюзії після операції, і за допомогою логістичної математичної регресії розробити прогностичне моделювання ризику їх виникнення. Обстежено 100 пацієнтів з оклюзійно-стенотичними ураженнями магістральних артерій інфраренального відділу аорти атеросклеротичного генезу, з яких у ранньому післяопераційному періоді виникла реоклюзія - 50 хворих (основна група), і без реоклюзії - 50 пацієнтів (група порівняння). Встановлені фактори, які впливають на виникнення реоклюзії, і на їх основі розроблено математичне прогностичне моделювання реоклюзій на базі логістичної регресії. Встановлено, що ризик виникнення реоклюзії достовірно зростає зі збільшенням протяжності ураження ($\beta=0,5214$, $p=0,005$), за наявності складних анатомічних умов ($\beta=3,5080$, $p=0,034$), при наявності двох і більше багатоповерхових оклюзій ($\beta=9,0073$, $p=0,002$), за присутності технічних помилок у процесі втручання ($\beta=8,0802$, $p=0,004$).

Ключові слова: оклюзійно-стенотичні захворювання магістральних артерій нижніх кінцівок, прогностичні критерії, математичне моделювання реоклюзії, хронічна критична ішемія нижніх кінцівок, ревааскуляризація.

Вступ

Облітеруючий атеросклероз судин нижніх кінцівок є надзвичайно актуальною проблемою судинної хірургії. Ця патологія нерідко призводить до стійкої непрацездатності, інвалідизації та летальності. Все це має велике медичне, економічне та соціальне значення [5, 6, 10].

На сьогоднішній день розроблені сучасні ендоваскулярні, роторно-механічні технології в лікуванні оклюзійно-стенотичних уражень магістральних артерій при атеросклерозі. Серед цих операцій певний відсоток займають і відкриті методики реконструктивних операцій, які обумовлені рядом показань й анатомічних умов для їх виконання. Так, відкриті способи ревааскуляризації залишаються методом вибору у пацієнтів із протяжними атеросклеротичними оклюзійно-стенотичними ураженнями артерій у випадку відсутності можливостей гібридного втручання, а алошунт є матеріалом вибору при відсутності аутовени. Не дивлячись на постійне технічне удосконалення різних методик хірургічного лікування, все ще залишається великою частотою ампутацій, як в найближчому, так і у віддаленому післяопераційному періоді, яка обумовлена в основному різними інтра- та післяопераційними ускладненнями [2, 9].

До основних ранніх післяопераційних ускладнень після відкритих та ендоваскулярних реконструктивних

втручань, які виконуються на магістральних артеріях, відносять тромбоз шунта і кровотечі. Тромбоз - найчастіше ускладнення після реконструктивних операцій на артеріях. Частота ранніх післяопераційних тромбозів коливається від 1-3% до 10-25% [4]. Гострий тромбоз бранші протезу в більшості випадків пов'язаний з технічними погрешностями при формуванні дистального анастомозу. Найбільш часто це відбувається в ділянці дистального анастомозу, рідше - при формуванні проксимального анастомозу. Також причиною тромбозу можуть бути некоректна доопераційна й інтраопераційна оцінка уражених шляхів відтоку, що створює підвищений супротив розвантаження крові через шунт. До тромбозу протезу також може призвести перекут або перегин бранші протезу. Всі ці ускладнення значною мірою погіршують найближчі результати лікування і опосередковано впливають на віддалені результати [8]. Тому нами було поставлено за мету вивчити фактори, які впливають на виникнення реоклюзії, і за допомогою логістичної математичної регресії розробити прогностичне моделювання ризику виникнення реоклюзій.

Мета дослідження - вивчити фактори, які впливають на виникнення реоклюзії, і на їх основі розробити математичне прогностичне моделювання реоклюзій у хворих з оклюзійно-стенотичними захворюваннями магістральних артерій інфраренального відділу аорти.

