

УЛЬТРАЗВУКОВА ОЦІНКА ГЕМОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РІЗНИХ ТИПІВ АРТЕРІОВЕНОЗНИХ ФІСТУЛ В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІЙ МОДЕЛІ НА ШИНШИЛОПОДІБНИХ КРОЛЯХ

В.О. Воронич

Івано-Франківський національний медичний університет, м. Івано-Франківськ, Україна

Функціональні характеристики артеріовенозних фістул відіграють провідну роль у формуванні якості життя пацієнтів із хронічною хворобою нирок термінальної стадії, які перебувають на замісній нирковій терапії методом програмного гемодіалізу. Індивідуальний підбір анастомозу під анатомічні особливості пацієнта може подовжити термін експлуатації судинного доступу та прискорити час його дозрівання.

Мета – Вивчити в експерименті функціональні особливості артеріовенозних анастомозів «кінець у кінець» і «бік у бік» і здійснити їх порівняльний аналіз.

Матеріали і методи. Дослідження проводили на кролях-самцях породи Шиншила масою 2,5-3,0 кг. Дослідження на тваринах здійснювали відповідно до Правил проведення робіт із використанням лабораторних тварин (1977), Конвенції Ради Європи про охорону хребетних тварин, яких використовують в експериментах та інших наукових цілях (1986), Директив ЄЕС № 609 (1986), Наказу МОЗ України № 281 від 01.11.2000 р. «Про міри по подальшому вдосконаленню організаційних норм роботи з використанням експериментальних тварин» і Закону України № 3447-IV «Про захист тварин від жорстокого поводження» (2006) (рішення комісії з питань етики Івано-Франківського національного медичного університету, протокол № 130/22 від 22.11.2022). Тваринам формували артеріовенозні анастомози «кінець у кінець» (1-ша дослідна група, $n = 6$) і «бік у бік» (2-га дослідна група, $n = 6$) між загальною сонною артерією та зовнішньою яремною веною. Гемодинамічні характеристики судин вивчали за допомогою ультразвукового методу. Ультразвукове дослідження судин проводили за допомогою портативного апарату Philips Lumify (Philips, США) із лінійним датчиком (4–12 МГц) через дві год після формування анастомозу та на 30-ту добу після оперативного втручання. Вимірювали швидкість кровотоку (режим B-Mode, Color Doppler), діаметр новоствореного судинного доступу та інтактних контрлатеральних судин для оцінки можливих компенсаторних змін. Для порівняння аналогічні дослідження проводили інтактним тваринам (контрольна група, $n = 6$). Статистичну обробку даних здійснювали з використанням комп'ютерної програми Excel пакету Microsoft Office 365 ProPlus. Нормальність розподілу показників перевіряли для кожної з вибірок, застосовуючи критерій Колмогорова-Смірнова, Лілієфорса. Кількісні показники у вибірках із нормальним розподілом представлені інтервалом ($M \pm m$), їх оцінювали з використанням критерію Стьюдента t . Статистична достовірність результатів визначена при $p < 0,05$.

Результати. Виявлено функціональні відмінності гемодинамічних характеристик артеріовенозних анастомозів між загальною сонною артерією та зовнішньою яремною веною у тварин дослідних груп та інтактними судинами тварин групи контролю. При формуванні артеріовенозної фістули з анастомозом типу «кінець у кінець» швидкість кровотоку у зовнішній яремній вені через 2 години після операції зростала у 5,5 рази ($p < 0,01$) порівняно з інтактними тваринами. На 30-ту добу спостереження структурна і гемодинамічна перебудова судин зазнавала позитивних змін, проте було встановлено два випадки (33,3 %) тромбозу артеріовенозної фістули. У кролів яким формували анастомоз типу «бік у бік» у ранньому післяопераційному періоді швидкість кровотоку зростала у 4,2 рази ($p < 0,01$) щодо вихідних даних. На 30-ту добу експерименту швидкість кровотоку перевищувала контрольні значення у 6,9 рази ($p < 0,001$), а діаметр зовнішньої яремної вени збільшився у 2,1 рази ($p < 0,05$), при цьому відзначено один випадок тромбозу. Отримані результати засвідчують, що анастомоз «кінець у кінець» забезпечує більш ефективну гемодинамічну перебудову, але асоціюється з вищим ризиком ускладнень, тоді як анастомоз «бік у бік» характеризується кращою збереженістю фістули у віддаленому періоді.

