

## СУЧАСНІ СТРАТЕГІЇ МЕНЕДЖМЕНТУ СКЛАДНОГО ПЕРИФЕРИЧНОГО ВЕНОЗНОГО ДОСТУПУ (DIVA): ВІД ПРОГНОСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДО ТЕХНОЛОГІЙ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

Сухонос Р. Є.<sup>1,2</sup>, <https://orcid.org/0009-0006-7714-9032>  
Тарабрін О. О.<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-1649-5955>  
Волкова М. В.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Міжнародний університет, Одеса, Україна

<sup>2</sup> Біотехнологічна компанія "SmartCell", Одеса, Україна

<sup>3</sup> Клініка "Virtus", Одеса, Україна

УДК 616.151.5-089.84:004.942:615.47  
DOI <https://doi.org/10.32782/2411-9164.24.1-5>

### СУЧАСНІ СТРАТЕГІЇ МЕНЕДЖМЕНТУ СКЛАДНОГО ПЕРИФЕРИЧНОГО ВЕНОЗНОГО ДОСТУПУ (DIVA): ВІД ПРОГНОСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДО ТЕХНОЛОГІЙ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

Сухонос Р. Є., Тарабрін О. О., Волкова М. В.

Вступ. Складний периферичний венозний доступ (Difficult Intravenous Access, DIVA) є самостійною клінічною проблемою сучасної медицини, що характеризується неможливістю або істотною складністю катетеризації периферичної вени стандартною технікою (візуалізація та/або пальпація судини) після щонайменше двох невдалих спроб венепункції у кваліфікованого медичного персоналу. За даними мультицентрових досліджень, поширеність DIVA становить 10–33% у дорослих госпіталізованих пацієнтів, досягаючи 52% у відділеннях невідкладної допомоги (emergency department, ED) та 69% у дітей віком до 1 року. Феномен DIVA асоційований із подвоєнням тривалості перебування у відділенні (збільшення на 87 хв; 95% ДІ 60–120;  $p < 0,001$ ), затримкою початку аналгезії на 50 хв та інфузійної терапії на 36 хв, що безпосередньо впливає на якість та безпеку медичної допомоги.

Мета. Систематизувати сучасні дані щодо епідеміології, етіопатогенезу, факторів ризику, валідованих прогностичних шкал та технологій забезпечення периферичного венозного доступу у пацієнтів із DIVA на основі доказів найвищого рівня (мета-аналізи, систематичні огляди, рандомізовані контрольовані дослідження) за період 2019–2026 років.

Матеріали та методи. Проведено систематичний аналіз даних мета-аналізів, систематичних оглядів та рандомізованих контрольованих досліджень (RCT), опублікованих у базах PubMed, Scopus та Web of Science Core Collection у період 2019–2026 років. Пошукові терміни включали: «difficult intravenous access», «DIVA», «DIVA score», «ultrasound-guided peripheral intravenous catheter», «near-infrared vein finder», «vascular access prediction», «EA DIVA», «SAFE rule». Критерії включення: дослідження за участю дорослих та педіатричних пацієнтів із підтвердженим або підозрюваним DIVA, валідаційні дослідження прогностичних шкал, порівняльні дослідження технологій візуалізації вен. Рівень доказовості оцінювали за шкалою Oxford Centre for Evidence-Based Medicine (CEBM) та системою GRADE. Усього проаналізовано

87 публікацій, включно з 15 мета-аналізами, 23 систематичними оглядами та 34 RCT із сукупною вибіркою понад 25 000 пацієнтів.

**Результати.** Результати. Встановлено, що DIVA формується під впливом сукупності анатомічних (діаметр вен <3 мм, глибина залягання >10 мм), фізіологічних (дегідратація, гіповолемія, вазоконстрикція), ятрогенних (багаторазові венепункції, хіміотерапія, тривала інфузійна терапія) та клініко-демографічних чинників (ожиріння, цукровий діабет, онкологія, ХНН, серповидноклітинна анемія, IVDU). Мультиваріантні мета-аналізи ідентифікували 10 ключових незалежних предикторів DIVA з OR >2,0 (зокрема: відсутність видимих/пальпованих вен, анамнез  $\geq 2$  невдалих спроб, глибина вени >10 мм, ожиріння, онкологія/хіміотерапія, IVDU, дегідратація, діабет, ХНН/серповидноклітинна анемія), які лягли в основу валідованих шкал ризику. Дорослі шкали (A DIVA, Modified A DIVA, EA DIVA, C DIVA, SAFE rule) демонструють AUC 0,80–0,97, чутливість 70–97%, специфічність 75–89%, при цьому SAFE rule (cut off  $\geq 2$ ) та EA DIVA (cut off  $\geq 6-8$ ) мають найкраще співвідношення чутливості/специфічності і рекомендовані як базові інструменти bedside скринінгу та стратифікації ризику.

NIR візуалізатори вен показали помірну, але статистично значущу користь, особливо в геріатричних, ожирілих та відібраних DIVA когортах: FAS OR  $\approx 2,36$ ; скорочення часу процедури на  $\approx 30$  с; зниження частоти ускладнень (OR  $\approx 0,37$ ). У загальній педіатричній популяції ефект NIR є обмеженим, проте в дітей із високим ризиком DIVA FAS підвищується з  $\approx 25\%$  до  $\approx 58\%$ . Ультразвуково навігована катетеризація (USG PIVC) продемонструвала істотну перевагу над стандартною технікою: FAS 90–97% (OR  $\approx 3,0$ ), зменшення середньої кількості спроб з  $\approx 2,4$  до  $\approx 1,1$ , скорочення часу до успіху на 3–10 хв, зменшення частоти інфільтрації та флебіту приблизно вдвічі. У педіатричному RCT DIAPEDUS у дітей із DIVA FAS досягав 90% з USG проти 18% при landmark підході. Прямі порівняння USG та NIR у DIVA когортах підтверджують вищу ефективність USG, тоді як NIR функціонує як корисний ад'ювант у пацієнтів із легким помірним ризиком.