Матеріали та методи

У хірургічному центрі малоінвазивної хірургії державної наукової установи "Науково-практичний центр профілактичної та клінічної медицини" Державного управління справами м. Київ з 2018 по 2021 роки знаходились на лікуванні 100 пацієнтів з оклюзійно-стенотичними ураженнями магістральних артерій інфраренального відділу аорти, які були прооперовані різними методами. Більшість хворих були віком від 57 до 82 років. Чоловіків було 72 (72,0%), жінок - 28 (28,0%). Права нижня кінцівка була уражена частіше, ніж ліва. У своїй роботі ми використовували класифікацію хронічної ішемії нижніх кінцівок за Rutherford (1997 р.). За цією класифікацією пацієнти розподілилися наступним чином: з категорією 3 було 17 осіб, з категорією 4 - 31, з категорією 5 - 29, категорія 6 спостерігалась у 23 хворих [7].

Усього було досліджено 100 пацієнтів, з яких з реоклюзією (випадки) було 50 хворих (основна група), без реоклюзії - також 50 пацієнтів (група порівняння).

Для аналізу ролі окремих факторів у виникненні реоклюзій з огляду на план дослідження "випадок-контроль без зіставлення за факторами змішування, різко незбалансований план" (unmatched case-control unbalanced design) ми використали логістичну регресію.

Для оцінки значущості окремих градацій предикторів ризику виникнення реоклюзії використовувались моделі багатофакторної логістичної регресії виду

$$\ln\left(\frac{r}{1-r}\right) = b_0 + \sum_{i=1...k} b_i^{(j)} x_i^{(j)} \quad (\text{ф.1})$$

де $b_i^{(j)}$ - парціальний ефект градації j -і-го фактора $x_i^{(j)}$.

Парціальні ефекти вираховані за ітеративною процедурою. Як початкові значення коефіцієнтів бралися їх оцінки з моделі лінійної регресії. Кожна наступна оцінка є уточненням попередньої за допомогою оберненої інформаційної матриці $I(\beta_m)$ (матриця других похідних від $\ln(L)$ розраховується на кожній ітерації) і матриці $\Delta \ln(L)/\Delta \beta_m$ похідних першого порядку від $\ln(L)$ за формулою:

$$\beta_{m+1} = \beta_m \cdot I^{-1}(\beta_m) \cdot \Delta \ln(L)/\Delta \beta_m \quad (\text{ф.2})$$

Якщо β_{m+1} практично не змінюється, процедуру ітерацій зупиняють. Як правило цей поріг $\tau = \beta_{m+1} - \beta_m$ роблять дуже малим (для наведених розрахунків обрано $\tau = 10^{-6}$).

Стандартні помилки коефіцієнтів регресії сі розраховували шляхом вилучення квадратного кореню з діагональних елементів коваріаційної матриці, отриманої в ході мінімізації функції втрат за методом квазі-Ньютона [1, 3].

Знаходження параметрів моделі, як і тестування гіпотез щодо їх властивостей, здійснювали в середовищі аналітичних систем R (v.4.1.2) і Mathcad 2000 Professional s/n EN902006DS2125B (персональна версія, ліцензована Dan Kirshner & Oleksandr Ocheredko, US).

Результати. Обговорення

Загальна оцінка адекватності моделі представлена в таблиці 1. Як видно з таблиці 1, розглянуті фактори достовірно моделюють поведінку результативної змінної - наявність/відсутність реоклюзії, що оцінюється значенням χ^2 -квдрату 114,5 за числа ступенів свободи 15 на рівні достовірності $p < 0,0001$. Це уможливило використання моделі для цілей індивідуального прогнозу ризику реоклюзії за відомими значеннями предикторів. Для визначення, які саме предиктори є інформативними для включення до моделі прогнозу, ми використали регресійні оцінки логістичної повної (з включенням всіх головних ефектів) моделі регресії (табл. 2).