Висновки. Ультразвукова оцінка функціональних особливостей судинних

Ключові слова:

артеріовенозна фістула, анастомоз, хронічна ішемія, тромбоз, експериментальна модель, хронічна хвороба нирок, замісна ниркова терапія.

Клінічна та експериментальна патологія 2025. Т.24, № 4 (94). С. 23-28

DOI 10.24061/1727-4338.XXIV.4.94.2025.04

E-mail:

Voronych_Vi@ifnmu.edu.ua

анастомозів «кінець у кінець» і «бік у бік» продемонструвала закономірну перебудову венозного русла у тварин обох дослідних груп. Уже через дві години після формування судинного доступу швидкість кровотоку у зовнішній яремній вені суттєво перевищила аналогічний показник контролю. Гемодинамічні характеристики анастомозу «кінець у кінець» кращі, ніж у тварин із судинним з'єднанням «бік у бік», однак і ризик ускладнень за таких умов суттєво вищий.

ULTRASOUND EVALUATION OF HEMODYNAMIC CHARACTERISTICS OF DIFFERENT TYPES OF ARTERIOVENOUS FISTULAS IN AN EXPERIMENTAL MODEL ON CHINCHILLA-LIKE RABBITS

V.O. Voronych

Ivano-Frankivsk National Medical University, Ivano-Frankivsk, Ukraine

The functional characteristics of arteriovenous fistulas play a leading role in determining the quality of patients' life with end-stage chronic kidney disease who are undergoing replacement renal therapy using the method of programmed haemodialysis. Individual selection of anastomosis according to the anatomical features of patient can prolong the service life of vascular access and accelerate its maturation time.

The aim – to study experimentally and conduct a comparative analysis of the functional features of end-to-end and side-to-side arteriovenous anastomoses.

Materials and methods. The study was conducted on male Chinchilla rabbits weighing 2.5-3.0 kg. The animals were kept on a standard diet and drinking regime of the vivarium. The studies on animals were conducted in accordance with the Rules for Conducting Work with Laboratory Animals (1977), the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes (1986), EEC Directive No. 609 (1986), Order of the Ministry of Health of Ukraine No. 281 of 01.11.2000 "On Measures for Further Improvement of Organizational Norms of Work with Experimental Animals" and Law of Ukraine No. 3447-IV "On the protection of animals from cruel treatment" (2006) during research (decision of the Ethics Committee of Ivano-Frankivsk National Medical University, protocol No. 130/22 dated 22.11.2022). Arteriovenous anastomoses were formed in animals: end to end (1st research group, n = 6), and side to side (2nd research group, n = 6) between the common carotid artery and the external jugular vein. Haemodynamic characteristics of vessels were studied using ultrasound method. Ultrasound examination of vessels was performed using a portable Philips Lumify device (Philips, USA) with a linear transducer (4–12 MHz) 2 hours after anastomosis formation and on the 30th day after surgery. Blood flow velocity (B-Mode, Colour Doppler mode), the diameter of the newly created vascular access and intact contralateral vessels were measured to assess the possible compensatory changes. For comparison, similar studies were performed on intact animals (control group, n = 6). Statistical data processing was performed using the Excel computer program of the Microsoft Office 365 ProPlus package. The normal distribution of the studied indexes was checked for each of the samples using the Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors criteria. Quantitative indexes in the samples with normal distribution are represented by an interval ($M \pm m$) and were evaluated using the Student's t-test. The statistical reliability of the results was determined at $p < 0.05$.