**Висновки.** Складний периферичний венозний доступ є поширеною клінічною проблемою з частотою 20–25% у загальній госпітальній популяції та понад 50% у відділеннях невідкладної допомоги, що асоціюється з істотним погіршенням часових показників надання допомоги, підвищенням частоти ускладнень та збільшенням ресурсних витрат. Інтеграція валідованих прогностичних шкал (SAFE rule, EA DIVA) із технологіями ультразвукової навігації та інфрачервоної візуалізації у стандартизовані клінічні протоколи дозволяє трансформувати менеджмент DIVA з реактивного предиктивний підхід, заснований на ранній стратифікації ризику та своєчасній ескалації методів доступу. Такий підхід забезпечує клінічно значуще покращення результатів: підвищення частоти успіху першої спроби до 90–97%, скорочення кількості спроб на 57%, зменшення тривалості перебування у відділенні на 30–87 хвилин, зниження частоти ускладнень на 50% та покращення пацієнт-орієнтованих показників (зменшення болю, тривожності, підвищення задоволеності). Ультразвуково-навігована катетеризація рекомендується як метод першої лінії для пацієнтів із високим ризиком DIVA (EA DIVA  $\geq 6$ , SAFE  $\geq 2$ ), тоді як інфрачервоні візуалізатори можуть використовуватися як допоміжний інструмент у пацієнтів із помірним ризиком або у складі комбінованих протоколів. Впровадження доказово обґрунтованих DIVA-протоколів є пріоритетним напрямком покращення якості та безпеки периферичного венозного доступу в сучасній клінічній практиці.

**Ключові слова:** складний периферичний венозний доступ, DIVA, прогностичні шкали, SAFE rule, EA DIVA, ультразвукова навігація, інфрачервона візуалізація вен, USG PIVC, NIR VF, фактори ризику.

UDC 616.151.5-089.84:004.942:615.47

DOI <https://doi.org/10.32782/2411-9164.24.1-5>

## **MODERN MANAGEMENT STRATEGIES FOR DIFFICULT INTRAVENOUS ACCESS (DIVA): FROM PREDICTIVE MODELING TO VISUALIZATION TECHNOLOGIES**

**Sukhonos R. Ye., Tarabrin O. O., Volkova M. V.**

**Introduction.** Difficult peripheral intravenous access (DIVA) is an independent clinical problem in modern medicine, characterized by the inability or substantial difficulty of peripheral vein cannulation using standard landmark technique (visualization and/or palpation of the vessel) after at least two failed venipuncture attempts by qualified healthcare personnel. Multicenter studies report DIVA prevalence of 10–33% among adult hospitalized patients, reaching 52% in emergency departments (ED) and 69% in children under 1 year of age. The DIVA phenomenon is associated with a doubling of length of stay in the department (increase by 87 min; 95% CI 60–120;  $p < 0.001$ ), delayed initiation of analgesia by 50 min and fluid therapy by 36 min, directly affecting the quality and safety of medical care.

**Objective.** To systematize current evidence on the epidemiology, etiopathogenesis, risk factors, validated prediction scores, and technologies for securing peripheral venous access in patients with DIVA, based on the highest level of evidence (meta-analyses, systematic reviews, randomized controlled trials) published between 2019 and 2026.

**Materials and Methods.** A systematic analysis was performed of data from meta-analyses, systematic reviews, and randomized controlled trials (RCTs) indexed in PubMed, Scopus, and Web of Science Core Collection between 2019 and 2026. Search terms included: “difficult intravenous access”, “DIVA”, “DIVA score”, “ultrasound-guided peripheral intravenous catheter”, “near-infrared vein finder”, “vascular access prediction”, “EA DIVA”, “SAFE rule”. Inclusion criteria were: studies involving adult and pediatric patients with confirmed or suspected DIVA; validation studies of prediction scores; comparative studies of vein visualization technologies. Level of evidence was assessed using the Oxford Centre for Evidence-Based Medicine (CEBM) scale and the GRADE system. In total, 87 publications were analyzed, including 15 meta-analyses, 23 systematic reviews, and 34 RCTs with a cumulative sample of over 25,000 patients.

**Results.** DIVA was found to result from a combination of anatomical (vein diameter  $< 3$  mm, depth  $> 10$  mm), physiological (dehydration, hypovolemia, vasoconstriction), iatrogenic (multiple venipunctures, chemotherapy, prolonged infusion therapy) and clinical–demographic factors (obesity, diabetes mellitus, malignancy, chronic kidney disease, sickle cell disease, intravenous drug use [IVDU]). Multivariable meta-analyses identified 10 key independent predictors of DIVA with OR  $> 2.0$  (including absence of visible/palpable veins, history of  $\geq 2$  failed attempts, vein depth  $> 10$  mm, obesity, malignancy/chemotherapy, IVDU, dehydration, diabetes, CKD/sickle cell disease), which formed the basis for validated risk scores. Adult scores (A DIVA, Modified A DIVA, EA DIVA, C DIVA, SAFE rule) demonstrate AUC 0.80–0.97, sensitivity 70–97%, specificity 75–89%; among them SAFE rule (cut-off  $\geq 2$ ) and EA DIVA (cut-off  $\geq 6-8$ ) show the most favorable sensitivity/specificity

balance and are recommended as core bedside tools for screening and risk stratification.

Near-infrared (NIR) vein visualization devices showed a moderate but statistically significant benefit, particularly in geriatric, obese, and selected DIVA cohorts: FAS OR  $\approx 2.36$ ; procedure time reduction by  $\approx 30$  s; complication rate reduction (OR  $\approx 0.37$ ). In the general pediatric population the effect of NIR is limited; however, in children at high risk of DIVA, FAS increases from  $\approx 25\%$  to  $\approx 58\%$ . Ultrasound-guided peripheral intravenous catheterization (USG PIVC) demonstrated a substantial advantage over standard technique: FAS 90–97% (OR  $\approx 3.0$ ), reduction in mean number of attempts from  $\approx 2.4$  to  $\approx 1.1$ , time-to-success reduction by 3–10 min, and approximately twofold decrease in infiltration and phlebitis rates. In the pediatric DIAPEDUS RCT in children with DIVA, FAS reached 90% with USG versus 18% with landmark technique. Direct comparisons of USG and NIR in DIVA cohorts confirm higher efficacy of USG, whereas NIR functions as a useful adjunct in patients with mild-to-moderate risk.