Як видно з таблиці 2, суттєво ($p < 0,05$) впливали на ризик розвитку реоклюзії такі фактори, як чоловіча стать (регресійний коефіцієнт $\beta = 2,6498$, $p = 0,0041$), наявність підвищеного артеріального тиску ($\beta = 1,7610$, $p = 0,0326$), протяжність ураження ($\beta = 0,5669$, $p = 0,0003$), складні

Таблиця 1. Загальна оцінка адекватності логістичної моделі регресії факторів на вірогідність виникнення реоклюзії.

Параметри	Оцінки
Критерій відношення правдоподібності	114,50
Ступені свободи моделі	15
p-рівень достовірності	<0,0001

Таблиця 2. Оцінка суттєвості впливу усіх факторів на ризик розвитку реоклюзії за регресійними оцінками головних ефектів логістичної моделі.

Ефект	β	m	t	p	Значущість*
Константа	-20,4901	5,2885	-3,874	0,000211	***
Вік	4,0316	4,0434	0,997	0,321584	
Стать (ч)	2,6498	0,8982	2,950	0,004116	**
АТ	1,7610	0,8107	2,172	0,032663	*
Тромбоцити	-0,3216	0,9921	-0,324	0,746597	
АЧТЧ	-5,1444	8,0633	-0,638	0,525207	
Антиагреганти	-0,5818	0,9997	-0,582	0,562138	
Перенесені втручання	-11,0581	20,7543	-0,533	0,595571	
Рівень оклюзії	0,4722	1,7828	0,265	0,791764	
Тривалість втручання	-10,9147	20,7044	-0,527	0,599466	
Категорія ішемії	-2,2186	3,7975	-0,584	0,560629	
Протяжність ураження	0,5669	0,1507	3,762	0,000311	***
Складні анатомічні умови	3,9892	1,1950	3,338	0,001258	**
Дві і більше оклюзії	19,6732	21,0627	0,934	0,352966	
Технічні помилки	7,7337	2,6010	2,973	0,003843	**

Дисперсійний параметр (множник) = 0,3010454
 Девіація нульової моделі = 138,629 за 99 ступенів свободи
 Девіація резидуальна = 24,069 за 84 ступенів свободи
 *Значущість ****<=0,001; ***<=0,01; **<=0,05; *<=0,1

Таблиця 3. Статистична оцінка відібраних регресорів ризику виникнення реоклюзії за логістичною моделлю.

Ефект	β	m	t	p	Значущість*
Константа	-15,8819	5,1090	-3,109	0,00248	**
Протяжність ураження	0,5214	0,1811	2,880	0,00491	**
Складні анатомічні умови	3,5080	1,6360	2,144	0,03456	*
Дві і більше оклюзії	9,0073	2,8134	3,202	0,00186	**
Технічні помилки	8,0802	2,7554	2,933	0,00421	**

Дисперсійний параметр (множник) = 1,306961
 Девіація нульової моделі = 138,629 за 99 ступенів свободи
 Девіація резидуальна = 33,413 за 95 ступенів свободи
 *Значущість ****<0,001; ***<0,01; **<0,05; '<0,1

анатомічні умови ($\beta=3,9892$, $p=0,0012$), технічні помилки в процесі втручання ($\beta=7,7337$, $p=0,0038$). Саме ці фактори включені в покрокову модель логістичної регресії прогнозу ризику розвитку реоклюзії.

Результати вивчення інформативності моделей з повною, проміжною і відбраною множинами предикторів в оцінці ризику виникнення реоклюзії видно, що як повна, проміжна, так і скорочена прогностичні моделі є високоінформативними порівняно з шел-моделлю, р-значення 2 складало менше 0,0001 (табл. 3). При зіставленні інформативностей повної, проміжної і скороченої моделей не виявлено суттєвих відмінностей, тобто скорочена модель має не гірші прогностичні властивості.

Таким чином, ми маємо повні підстави вважати відбрану множину предикторів доцільною для прогнозу ризику виникнення реоклюзії.