Results. The experimental study revealed the functional differences of the haemodynamic characteristics of arteriovenous anastomoses between the common carotid artery and the external jugular vein in animals of the research groups and intact vessels of animals in the control group. During the formation of arteriovenous fistula with an end-to-end type of anastomosis, the blood flow velocity in the external jugular vein 2 hours after the operation increased by 5.5 times ($p < 0.01$) compared with intact animals. On the 30th day of observation, the structural and haemodynamic remodelling of the vessels underwent positive changes, but two cases (33.3 %) of arteriovenous fistula thrombosis were found. In rabbits of the 2nd research group (animals with a side-to-side type of anastomosis formation), in the early postoperative period the blood flow velocity increased by 4.2 times ($p < 0.01$) in relation to the baseline data. On the 30th day of the experiment, the blood flow velocity exceeded the control values by 6.9 times ($p < 0.001$), and the diameter of the external jugular vein increased by 2.1 times ($p < 0.05$), with one case of thrombosis noted. The obtained results indicate that end-to-end anastomosis provides more effective haemodynamic remodelling but is associated with a higher risk of complications, while a side-to-side anastomosis is characterised

Key words:

arteriovenous fistula, anastomosis, chronic ischaemia, thrombosis, experimental model, chronic kidney disease, renal replacement therapy.

Clinical and experimental pathology 2025. Vol. 24, № 4 (94). P. 23-28.

by better fistula preservation in the long-term period.

Conclusions. As a result of ultrasound assessment of the functional features of two types of vascular anastomoses (end-to-end and side-to-side), a regular remodelling of the venous bed was established in animals of two research groups. Already 2 hours after the formation of vascular access, the blood flow velocity in the external jugular vein significantly exceeded the corresponding control index. At the same time, the haemodynamic characteristics of an end-to-end anastomosis were more pronounced than in animals with a side-to-side vascular connection, however the risk of complications under such conditions is reliably higher.

Вступ

Хронічна хвороба нирок є великим викликом у медичній сфері, адже кількість пацієнтів, які перебувають на замісній нирковій терапії методом програмного гемодіалізу у 2020 році перевищила 2,5 мільйона і за даними статистичних наукових досліджень до 2030 року зросте до 5,4 мільйона [1, 2]. У зв'язку з наявністю мультифакторних патологій у пацієнтів, які потребують судинного доступу [3, 4], надзвичайно актуальним залишається питання вибору типу анастомозу, який буде забезпечувати найкращі функціональні показники і належні структурні особливості для проведення замісної терапії [5]. Значну частку госпіталізацій у відділення інтенсивної нефрології (майже третина від усіх медичних епізодів стаціонару) становлять пацієнти, які мають ускладнення, що пов'язані із судинним доступом [6-8].

Золотим стандартом у практичній медицині є артеріовенозний анастомоз типу «кінець у кінець». Він є компромісним варіантом між функціональною ефективністю та безпекою дистального кровопостачання. Судинні доступи з анастомозом «кінець у кінець» і «бік у бік» використовуються значно рідше та до деякої міри є анастомозами вибору, який пов'язаний з анатомічними особливостями пацієнтів і наявними супутніми захворюваннями. Особливо обмеженими є дані щодо функціональних особливостей анастомозу «кінець у кінець», який у клінічній практиці застосовується переважно в унікальних випадках, але може забезпечувати високі гемодинамічні показники [9, 10].

Результати клінічних досліджень, що аналізують різні типи анастомозів, часто поєднують вплив типу анастомозу з різними методами його створення (відкритими або ендovasкулярними), що ускладнює ізольовану оцінку впливу саме конфігурації анастомозу на перебудову судинного русла і функціональні характеристики артеріовенозної фістули. У цьому контексті експериментальні моделі дають змогу більш об'єктивно дослідити вплив типу анастомозу за контрольованих умов.

Тому представлене дослідження спрямоване на сфокусоване вивчення функціональних характеристик артеріовенозних анастомозів типу «кінець у кінець» і «бік у бік» на експериментальній моделі з використанням ультразвукових методів їх оцінки з метою поглиблення розуміння механізмів гемодинамічної перебудови та їх потенційного клінічного значення.

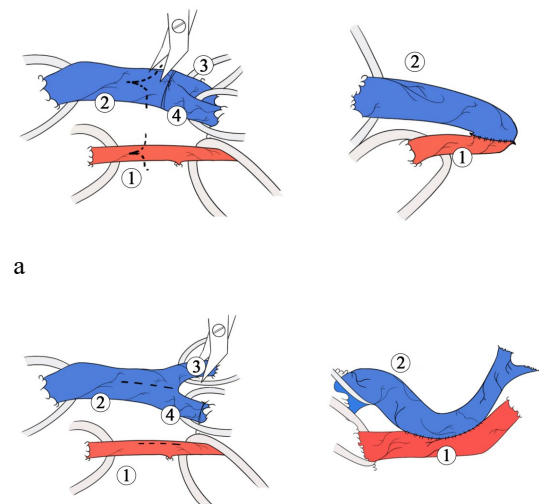
Мета роботи

Вивчити в експерименті функціональні

особливості артеріовенозних анастомозів «кінець у кінець» і «бік у бік» і здійснити їх порівняльний аналіз.