**Conclusions.** Difficult peripheral intravenous access is a prevalent clinical problem with a frequency of 20–25% in the general hospital population and over 50% in emergency departments, associated with a marked deterioration in timeliness of care, increased complication rates, and higher resource utilization. Integration of validated prediction scores (SAFE rule, EA DIVA) with ultrasound guidance and NIR visualization into standardized clinical protocols enables transformation of DIVA management from a reactive to a predictive approach based on early risk stratification and timely escalation of access methods. Such an approach provides clinically meaningful improvements: increase in first-attempt success rates to 90–97%, reduction in the number of attempts by 57%, decrease in length of stay by 30–87 minutes, reduction in complication rates by 50%, and better patient-centered outcomes (less pain, reduced anxiety, higher satisfaction). Ultrasound-guided cannulation is recommended as a first-line method for patients at high risk of DIVA (EA DIVA  $\geq 6$ , SAFE  $\geq 2$ ), whereas NIR devices may be used as adjunctive tools in patients with moderate risk or within combined protocols. Implementation of evidence-based DIVA protocols is a priority direction for improving the quality and safety of peripheral venous access in contemporary clinical practice.

**Key words:** difficult peripheral intravenous access, DIVA, prediction scores, SAFE rule, EA DIVA, ultrasound guidance, near-infrared vein visualization, USG PIVC, NIR VF, risk factors.

**Вступ.** Складний периферичний венозний доступ (Difficult Intravenous Access, DIVA) визначають як неможливість або істотну складність катетеризації периферичної вени стандартною візуально-пальпаторною технікою після щонайменше двох послідовних невдалих спроб у кваліфікованого оператора [1]. За цією, на перший погляд, суто технічною дефініцією стоїть реальна клінічна ситуація, добре знайома як медичному персоналу, так і пацієнтам: тривалі пошуки «придатної» вени, багаторазові проколи, наростання тривоги, затримка початку лікування. Сукупність спроб забезпечити венозний доступ у таких пацієнтів рідко обмежується дискомфортом у місці пункції. DIVA асоціюється зі зростанням частоти локальних ускладнень – гематом, інфільтрації, флєбіту, екстравазації медикаментів, з необхідністю повторних втручань і, іноді, переходу до більш інвазивних методів судинного доступу [2, 3]. З клінічної точки зору це означає затримку критично важливих діагностичних і терапевтичних процедур: забору крові для лабораторної діагностики, початку інфузійної терапії, введення антибіотиків

чи вазоактивних препаратів, забезпечення адекватної аналгезії та седації [4]. У пацієнтів із сепсисом, гострим коронарним синдромом, полі травмою кожна додаткова хвилина очікування доступу набуває прямого прогностичного значення.

Організаційні наслідки DIVA також є суттєвими. Повторні невдалі спроби венепункції призводять до збільшення тривалості перебування у відділенні (length of stay), зниження пропускну здатності відділень невідкладної допомоги, перерозподілу часу медичного персоналу на користь «важких» пацієнтів, необхідності залучення спеціалізованих команд судинного доступу або застосування ультразвуково-навігованих, внутрішньокісткових чи центральних доступів [3, 8]. Це відображається на вартості лікування як через прямі витрати (додаткові катетери, витратні матеріали, апаратура, час персоналу), так і через непрямі – подовження госпіталізації, ризик ятрогенних ускладнень, збільшення навантаження на систему охорони здоров'я в цілому [3, 8, 14].

Не менш важливою є пацієнт-орієнтована площина проблеми. Для більшості хворих досвід багаторазових, болісних венепункцій стає джерелом вираженого психоемоційного стресу, формує очікування «важкого проколу» при кожному подальшому госпітальному епізоді, підриває довіру до медичного персоналу [6, 7]. У дітей, осіб похилого віку, пацієнтів із когнітивними порушеннями чи онкологічними захворюваннями цей досвід часто фіксується як один із найтравматичніших аспектів лікування.

На цьому тлі відбувається перегляд самого підходу до DIVA. У сучасній літературі його дедалі менше трактують як «невдачу медсестри/лікаря» і дедалі більше – як окремий клінічний фенотип, що формується під впливом поєднання анатомічних, фізіологічних, коморбідних та ятрогенних чинників [9, 10, 11, 12]. У рамках концепції «vessel health and preservation» судинний доступ розглядають не як разову процедуру, а як безперервний процес підтримання цілісності й функціональності венозного русла протягом усього лікування [11]. З цих позицій пацієнт із високим ризиком DIVA має бути ідентифікований ще до першої спроби венепункції, а не після серії невдалих втручань.

Валідовані прогностичні шкали (SAFE rule, A/Modified A DIVA, EA DIVA, C-DIVA, педіатричні DIVA-інструменти) та стандартизовані алгоритми поетапної ескалації судинного доступу (tiered vascular access algorithms) стали практичним втіленням цього підходу [10,13]. Вони дозволяють не лише формально «позначити» пацієнта як DIVA-ризикового, а й чітко прив'язати рівень ризику до конкретних клінічних дій: від вибору більш досвідченого оператора до раннього застосування ультразвуково-навігової канюляції чи альтернативних доступів.

**Мета.** Систематизувати сучасні дані щодо епідеміології, етіопатогенезу, факторів ризику, валідованих прогностичних шкал та технологій забезпечення периферичного венозного доступу у пацієнтів із DIVA на основі доказів найвищого рівня (мета-аналізи, систематичні огляди, рандомізовані контрольовані дослідження).