У процесі відбору предикторів очевидна перевага використання алгоритму оцінки параметрів моделі "quasibinomial", який дозволяє моделювати гетерогенність дисперсії через бустерний множник. Останній показав надлишкову паметризацію моделі повним складом предикторів із штучним скороченням варіації, так як дисперсійний параметр (множник) = 0,3010454, що значно менше 1, і засвідчив, що найкраще клінічну практику з гетерогенністю дисперсії описує саме закрючена модель із остаточним набором предикторів, дисперсійний параметр якої перевищує 1, а саме 1,306961.

Як видно з регресійних оцінок остаточної моделі, всі відібрані предиктори несуть суттєву прогностичну інформацію ($p<0,05$). Знаки коефіцієнтів показують, що ризик реоклюзії зростає із збільшенням протяжності ураження ($\beta=0,5214$, $p=0,005$), за наявності складних анатомічних умов ($\beta=3,5080$, $p=0,034$), при наявності двох і більше багатоповерхових оклюзій ($\beta=9,0073$, $p=0,002$), за присутності технічних помилок у процесі втручання ($\beta=8,0802$, $p=0,004$).

Таким чином, прогностична модель за вищевказаними оцінками виглядає так:

$$r=\{1 + \exp(-regpred)\}^{-1} \quad (\text{ф. 3})$$

де r - прогнозований ризик оклюзії, \exp - експонента, $regpred$ - регресійний предиктор виду

$$regpred = -15,882 + 0,5214* \text{протяжність ураження} + 3,5080* \text{наявність складних анатомічних умов} + 9,0073* \text{наявність двох і більше багатоповерхових оклюзій} + 8,0802* \text{наявність технічних помилок у процесі втручання}.$$

У дужках наведені градації відповідних предикторів, яких стосуються коефіцієнти моделі. Якщо особа має іншу градацію ознаки, то дана градація опускається (її ефект дорівнює нулю для цієї особи). Наприклад, у разі наявності двох і більше багатоповерхових оклюзій, за присутності технічних помилок у процесі втручання та протяжності ураження 12 см, складова формули складних анатомічних умов опускається, тобто для такого пацієнта

$$regpred = -15,882 + 0,5214*12 + 9,0073*1 + 8,0802*1$$

Для знаходження критичного порогового значення протяжності ураження як безперервної ознаки, ми застосували методику ROC-аналізу, а саме відобразили результати класифікації виникнення реоклюзії (у просторі чутливість і 1-специфічність) за різних порогових значень (рис. 1). З'ясувалось, що найбільш відділеною від діагоналі є точка порогу 15 см (зображена прицілом на діаграмі). Саме довші сегменти враження є особливі небезпечними для виникнення реоклюзії.

З площі під кривою ($AUC=0,7024>0,7$) очевидна висока дискримінантна потужність протяжності ураження.

Оцінка прогностичної потужності моделі. Наведені таблиці містять оцінений зв'язок між спостереженими і прогнозованими за моделлю ризиками виникнення реоклюзії. Видно, що в 97,2% випадків прогнозовані значення ризику збіглися зі спостереженими. Коефіцієнт асоціації стверджує сильний прямий кореляційний зв'язок і дорівнює 0,949 (табл. 4).

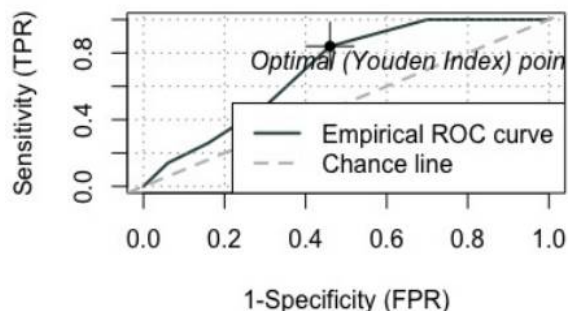


Рис. 1. Емпірична ROC крива порогових рівнів протяжності ураження для класифікації виникнення оклюзії. Оптимальний пороговий рівень 15 см.

Таблиця 4. Оцінки зв'язку між спостереженими і прогнозованими за моделлю ризиками виникнення НЛФ.