Матеріали і методи дослідження

Дослідження проводили на кролях-самцях породи Шиншила масою 2,5-3,0 кг. Тварини перебували на стандартному харчовому раціоні і питному режимі віварію. Дослідження на тваринах здійснювали відповідно до Правил проведення робіт із використанням лабораторних тварин (1977), Конвенції Ради Європи про охорону хребетних тварин, яких використовують в експериментах та інших наукових цілях (1986), Директив ЄЕС № 609 (1986), Наказу МОЗ України № 281 від 01.11.2000 р. «Про міри по подальшому вдосконаленню організаційних норм роботи з використанням експериментальних тварин» і Закону України № 3447-IV «Про захист тварин від жорстокого поводження» (2006) (рішення комісії з питань етики Івано-Франківського національного медичного університету, протокол № 130/22 від 22.11.2022). Тваринам формували артеріовенозні анастомози «кінець у кінець» (1-ша дослідна група, n = 6, рис. 1а) і «бік у бік» (2-га дослідна група, n = 6, рис. 1б) між загальною сонною артерією та зовнішньою яремною веною.



б

Рис.1. Техніка формування судинного доступу «кінець у кінець» (а) і «бік у бік» (б). Позначення: 1 – загальна сонна артерія, 2 – зовнішня яремна вена, 3 – верхньощелепна вена, 4 – язиково-лицева вена

Формування артеріовенозної фістули проводили

під внутрішньом'язовим знеболенням тіопенталом натрію (20 мг/кг, «Arterium», Україна) і ксилазином (седазін, 10 мг/кг, «Biowet Pulawy Sp. z o.o», Польща). У ділянці розрізу проводили інфільтраційну анестезію (2 % розчин лідокаїну, «Дарниця», Україна). Інтраопераційно тваринам вводили внутрішньовенно гепарин (1000 Од). Для запобігання розвитку післяопераційних інфекційних ускладнень кролям вводили внутрішньовенно цефазолін (50 мг/кг «Arterium», Україна). З метою профілактики тромбоутворення тварини отримували інгібітор P2Y₁₂-рецепторів тромбоцитів клопидогрель (плавікс, «SANOFI», Франція, 20 мг щоденно, per os). Гемодинамічні характеристики судин вивчали за допомогою ультразвукового методу. Ультразвукове дослідження між загальною сонною артерією та зовнішньою яремною веною проводили за допомогою портативного апарату Philips Lumify (Philips, США) із лінійним датчиком (4–12 МГц) через 2 год після формування анастомозу та на 30-ту добу після оперативного втручання. Вимірювали швидкість кровотоку (режим B-Mode, Color Doppler), діаметр новоствореного судинного доступу та інтактних контрлатеральних судин для оцінки можливих компенсаторних змін. Усі дослідження виконували у стандартних умовах із застосуванням відповідних параметрів налаштування апарату відповідно до розмірів судин кролів. Для порівняння аналогічні дослідження проводили інтактним тваринам (контрольна група, n = 6).

Статистичну обробку даних здійснювали з використанням комп'ютерної програми Excel пакету Microsoft Office 365 ProPlus. Нормальний розподіл досліджуваних показників перевіряли для кожної з вибірок, застосовуючи критерій Колмогорова-Смірнова, Лілієфорса. Кількісні показники у вибірках із нормальним розподілом представлені інтервалом ($M \pm m$), їх оцінювали з використанням критерію Стюдента t. Статистична достовірність результатів визначена при $p < 0,05$.

Результати та їх обговорення

У результаті проведеного дослідження спостерігали суттєві відмінності між гемодинамічними характеристиками судин тварин двох дослідних і контрольної груп. Згідно з результатами УЗ-властивостей досліджуваних анастомозів відбувається різна перебудова судинного русла.