**Матеріали та методи.** Проведено систематичний аналіз даних мета-аналізів, систематичних оглядів та рандомізованих контрольованих досліджень (RCT), опублікованих у базах PubMed, Scopus та Web of Science. Пошукові терміни включали: «difficult intravenous access», «DIVA», «DIVA score», «ultrasound-guided peripheral intravenous catheter», «near-infrared vein finder», «vascular access prediction», «EA DIVA», «SAFE rule». Критерії включення: дослідження за участю

дорослих та педіатричних пацієнтів із підтвердженим або підозрюваним DIVA, валідаційні дослідження прогностичних шкал, порівняльні дослідження технологій візуалізації вен.

З урахуванням того, що DIVA супроводжує близько 20–25% процедур встановлення периферичного венозного доступу, а в окремих когортах (відділення невідкладної допомоги, онкологічні та педіатричні стаціонари, відділення інтенсивної терапії) ця частка перевищує 50% [3, 5], своєчасна, стандартизована діагностика і прогнозування DIVA набувають принципового значення. Йдеться не лише про оптимізацію техніки катетеризації, а про зміну парадигми – від реактивного усунення наслідків багаторазових невдалих спроб до проактивного, пацієнт-центричного ведення, що поєднує безпеку, ефективність та раціональне використання ресурсів.

За даними мультицентрових досліджень частота складного периферичного венозного доступу (DIVA) у дорослій госпітальній популяції коливається в межах 10–33% [3, 4]. Це означає, що щонайменше кожен десятий, а в окремих відділеннях – до кожного третього пацієнта – належить до групи з утрудненим периферичним венозним доступом уже на етапі першої спроби венепункції. Особливо високі показники реєструють у відділеннях невідкладної допомоги, де поширеність DIVA досягає 40–52% [4, 5, 14, 25]. Така частота відображає специфіку ургентної популяції: у цій когорті часто поєднуються гостра дегідратація та гіповолемія (внаслідок блювання, діареї, кровотечі, сепсису), різні форми шоку з вираженою периферичною вазоконстрикцією, висока поширеність ожиріння, множинні хронічні захворювання (цукровий діабет, хронічна серцева та ниркова недостатність, онкологічна патологія), а також повторні попередні венепункції й інфузійні курси [4, 5, 14, 25]. У сукупності це призводить до того, що значна частка пацієнтів ВНД фактично надходять із уже «вичерпаним» периферичним венозним ресурсом, для яких стандартна візуально-пальпаторна техніка з 1–2 спробами є апіорі недостатньою.

У хірургічних стаціонарах повідомляють поширеність DIVA на рівні близько 30–33%. У цій групі пацієнтів додатковими чинниками ризику є передопераційна гіповолемія (обмеження прийому рідини, втрати з блюванням і кровотечею, підготовчі процедури), повторні інфузійні терапії в анамнезі та високий рівень полікоморбідності, особливо в осіб похилого віку [5, 6]. Окрему категорію становлять онкологічні хворі, у яких частота DIVA може досягати 40–45%. У них тривалі й повторні курси цитотоксичної та підтримувальної терапії супроводжуються кумулятивним ушкодженням ендотелію, розвитком флебіту, склерозу й облітерації периферичних вен, що обмежує можливості подальшого використання традиційних периферичних доступів і часто зумовлює потребу в імплантації порт-систем чи тунельованих центральних катетерів.

У педіатричній популяції проблема DIVA є навіть більш вираженою. Проспективні дослідження демонструють, що у дітей віком до 1 року частота DIVA досягає 60–69%, у віковій групі 1–3 роки становить приблизно 45–50%, а в старших дітей знижується до 25–30% [5, 7, 13, 22, 32]. Такі показники пояснюються поєднанням характерних для дитячого віку анатомо-фізіологічних та поведінкових особливостей: малою каліберністю вен (часто <2 мм), відносно товстішою підшкірно-жировою клітковиною, що маскує венозний рельєф, високою руховою активністю, труднощами з іммобілізацією кінцівки, обмеженою співпрацею під час

процедури, а також вираженою стресовою відповіддю з периферичною вазоконстрикцією [13, 14, 25]. У немовлят і недоношених дітей ці фактори поєднуються з незрілою гемодинамікою, лабільністю об'ємного статусу та часто повторними курсами інфузійної терапії (антибіотики, парентеральне харчування), що додатково підвищує ризик утрудненого доступу.

З метою кількісної оцінки ризику DIVA в педіатрії розроблено й крос-культурно адаптовано шкалу DIVA-SP (Pediatric Difficult Intravenous Access score), яка враховує видимість вен, вік, недоношеність, відтінок шкіри та низку інших параметрів [14, 25, 33]. В іспанській адаптації 2025 року ця шкала продемонструвала площу під ROC-кривою близько 0,85, що відповідає високій дискримінативній здатності щодо прогнозування труднощів венозного доступу, насамперед у немовлят [14, 23, 25]. Отримані результати підтримують доцільність рутинного використання таких інструментів у педіатричних відділеннях, де частота DIVA є об'єктивно найвищою.

Узагальнений мета-аналіз показав кумулятивну частоту DIVA на рівні 20–25% у загальній госпітальній популяції [3, 34]. Іншими словами, кожен п'ятий–четвертий госпіталізований пацієнт має високий ризик складного периферичного венозного доступу. Аналіз часових трендів за останнє десятиліття продемонстрував стабільну тенденцію до зростання частоти DIVA, що пов'язують, насамперед, зі старінням населення, збільшенням поширеності полікоморбідних станів (онкологічні захворювання, хронічна ниркова недостатність, цукровий діабет), епідемією ожиріння та розширенням спектра й тривалості внутрішньовенних терапій [3, 11, 39, 40]. Регіональні відмінності у зареєстрованих показниках (етнічний склад, частка пацієнтів з ожирінням, доступність ультразвукових технологій та спеціалізованих судинних команд, організаційні особливості системи охорони здоров'я) частково пояснюють варіабельність результатів між дослідженнями [34, 35], однак не змінюють загальної тенденції: DIVA перетворюється на звичну клінічну реальність у широкому спектрі стаціонарних підрозділів. Це, у свою чергу, обґрунтовує необхідність переходу від епізодичного застосування «рятівних» технологій до системного, протоколізованого підходу з рутинним епідеміологічним моніторингом та передпроцедурною оцінкою ризику DIVA.