Оцінка	Значення
Відсоток конкордатних пар	97,2%
Відсоток дискордатних пар	2,3%
Відсоток зв'язаних пар	0,6%
Коефіцієнт асоціації Сомера	0,949

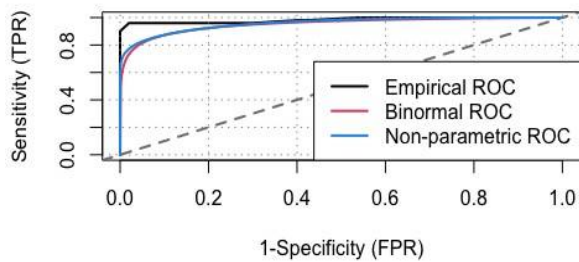


Рис. 2. Емпірична, модельна, та непараметрична ROC криві результатів класифікації виникнення оклюзії. AUC=0,9828, 0,9512, 0,9578.

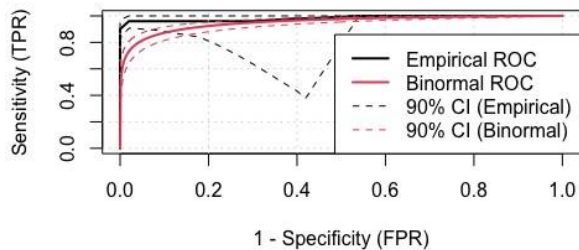


Рис. 3. Довірчі інтервали ROC-кривих.

Детальніше оцінка прогностичної потужності моделі за відібраними предикторами здійснена на основі подібних деталізацій ROC-аналізу, зокрема на рисунку 2 наведені емпірична, модельна, та непараметрична ROC криві результатів класифікації виникнення оклюзії (у просторі чутливість і 1-специфічність) за різних порогових значень r (ф.4).

З площі під кривими (рис. 2, AUC=0,9828, 0,9512, 0,9578) очевидна висока дискримінантна потужність логістичної прогностичної моделі. Довірчі інтервали вказують на перевагу використання модельних прогностичних оцінок, які мають дуже вузький 90% довірчий інтервал, а отже, точні дані, на відміну від емпіричних.

Важливим питанням практичного використання моделі є знаходження оптимального порогу класифікації. Пошук порогу здійснено на основі множини мір (measures), таких як точність класифікації (ACC) питомої ваги позитивних (PPV) і негативних (NPV) предикторних значень, інтегральної питомої ваги хибно-позитивних і хибно-негативних значень (MIS). Також використані такі інтегральні міри, як F-measure, широко поширена в теорії інформації, в алгоритмах пошуку і класифікації і визначена як середнє гармонійне значень PPV і