У контрольній групі функціональні особливості судин кролів відповідали фізіологічним референтним значенням. Через 2 години після формування артеріовенозної фістули з типом анастомозу «кінець у кінець» швидкість кровотоку зростала у 5,6 раза ($p < 0,01$) щодо контролю (табл. 1). На 30-ту добу спостереження структурна і гемодинамічна перебудова судин зазнавала позитивних змін, однак, внаслідок неспроможності венозної системи, зафіксовано два епізоди тромбозу (33,3 %) судинного доступу (табл. 1).

Таблиця 1

Показники ультразвукового дослідження інтактних судин, артеріовенозних анастомозів «кінець у кінець» і «бік у бік» через 2 год і на 30-ту добу після їх формування ($M \pm m$)

Групи тварин	Часовий період після формування анастомозу	Діаметр загальної сонної артерії, мм	Діаметр зовнішньої яремної вени, мм	Швидкість кровотоку у зовнішній яремній вені, см/с	Прохідність артеріовенозної фістули на 30-ту добу, % випадків
Контрольна (інтактні тварин, n = 6)	-	$1,24 \pm 0,25$	$3,12 \pm 0,86$	$10,63 \pm 1,36$	
Тварини з анастомозом між загальною сонною артерією та зовнішньою яремною веною типу «кінець у кінець» (n = 6)	2 години	$1,42 \pm 0,25$	$4,89 \pm 1,28$	$59,43 \pm 5,31^{**}$	
	30-та доба	$2,04 \pm 0,43$ (n = 4) ^Δ	$8,03 \pm 2,36^{*}$ (n = 4) ^Δ	$84,26 \pm 9,83^{**}$	66,7
Тварини з анастомозом між загальною сонною артерією та зовнішньою яремною веною типу «бік у бік» (n = 6)	2-ї години	$1,29 \pm 0,27$	$3,89 \pm 1,62$	$44,56 \pm 5,62^{**}$	
	на 30-ту добу	$1,46 \pm 0,29$ (n = 5) ^Δ	$6,42 \pm 2,16^{*}$ (n = 5) ^Δ	$73,49 \pm 5,71^{***}$	83,3

Примітки: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$ щодо значень у тварин контрольної групи; ^Δ – кількість тварин, артеріовенозна фістула яких не зазнала ускладнень і була функціональною на 30-ту добу

У тварин 2-ї дослідної групи, яким формували анастомоз типу «бік у бік», у ранньому післяопераційному періоді швидкість кровотоку зростала у 4,2 раза ($p < 0,01$) щодо вихідних даних. У тварин цієї групи спостерігали один випадок тромбозу (16,7 %) на 30-ту добу. Діаметр зовнішньої яремної вени через місяць після формування артеріовенозної фістули у тварин 2-ї дослідної групи з типом анастомозу «бік у бік» у 2,1 раза ($p < 0,05$)

перевищив аналогічний показник в інтактних тварин, а швидкість кровотоку у 6,9 раза ($p < 0,001$) була більшою за контрольні значення (див. табл. 1).

За даними клінічних досліджень та системних оглядів вибір анастомозу суттєво впливає на дозрівання артеріовенозної фістули. Зокрема, відповідно до результатів рандомізованих досліджень відомо, що структурні та функціональні властивості анастомозу «кінець у кінець» є суттєво

вищими за аналогічні характеристики анастомозу «бік у бік», сформованого ендovasкулярним шляхом методом канюлізації. Встановлено також, що анастомози, виконані відкритим шляхом, мали більшу ймовірність дозріти вчасно (70 %) порівняно з артеріовенозними фістулами, сформованими ендovasкулярно [9]. Ці дані ще раз демонструють надійність відкритих оперативних втручань при створенні судинного доступу, проте також надають перспективності ендovasкулярному методу.

У клінічній практиці формування анастомозу «кінець у кінець» є дуже рідкісним, що зумовлено підвищеним рівнем ускладнень, зокрема, зростанням кількості хронічних ішемії і розвитком синдрому обкрадання [10]. Однак використання артеріовенозного анастомозу типу «кінець у кінець» може бути клінічно обґрунтованим у випадках таких захворювань, як уремична кальцинуюча хвороба судин і різні форми діабетичної ангіопатії, коли вже є сформована оклюзія дистального сегменту артеріальної частини судинного доступу, а проксимальна є стенозованою. За відсутності прохідності дистальної частини артерії формування такого анастомозу не призводить до додаткової ішемізації тканини, проте надає повний кровотік зі стенозованого сегменту.