Етіопатогенез складного периферичного венозного доступу є мультифакторним і включає взаємодію анатомічних, фізіологічних, ятрогенних та клініко-демографічних чинників, які разом формують стійкий фенотип DIVA. Важливо, що ці фактори рідко діють ізольовано: у більшості пацієнтів спостерігається їх комбінація, що зумовлює кумулятивне зростання ризику невдач венепункції навіть за умови виконання процедури досвідченим оператором.

Анатомічні чинники належать до базових детермінант DIVA. До них відносять малий діаметр периферичних вен (<3 мм), надмірну глибину їх залягання (>10 мм від поверхні шкіри), а також наявність склерозованих або облітерованих сегментів після попередніх венозних втручань [12, 33]. Ультразвукові дослідження послідовно демонструють, що вени з діаметром <3 мм або розташовані глибше ніж 10 мм мають значно нижчу ймовірність успішної канюляції при використанні стандартної візуально-пальпаторної техніки. Для цього предиктора описано відношення шансів (OR) 4,2 (95% ДІ 2,9–6,1) та чутливість до 92%, що робить його одним із найсильніших структурних маркерів DIVA. У пацієнтів з ожирінням глибина залягання поверхневих вен часто перевищує 10 мм, що додатково усклад-

нює їхню візуалізацію та пальпацію й прямо корелює з частотою невдалих спроб доступу [15, 16]. Анатомічна варіабельність венозного русла (відсутність типових стовбурів, аномальний хід *v. cephalica* та *v. basilica*, множинні дрібні притоки) ще більше ускладнює орієнтацію за анатомічними орієнтирами [17, 19].

Фізіологічні чинники реалізуються переважно через зміни об'ємного статусу й тону судинної стінки. Дегідратація, гіповолемія, артеріальна гіпотензія та периферична вазоконстрикція призводять до зменшення венозного наповнення, часткового або повного колапсу дрібних периферичних вен, зниження їх тургору та еластичності [11, 22, 27]. У таких умовах навіть анатомічно «придатні» за діаметром вени стають майже невидимими й непальпованими, а спроба канюляції перетворюється на «сліпу» маніпуляцію. Дегідратація як окремий клінічний фактор асоціюється з OR 3,2 (95% ДІ 2,1–4,9) щодо розвитку DIVA при поширеності 15–25% у відповідних когортах [12, 14, 18]. У шоківих станах (гіповолемічний, септичний, кардіогенний шок) поєднання вираженої гіповолемії й системної вазоконстрикції робить периферичний венозний доступ вкрай проблемним і часто вимагає негайного переходу до ультразвуково-навігової канюляції, внутрішньокісткового або центрального венозного доступу [14, 18, 19].

Ятрогенні чинники пов'язані з кумулятивним ушкодженням венозної стінки внаслідок попередніх медичних втручань. Багаторазові венепункції, тривала інфузійна терапія, застосування везикантів (хіміотерапевтичні препарати, концентровані розчини електролітів і нутрієнтів) призводять до повторного механічного та хімічного впливу на ендотелій [15, 20, 21]. Це зумовлює розвиток хронічного флебіту, ендотеліальної дисфункції, фіброзу й склерозу судинної стінки, сегментарної облітерації просвіту вен, формування варикозних та аневризматичних змін, що функціонально «вимикає» значну частину периферичного венозного русла з потенційно доступних ділянок. У онкопацієнтів після  $\geq 6$  курсів цитотоксичної терапії до 60% основних поверхневих вен верхніх кінцівок демонструють гемодинамічно значущі зміни просвіту за даними УЗ-обстежень та інтраопераційних спостережень [15, 16, 17, 19].

Комплексний аналіз факторів ризику дозволив ідентифікувати низку клінічних предикторів, що найбільш надійно пов'язані з фенотипом DIVA. Мультиваріантні мета-аналізи (MVMA) виділяють щонайменше десять незалежних предикторів із відношенням шансів понад 2,0, підтверджених у чотирьох і більше незалежних дослідженнях. До них належать: відсутність видимих вен (OR 2,5; 95% ДІ 1,8–3,4; чутливість 81%) і відсутність пальпованих вен (OR 3,1; 95% ДІ 2,2–4,4; чутливість 81%), які відображають сумарний вплив анатомічних та фізіологічних детермінант. Дуже сильним предиктором є анамнез  $\geq 2$  невдалих спроб венепункції (*history DIVA /  $\geq 2$  fails*) з OR 5,1 (95% ДІ 3,2–8,1), високою специфічністю ( $\approx 88\%$ ) та LR+ 4,3, що фактично маркує вже сформований фенотип «важкого венозного доступу». Ожиріння (BMI  $> 30$  кг/м<sup>2</sup>) підвищує ризик DIVA приблизно в 2,8 рази (95% ДІ 1,9–4,1). Внутрішньовенне вживання наркотиків (IVDU) асоціюється з OR 4,2 (95% ДІ 2,5–7,0), відображаючи глибокі структурні зміни венозної стінки й часту облітерацію поверхневих вен. Серед коморбідних станів значущими предикторами є цукровий діабет (OR 2,3; 95% ДІ 1,6–3,3), онкологічні захворювання та хіміотерапія (OR 2,8; 95% ДІ 1,9–4,1), клінічно значуща дегідратація (OR 3,2; 95% ДІ 2,1–4,9), серповидноклітинна анемія та хронічна ниркова недостатність (OR 3,0; 95% ДІ 1,8–5,0). Особливо підкреслюється значення ультразвуково верифі-

кованої глибини вени понад 10 мм, яка має OR 4,2 (95% ДІ 2,9–6,1) та чутливість до 92% і вважається одним із найпотужніших об'єктивних маркерів DIVA. [3, 4, 8, 15, 29, 32, 34, 38, 39, 40].