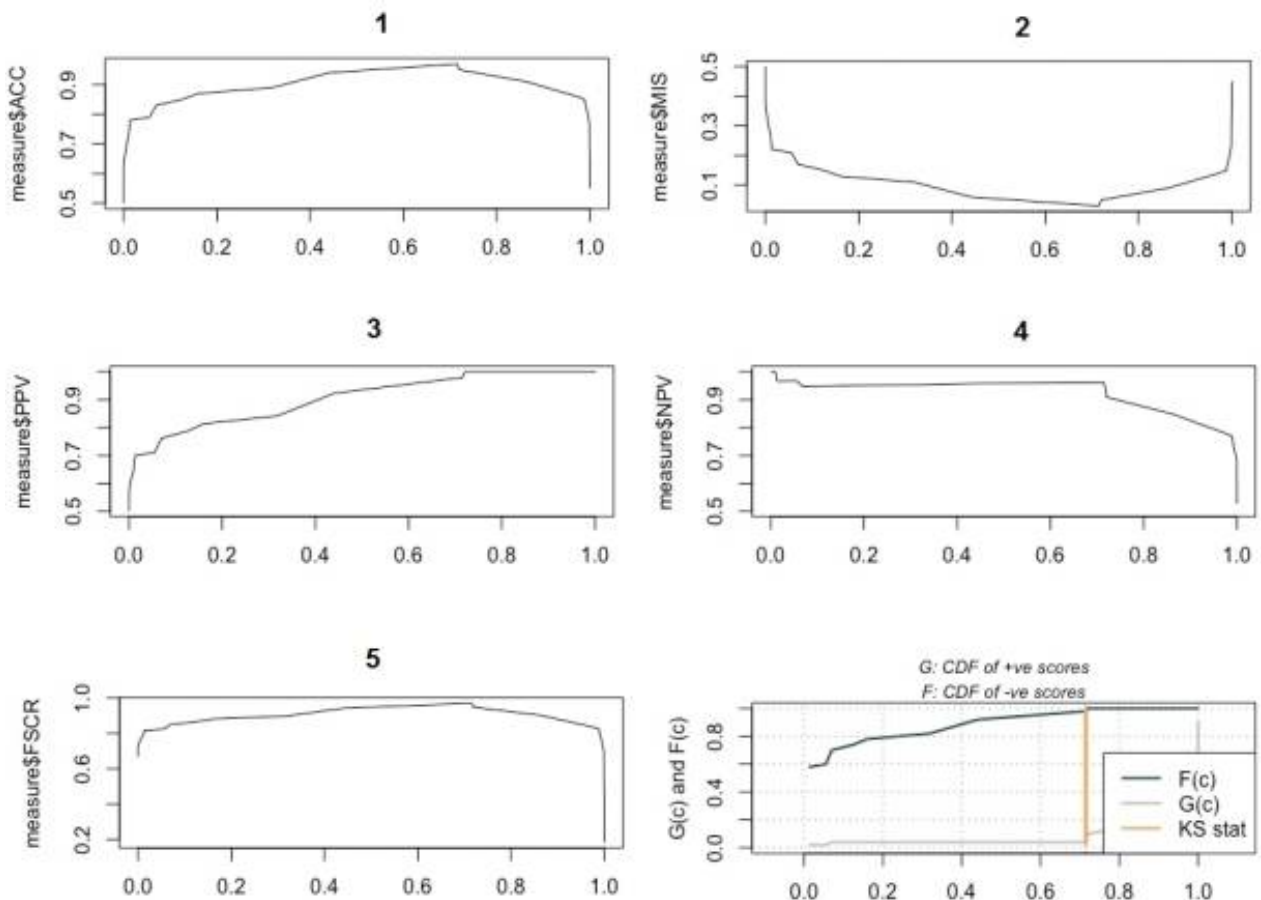


Рис. 4. Міри дискримінантної потужності в залежності від порогових значень класифікації за розробленої прогностичної моделі (1 - точність класифікації, 2 - інтегральний індекс хибно-позитивних і хибно-негативних класифікацій, 3 - індекс вірно-позитивних результатів, 4 - індекс вірно-негативних результатів, 5 - F-score, 6 - міра Колмогорова-Смирнова).

питомої ваги вірно-позитивних значень класифікації TPR, а саме:

$$F = \frac{2}{\frac{1}{PPV} + \frac{1}{TPR}} \quad (\text{ф. 4})$$

Іншою інтегральною мірою є статистика (і відповідний графік) Колмогорова-Смирнова. Графік зображує кумулятивні функції розподілу позитивних F (с) і негативних G (с) результатів вздовж центилів предикторних значень г (ф.3). Статистика є максимальною дистанцією між двома кумулятивними кривими і визначає максимальну дискримінантну потужність алгоритму. Криві мір дискримінантної потужності в залежності від порогових значень класифікації за розробленої прогностичної моделі наведені на рисунку 4.

Як очевидно впливає з мір оцінок дискримінантної потужності класифікації, оптимальним пороговим рівнем є значення $g=0,715$. Змодельовані значення, які вищі порогу, слід розглядати як позитивні (очікується виникнення оклюзії), менші від порогу свідчать про відсутність загрози (негативний результат класифікації).

Приклади застосування.

Приклад 1. У пацієнта відсутні загрози за перерахованими факторами.