Окремо необхідно зазначити, що ускладнення, пов'язані із судинним доступом, залишаються однією з головних причин госпіталізацій пацієнтів на програмному гемодіалізі. За даними сучасних реєстрів і популяційних досліджень, як інфекційні, так і неінфекційні ускладнення судинного доступу, як-от: тромбози, стенози, ішемія та інші формують значну частку стаціонарних медичних епізодів у даній когорті пацієнтів [6-8]. Це підкреслює клінічну значущість оптимального вибору типу анастомозу з урахуванням балансу між функціональністю та безпекою.

Отже, обидва типи артеріовенозних анастомозів призводять до значного, багаторазового зростання венозного кровотоку відносно даних у інтактних тварин. Анастомоз «кінець у кінець» характеризується більш суттєвим збільшенням як швидкості кровотоку, так і діаметра магістральної вени, що визначає його високу функціональну ефективність, однак супроводжується підвищеним ризиком тромбозу та ішемічних ускладнень. Натомість анастомоз «бік у бік» забезпечує менш інтенсивну гемодинамічну перебудову, що сприяє кращій збереженості фістули у віддаленому післяопераційному періоді.

Висновки

У результаті проведення експериментального дослідження було встановлено, що різні типи анастомозів впливають на перебудову артеріовенозної системи з різною інтенсивністю. Уже через 2 години після формування судинного доступу швидкість кровотоку у зовнішній яремній вені суттєво перевищує аналогічний показник контролю. При цьому гемодинамічні характеристики анастомозу «кінець у кінець» кращі, ніж у тварин, яким формували судинне з'єднання «бік у бік», проте

і ризик ускладнень за таких умов суттєво вищий.

Список літератури

1. Bello AK, Okpechi IG, Osman MA, Cho Y, Htay H, Jha V, et al. Epidemiology of haemodialysis outcomes. *Nat Rev Nephrol*. 2022;18(6):378-95. doi: 10.1038/s41581-022-00542-7
2. GBD Chronic Kidney Disease Collaboration. Global, regional, and national burden of chronic kidney disease, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*. 2020;395(10225):709-33. doi: 10.1016/s0140-6736(20)30045-3
3. Roşu CD, Bolintineanu SL, Căpăstraru BF, Iacob R, Stoicescu ER, Petrea CE. Risk Factor Analysis in Vascular Access Complications for Hemodialysis Patients. *Diagnostics (Basel)* [Internet]. 2025[cited 2025 Nov 29];15(1):88. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11719493/pdf/diagnosics-15-00088.pdf> doi: 10.3390/diagnostics15010088
4. Masud A, Costanzo EJ, Zuckerman R, Asif A. The Complications of Vascular Access in Hemodialysis. *Semin Thromb Hemost*. 2018;44(1):57-9 doi: 10.1055/s-0037-1606180
5. Jhee JH, Hwang SD, Song JH, Lee SW. The Impact of Comorbidity Burden on The Association between Vascular Access Type and Clinical Outcomes among Elderly Patients Undergoing Hemodialysis. *Sci Rep* [Internet]. 2019[cited 2025 Nov 29];9(1):18156. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6890785/pdf/41598_2019_Article_54191.pdf doi: 10.1038/s41598-019-54191-1
6. Moist LM, Al-Jaishi AA. The upfront risks of vascular access complications. *J Am Soc Nephrol*. 2013;24(10):1509-11. doi: 10.1681/asn.2013070759
7. Ghonemy TA, Farag SE, Soliman SA, Amin EM, Zidan AA. Vascular access complications and risk factors in hemodialysis patients: A single center study. *Alexandria Journal of Medicine*. 2016;52(1):67-71. doi: 10.1016/j.ajme.2015.04.002
8. Hamadneh SA, Nueirat SA, Qadoomi J, Shurrah M, Qunibi WY, Hamdan Z. Vascular access mortality and hospitalization among hemodialysis patients in Palestine. *Saudi J Kidney Dis Transpl*. 2018;29(1):120-6. doi: 10.4103/1319-2442.225184
9. ElKassaby M, Elsayed N, Mosaad A, Soliman M. End-to-side versus side-to-side anastomosis with distal vein ligation for arteriovenous fistula creation. *Vascular*. 2021;29(5):790-6. doi: 10.1177/1708538120976993
10. Lazcano-Etchebarne C, Aboian E, Strosberg D, Sadaghianloo N, Schwartz AW, Ho B, et al. Recent Innovations and Advances in Arteriovenous Fistula Creation: A Narrative Review. *Vasc Investig Ther*. 2025;8(1):7-17. doi: 10.4103/vit.vit_2_25