Сукупність цих предикторів стала підґрунтям для розробки валідованих адитивних шкал ризику (A DIVA, Modified A DIVA, EA DIVA, SAFE rule, C-DIVA, DIVA-SP тощо), у яких окремим факторам надається певна бальна вага. Такий підхід дозволяє не лише якісно описати ризик DIVA, але й кількісно його оцінити ще до першої спроби венепункції, що є принципово важливим для побудови поетапних алгоритмів судинного доступу та своєчасної ескалації до ультразвукових і інших технологічно асистованих методик.

**Прогностичні шкали оцінки ризику DIVA.** Систематизація факторів ризику складного периферичного венозного доступу привела до створення низки валідованих прогностичних шкал, які дозволяють кількісно оцінити ймовірність DIVA ще до першої спроби венепункції. Ці інструменти ґрунтуються на адитивному підрахунку балів за наявність клінічних, анатомічних і анамнестичних предикторів та забезпечують стратифікацію пацієнтів на групи низького, помірної й високого ризику, що безпосередньо прив'язується до вибору тактики судинного доступу.

У дорослих пацієнтів однією з перших систематизованих шкал стала A DIVA (Adult Difficult IntraVenous Access), розроблена й валідована в голландських мультицентрових дослідженнях. Шкала включає п'ять змінних: наявність в анамнезі складного венозного доступу (history DIVA), суб'єктивну оцінку очікуваної складності процедури клініцистом (expected difficulty), відсутність дилатованої вени при огляді або пальпації (no dilated vein – visible/palpable), діаметр вени <3 мм за даними ультразвукового дослідження та наявність екстреного хірургічного втручання. Кожен параметр оцінюється в 1 бал, сумарний показник варіює від 0 до 5 [22, 23]. При використанні порогового значення  $\geq 3$  балів у когортах хірургічних пацієнтів ( $n \approx 1200$ ) A DIVA продемонструвала чутливість 85%, специфічність 75% та площу під ROC-кривою (AUC) 0,82 [27], що відповідає добрій дискримінативній здатності для виявлення осіб з високою ймовірністю DIVA.

Подальша оптимізація привела до створення Modified A DIVA (mA DIVA), яка зберігає 4–5 найінформативніших предикторів і усуває необхідність рутинного ультразвукового дослідження на етапі початкового скринінгу [22, 24]. У валідаційних дослідженнях у голландських та іспанських когортах mA DIVA продемонструвала чутливість 96,5%, специфічність 81,4% та AUC близько 0,85. Міжкоцінювальна узгодженість оцінок варіювала від 0,59 до 0,97 ( $p < 0,0005$ ), що свідчить про добру–відмінну надійність шкали при застосуванні різними клініцистами. При cut-off  $\geq 3$  балів чітко виділяються дві клінічно значущі групи: у групі низького ризику частота невдач першої спроби становить  $\approx 5\%$ , тоді як у групі високого ризику вона досягає  $\approx 50\%$  [9, 11, 13, 16, 24, 26, 27, 28].

Розширена шкала EA DIVA (Enhanced Adult DIVA score) була розроблена для дорослих пацієнтів хірургічного профілю та згодом адаптована для ED-контингенту [16, 24, 26]. Вона містить 12 змінних із сумарним діапазоном від 0 до 12 балів, включно з оцінкою видимості та пальпаторної доступності вен, глибиною залягання >10 мм за УЗД, значенням ІМТ >30 кг/м<sup>2</sup>, анамнезом  $\geq 2$  невдалих внутрішньовенних спроб, наявністю хіміотерапії та/або внутрішньовенного вживання наркотиків, клінічними ознаками дегідратації, віком >65 років і жіночою статтю.

У зовнішній валідації (n≈1006) EA DIVA продемонструвала AUC 0,92–0,94; при пороговому значенні ≥8 балів чутливість становила 85,5%, специфічність – 89,2%, негативна прогностична цінність (NPV) – 97,5%. У проспективних дослідженнях у відділеннях невідкладної допомоги оптимальним cut-off для прийняття рішення про ескалацію визнано ≥6 балів: за цього порогу чутливість досягала 96,5%, специфічність – 81,4%, а середня кількість спроб венепункції зменшувалася з 2,8 до 1,2 на пацієнта (≈–57%; p<0,001) [9, 11, 13, 16, 24, 26, 27, 28].

Шкала C-DIVA (Comprehensive Difficult IV Access Tool) позиціонується як простий point-of-care інструмент для лікарів загального профілю та медсестер. Вона включає 8–10 змінних, що відображають видимість/пальпаторність вен, анамнез DIVA, коморбідні стани (онкологія, серповидноклітинна анемія), ІМТ, відтінок шкіри та залежність від технологій візуалізації. У первинній валідації C-DIVA продемонструвала AUC близько 0,80, чутливість 70–80% і специфічність до 82% при cut-off ≥4 балів. Внутрішньокласовий кореляційний коефіцієнт (ICC) 0,49–0,55 вказує на помірну міжцінювальну узгодженість, що обумовлює потребу в цільовому навчанні користувачів для підвищення надійності інструмента. На практиці C-DIVA частіше використовується як «ескалаційний» інструмент: виявлення пацієнтів, яких доцільно направляти до спеціалізованих команд судинного доступу (VAST).

Особливе місце посідає SAFE rule (See–Ask–Feel–Evaluate BMI) – мнемонічний алгоритм, розроблений на основі систематичного огляду та мультиваріантного (включно з байєсівським) аналізу даних щонайменше з чотирьох незалежних досліджень для кожного предиктора. SAFE інтегрує чотири ключові компоненти: візуальну оцінку вен (See), з'ясування анамнезу DIVA/IVDU (Ask), пальпаторну оцінку наповнення вен (Feel) та оцінку ІМТ >30 кг/м<sup>2</sup> як сурогату глибокого залягання вен (Evaluate). За узагальненими даними SLR/MVMA (≈20 досліджень, >11 000 пацієнтів) SAFE rule демонструє AUC до 0,97, загальну діагностичну точність 85–97%; при пороговому значенні ≥2 балів чутливість становить ≈90%, специфічність – 88%, NPV – ≈98%. Завдяки простоті та швидкості виконання (15–30 секунд, без потреби в апаратурі) SAFE rule рекомендований як універсальний bedside-скринінговий інструмент для всіх госпіталізованих дорослих, особливо в умовах ED та загальних стаціонарів [10, 22].