У такому разі $regpred = -15,882$

Підставивши у вираз для г: $r=\{1 + \exp(-regpred)\}^{-1}$

маємо $g=1,266295e-07$, тобто нульовий ризик виникнення оклюзії.

Приклад 2. У пацієнта наявні дві і більше багатопверхові оклюзії, присутні технічні помилки в процесі втручання та протяжність ураження 12 см, тобто для такого пацієнта:

$regpred = -15,882 + 0,5214 \cdot 12 + 9,0073 \cdot 1 + 8,0802 \cdot 1 = 7,4623$

Підставивши у вираз для г: $r=\{1 + \exp(-regpred)\}^{-1}$

маємо $g=0,999426$, що вище за порогове значення 0,715, тобто очікується розвиток оклюзії (результат позитивний).

Приклад 3. У пацієнта протяжність ураження 18 см без ускладнюючих факторів ризику, тобто для такого пацієнта:

$regpred = -15,882 + 0,5214 \cdot 18 = -6,4968$

Підставивши у вираз для г: $r=\{1 + \exp(-regpred)\}^{-1}$

Отримуємо $g=0,001505986$, що менше за порогове значення 0,715, тобто не очікується розвиток оклюзії (результат негативний).

Таким чином, обґрунтована на основі логістичної регресії модель прогнозу виникнення реоклюзії показала високу ефективність за множиною мір дискримінантної потужності, зокрема за мірами точності прогнозу, ACC, F-score, PPV, NPV, MIS, KS, похідними показниками чутливості та специфічності. Для забезпечення найвищої дискримінантної потужності класифікації слід використовувати пороговий рівень $g=0,715$. З'ясувалось, що особливо ризик виникненню реоклюзії зростає за протяжності ураження понад 15 см. Саме довші сегменти враження є особливо небезпечними для виникнення реоклюзії.

Висновки та перспективи подальших розробок

1. Встановлено, що ризик виникнення реоклюзії достовірно зростає зі збільшенням протяжності ураження ($\beta=0,5214$, $p=0,005$), за наявності складних анатомічних умов ($\beta=3,5080$, $p=0,034$), при наявності двох і більше багатопверхових оклюзій ($\beta=9,0073$, $p=0,002$), за присутності технічних помилок у процесі втручання ($\beta=8,0802$, $p=0,004$).

2. Показано, що наявність складних анатомічних умов збільшує ризик виникнення реоклюзії у 3,34 рази порівняно з його відсутністю (перша градація) за умови контролю усіх інших факторів. Наявність двох і більше багатопверхових оклюзій збільшує ризик виникнення реоклюзії у 8,162 рази порівняно з їхньою відсутністю. Наявність технічних помилок у процесі втручання збільшує ризик виникнення реоклюзії у 3,229 рази. Збільшення протяжності ураження на кожний додатковий сантиметр збільшує ризик виникнення реоклюзії в 1,68 рази. 95% інтервали довіри для усіх коефіцієнтів співвідношення шансів виключають 1, що свідчить про достовірність додаткового ризику.

Перспектива подальших досліджень полягає у визначенні оптимальної комбінації методів лікування на основі індивідуалізованого підходу з можливим прогнозуванням ускладнень.