References

1. Bello AK, Okpechi IG, Osman MA, Cho Y, Htay H, Jha V, et al. Epidemiology of haemodialysis outcomes. *Nat Rev Nephrol*. 2022;18(6):378-95. doi: 10.1038/s41581-022-00542-7
2. GBD Chronic Kidney Disease Collaboration. Global, regional, and national burden of chronic kidney disease, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*. 2020;395(10225):709-33. doi: 10.1016/s0140-6736(20)30045-3
3. Roşu CD, Bolintineanu SL, Căpăstraru BF, Iacob R, Stoicescu ER, Petrea CE. Risk Factor Analysis in Vascular Access Complications for Hemodialysis Patients. *Diagnostics (Basel)* [Internet]. 2025[cited 2025 Nov 29];15(1):88. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11719493/pdf/diagnosics-15-00088.pdf> doi: 10.3390/diagnostics15010088
4. Masud A, Costanzo EJ, Zuckerman R, Asif A. The Complications of Vascular Access in Hemodialysis. *Semin Thromb Hemost*. 2018;44(1):57-9 doi: 10.1055/s-0037-1606180
5. Jhee JH, Hwang SD, Song JH, Lee SW. The Impact of Comorbidity Burden on The Association between Vascular Access Type and

- Clinical Outcomes among Elderly Patients Undergoing Hemodialysis. Sci Rep [Internet]. 2019[cited 2025 Nov 29];9(1):18156. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6890785/pdf/41598_2019_Article_54191.pdf doi: 10.1038/s41598-019-54191-1
6. Moist LM, Al-Jaishi AA. The upfront risks of vascular access complications. J Am Soc Nephrol. 2013;24(10):1509-11. doi: 10.1681/asn.2013070759
 7. Ghonemy TA, Farag SE, Soliman SA, Amin EM, Zidan AA. Vascular access complications and risk factors in hemodialysis patients: A single center study. Alexandria Journal of Medicine. 2016;52(1):67-71. doi: 10.1016/j.ajme.2015.04.002
 8. Hamadneh SA, Nueirat SA, Qadoomi J, Shurrah M, Qunibi WY, Hamdan Z. Vascular access mortality and hospitalization among hemodialysis patients in Palestine. Saudi J Kidney Dis Transpl. 2018;29(1):120-6. doi: 10.4103/1319-2442.225184
 9. ElKassaby M, Elsayed N, Mosaad A, Soliman M. End-to-side versus side-to-side anastomosis with distal vein ligation for arteriovenous fistula creation. Vascular. 2021;29(5):790-6. doi: 10.1177/1708538120976993
 10. Lazcano-Elchebarne C, Aboian E, Strosberg D, Sadaghianloo N, Schwartz AW, Ho B, et al. Recent Innovations and Advances in Arteriovenous Fistula Creation: A Narrative Review. Vasc Investig Ther. 2025;8(1):7-17. doi: 10.4103/vit.vit_2_25

Відомості про автора:

Воронич В.О. – аспірант кафедри загальної та судинної хірургії, Івано-Франківський національний медичний університет, м. Івано-Франківськ, Україна.

E-mail: Voronich_Vi@ifnmu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6406-858X>

Information about author:

Voronich V.O. – Postgraduate Student, Department of General and Vascular Surgery, Ivano-Frankivsk National Medical University, Ivano-Frankivsk, Ukraine.

E-mail: Voronich_Vi@ifnmu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6406-858X>

Дата першого надходження рукопису до видання: 24.10.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 14.11.2025
Дата публікації: 25.12.2025