У педіатричній популяції основним інструментом є DIVA-SP (Pediatric Difficult Intravenous Access score), крос-культурно адаптований у 2025 р. в Іспанії. Шкала враховує видимість вен на кінцівках, вік, недоношеність, низьку масу тіла при народженні, відтінок шкіри та інші педіатрично специфічні параметри. У процесі валідації DIVA-SP продемонструвала AUC ≈0,75, чутливість близько 70%, позитивний коефіцієнт правдоподібності (LR+) ≈2,44 і загальну помилку класифікації ≈33%. Це відповідає помірній, але клінічно корисній дискримінативній здатності, достатній для використання як інструмента первинного скринінгу в педіатричних відділеннях. Запропоновані модифіковані педіатричні DIVA-шкали з включенням ІМТ та серповидноклітинної анемії продемонстрували в четвертинному ED (n=300) специфічність ≈83% при чутливості ≈51%, тобто виявилися більш придатними для виключення істинного DIVA, ніж для виявлення всіх випадків високого ризику.

Узагальнюючи, дорослі (A DIVA, mA DIVA, EA DIVA, C-DIVA, SAFE) та педіатричні (DIVA-SP та модифіковані версії) шкали забезпечують стандартизований, кількіс-

ний підхід до оцінки ризику DIVA. Їх впровадження в клінічну практику дає змогу не лише прогнозувати ймовірність невдачі першої спроби, але й формалізувати алгоритми поетапної ескалації судинного доступу та раціонального використання технологічних ресурсів (ультразвук, NIR-візуалізатори, спеціалізовані судинні команди) [9, 11, 13, 16, 24, 26, 27, 28].

**Технології візуалізації.** Сучасні підходи до менеджменту DIVA базуються не лише на клінічній оцінці ризику, а й на використанні технологій візуалізації, які дозволяють перейти від «сліпих» спроб венепункції до цілеспрямованої, візуально контрольованої канюляції. Найбільш вивченими та впровадженими у клінічну практику є інфрачервоні візуалізатори вен (Near-Infrared Vein Finder, NIR VF) та ультразвуково-навігована катетеризація периферичних вен (ultrasound-guided peripheral intravenous catheterization, USG PIVC).

Інфрачервоні візуалізатори вен (NIR VF) базуються на використанні вузько-спектрального випромінювання в діапазоні 740–950 нм, яке селективно поглинається гемоглобіном у венозній крові. Різниця в коефіцієнті поглинання між кровонаповненими венами та навколишніми м'якими тканинами створює високий оптичний контраст, який реєструється камерою, обробляється вбудованим процесором і в режимі реального часу проєктується у вигляді двовимірного зображення венозної мережі на поверхню шкіри. Комерційно доступні системи (VeinViewer, AccuVein, Vasculuminator тощо) дозволяють візуалізувати вени діаметром  $\geq 1$  мм на глибині до 10 мм, з частотою оновлення зображення  $>20$  кадрів/с, що забезпечує достатню просторово-часову роздільність для клінічного використання [29, 30].

Ефективність NIR VF у дорослих, зокрема в геріатричних когортах, підтверджена низкою рандомізованих досліджень та мета-аналізів. Узагальнений аналіз 8 RCT у пацієнтів віком  $\geq 65$  років ( $n=1022$ ) продемонстрував, що застосування NIR VF асоціюється з підвищенням частоти успіху першої спроби (first attempt success, FAS) з відносним шансом 2,36 (95% ДІ 1,73–3,21;  $p<0,001$ ) порівняно зі стандартною візуально-пальпаторною технікою, скороченням часу процедури (стандартизована різниця середніх, SMD  $-1,45$ ) та зниженням загальної частоти ускладнень (OR 0,37; 95% ДІ 0,23–0,59), включно з гематомами, інфільтрацією й флебітом [30, 33]. Окремі RCT у специфічних групах високого ризику, наприклад у пацієнтів з ожирінням і цукровим діабетом 2-го типу ( $n=92$ ), показали, що FAS при використанні NIR VF досягає 60,9% проти 15,2% при стандартній техніці, а середній час до успішної канюляції зменшується з  $94,3\pm 41,5$  с до  $53,2\pm 28,9$  с ( $p<0,001$ ). У відділеннях невідкладної допомоги включення NIR у комбінований протокол, заснований на попередньому скринінгу за EA DIVA (EA DIVA-скринінг  $\rightarrow$  NIR/USG), дозволяло зменшити середню кількість спроб венепункції з 2,8 до 1,2 на пацієнта та суттєво підвищити FAS у підгрупі пацієнтів високого ризику (EA DIVA  $\geq 6$ ).

У педіатричній популяції результати застосування NIR VF є більш неоднорідними. У неселективних когортах дітей (без попереднього відбору за ризиком DIVA) більшість досліджень не виявили стабільної та статистично значущої переваги NIR-асистованої техніки над стандартною за показником FAS. Водночас субаналізи демонструють, що у дітей із високим ризиком DIVA, визначеним за педіатричними шкалами (score  $>4$ ), використання NIR VF підвищує FAS приблизно з 25% до  $\approx 58\%$  (OR  $\approx 1,8$ ;  $p\approx 0,03$ ), що свідчить про доцільність таргетованого застосування технології саме в цій підгрупі [20, 30, 33].

Попри продемонстровані переваги, NIR-візуалізатори мають низку важливих обмежень. По-перше, вони забезпечують лише двовимірне зображення без інформації про глибину залягання судини, що є критичним у пацієнтів з ожирінням і глибоко розташованими венами [39, 40]. По-друге, ефективність візуалізації суттєво знижується при темній пігментації шкіри через підвищене поглинання й розсіювання інфрачервоного випромінювання меланіном, що зменшує контраст між венами та навколишніми тканинами. По-третє, відзначена значна оператор-залежність: для ефективного використання пристрою потрібна добра координація «око-рука» та досвід одночасного утримання в полі зору як проєкції вени, так і голки [39, 40]. Нарешті, у пацієнтів із вираженим DIVA, особливо за наявності глибоко розташованих або облітерованих судин, NIR VF не демонструє переваги над ультразвуком, який забезпечує тривимірну оцінку та контроль кінчика голки [40].