Список посилань - References

- [1] Agresti, A. (2013). *Categorical Data Analysis*. (3rd ed.). Wiley Interscience.
- [2] Almasri, J., Adusumalli, J., Asi, N., Lakis, S., Alsawas, M., Prokop, L. J., ... & Murad, M. H. (2018). A systematic review and meta-analysis of revascularization outcomes of infrainguinal chronic limb-threatening ischemia. *Journal of Vascular Surgery*, 68(2), 624-633. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jvs.2018.01.066>
- [3] Bilder, C. R., & Loughin, T. M. (2015). *Analysis of Categorical Data with R*. Chapman & Hall. CRC 1st Ed. ISBN-13: 978-1439855676
- [4] Catalano, M. (1993). Epidemiology of critical limb ischaemia: north Italian data. *The European journal of medicine*, 2(1), 11-14.
- [5] Dinoto, E., Pecoraro, F., Cutrupi, A., Bracale, U. M., Panagrosso, M., & Bajardi, G. (2020). Single staged hybrid approach for multilevel aortic-iliac-femoral-popliteal disease. *International Journal of Surgery Case Reports*, 77, S166-S169. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijscr.2020.09.018>
- [6] Jens, S., Conijn, A. P., Koelemay, M. J. W., Bipat, S., & Reekers, J. A. (2014). Randomized Trials for Endovascular Treatment of Infrainguinal Arterial Disease: Systematic Review and Meta-analysis (Part 2: Below the Knee). *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 47(5), 536-544. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ejvs.2014.02.012>
- [7] Rosenfield, K., Jaff, M. R., White, C. J., Rocha-Singh, K., Mena-Hurtado, C., Metzger, D. C., ... & Scheinert, D. (2015). Trial of

- a Paclitaxel-Coated Balloon for Femoropopliteal Artery Disease. *New England Journal of Medicine*, 373(2), 145-153. doi: <http://doi.org/10.1056/nejmoa1406235>
- [8] Shaprynskyi, V., Gupalo, Y., Shved, O., Nabolotnyi, O., & Shapovalov, D. (2018). Treatment of critical limb ischemia in patients with multilevel arterial lesions. *Reports of Vinnytsia National Medical University*, 22(3), 474-478. [https://doi.org/https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2018-22\(3\)-16](https://doi.org/https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2018-22(3)-16)
- [9] Shaprynskyi, V., Hupalo, Y., Shved, O., Shamrai-Sas, A., Nabolotnyi, O., & Shapovalov, D. (2017). Hybrid, endovascular and open surgery in the treatment of critical lower extremity ischemia. *Surgery of Ukraine - Khirurgiia Ukraine*, 4(64), 507-512/
- [10] Shaprynskyi, V., Shaprynskyi, V., & Suleimanova, V. (2021). Endovascular interventions in patients with multilevel stenotic lesions of the infrarenal aortic arteries. *EUREKA: Health Sciences*, 6, 24-29. <https://doi.org/10.21303/2504-5679.2021.002193>

A MATHEMATICAL PROGNOSIS MODELLING OF REOCCLUSIONS IN PATIENTS WITH OCCLUSIVE-STENOTIC DISEASES OF THE MAIN ARTERIES OF THE INFRARENAL AORTA

Shaprynskyi V. V., Shaprynskyi V. O., Ocheredko O. M.

Annotation. *Obliterating atherosclerosis the lower extremities vessels often leads to permanent disability and mortality in some cases. Despite the improvement of methods and techniques of endovascular and open operations, nowadays there is still a significant frequency of amputations due to progression of atherosclerosis and various intra- and postoperative complications, such as shunt thrombosis or thrombosis of zone of reconstruction. Therefore, the aim was to research the factors influencing the occurrence of reocclusion after surgery and to develop predictive modeling of the risk of their occurrence with the help of logistic mathematical regression. 100 patients with occlusive-stenotic lesions of the main arteries of the infrarenal aorta by atherosclerotic origin were examined. 50 patients (general group) revealed reocclusion occurred in the early postoperative period, and 50 patients (comparison group) have no reocclusion. The factors influencing the occurrence of reocclusion have been identified, and mathematical prognostic modeling of reocclusions based on logistic regression has been created. It was found that the risk of reocclusion increases significantly with increasing duration of the lesion ($\beta=0.5214$, $p=0.005$), in the presence of complex anatomical conditions ($\beta=3.5080$, $p=0.034$), in the presence of two or more multistory occlusions ($\beta=9.0073$, $p=0.002$), in the presence of technical errors in the intervention process ($\beta=8.0802$, $p=0.004$).*

Keywords: *occlusive-stenotic diseases of the main arteries of the lower extremities, prognostic criteria, mathematical modelling of reocclusion, chronic critical limb ischemia, revascularization.*