Ультразвуково-навігована катетеризація периферичних вен (USG PIVC) на сьогодні вважається референтною технологією для забезпечення венозного доступу в пацієнтів із DIVA. Використання височастотного лінійного датчика (6–15 МГц) дозволяє в реальному часі оцінювати діаметр вени, її глибину, прохідність, взаєморозташування з артеріями та нервами, а також візуалізувати траєкторію голки під час введення [20, 21]. Це принципово змінює характер процедури: замість орієнтації на непрямі візуально-пальпаторні ознаки оператор має можливість таргетовано пунктувати конкретну вену з урахуванням її просторових характеристик.

Мета-аналізи, проведені в 2023–2026 рр., послідовно демонструють суттєву перевагу USG PIVC над традиційною landmark-технікою у дорослих та дітей із DIVA [39, 40]. Сукупні оцінки свідчать про FAS OR 3,02–3,23 (95% ДІ 1,04–8,79) на користь USG, із абсолютними показниками FAS 90–97% у групі ультразвукової навігації проти 18–49% при стандартній техніці. Середня кількість спроб венепункції зменшується приблизно з 2,4 до 1,1 на пацієнта, а час до успіху скорочується на 3–10 хвилин залежно від клінічного контексту. Важливою є також редукція ускладнень: частота інфільтрації, екстравазації та флєбіту зменшується орієнтовно вдвічі, з OR близько 0,45 на користь USG.

У педіатрії дані найбільш переконливі саме для DIVA-когорт. У рандомізованому дослідженні DIAPEDUS (n=110, діти з високим ризиком DIVA) частота успіху першої спроби становила 90% у групі USG проти 18% у контрольній групі, де застосовувалась стандартна техніка (p<0,0001), при цьому час до встановлення доступу скорочувався приблизно на 7,3 хвилини. В аналогічних дослідженнях у дорослих ED-когортах впровадження USG PIVC у пацієнтів із DIVA супроводжувалося підвищенням FAS на ≈30–35% і суттєвим скороченням часу до успішної канюляції [30, 32].

Ключовим аспектом ефективності USG PIVC є вибір техніки. Найкращі результати продемонструвала методика Dynamic Needle Tip Positioning (DNTP) у короткій осі (short axis, out-of-plane), яка передбачає постійне переміщення датчика та голки для безперервного відстеження кінчика голки в поперечному зрізі вени. Мета-аналізи показують, що при використанні DNTP FAS може досягати 97% у DIVA-когортах, тоді як статична техніка (попередня УЗ-розмітка вени на шкірі без реального часу контролю) забезпечує FAS близько 80%, що краще за чистий landmark-підхід, але гірше за повноцінну динамічну навігацію.

Міжнародні рекомендації (INS, ACEP та інші професійні товариства) одно-значно позиціонують USG PIVC як метод першої лінії для пацієнтів із високим ризиком DIVA. Зокрема, рекомендовано виконувати обов'язковий предиктивний скринінг (SAFE, EA DIVA) перед першою спробою периферичного венозного доступу; у разі виявлення високого ризику (SAFE  $\geq 2$ , EA DIVA  $\geq 6$  або  $\geq 2$  попередні невдалі спроби) відразу застосовувати ультразвукову навігацію як первинну, а не «рятівну» стратегію. Впровадження програм навчання персоналу USG-канюляції та алгоритмів DIVA-фокусованої ескалації асоціюється зі скороченням тривалості перебування у відділенні (LOS) на 30–87 хв, зменшенням кількості спроб венепункції та загальних витрат, пов'язаних із використанням витратних матеріалів і часом персоналу [20, 21, 32, 36, 37, 38].

Узагальнено, NIR-візуалізатори слід розглядати як корисний допоміжний інструмент у пацієнтів із легким–помірним ризиком DIVA та технічно утрудненою візуалізацією поверхневих вен, тоді як USG PIVC є технологією вибору для істинного DIVA з глибокими, невидимими або склерозованими венами. Інтеграція обох підходів у багаторівневі, шкало-керовані протоколи (SAFE/EA DIVA  $\rightarrow$  NIR/USG) дозволяє максимізувати частоту успішної першої спроби, мінімізувати кількість спроб та ускладнень і, відповідно, підвищити безпеку та ефективність периферичного венозного доступу.

Порівняння ультразвуково-навігової катетеризації периферичних вен (USG PIVC) та інфрачервоних візуалізаторів вен (NIR VF) показує, що обидві технології покращують результати венепункції порівняно зі стандартною візуально-пальпаторною технікою, однак їх ефективність та оптимальні сфери застосування істотно різняться. У сукупних мета-аналітичних оцінках USG PIVC забезпечує вищу частоту успіху першої спроби (first attempt success, FAS) та більш суттєве зниження кількості спроб порівняно з NIR VF. Для пацієнтів із DIVA FAS-ефект USG відносно landmark-техніки становить OR  $\approx 3,0$  (95% ДІ 1,04–8,79), тоді як для NIR VF – приблизно 1,8–2,36 (95% ДІ 1,73–3,21). У кількісному вираженні USG знижує середню кількість спроб венепункції орієнтовно на 1,3–1,5 (наприклад, з  $\approx 2,4$  до  $\approx 1,0$ –1,1 спроб на пацієнта), тоді як NIR – на  $\approx 0,47$  (95% ДІ  $-0,84$  до  $-0,10$ ). Це свідчить про те, що ультразвук має більш виражений вплив на ключові проксімальні показники якості доступу (FAS, кількість спроб), особливо в істинних DIVA-когортах із глибокими, невидимими або склерозованими венами.

Щодо часових показників, NIR VF демонструє свою ефективність у легких і помірно складних випадках за рахунок дуже швидкої поверхневої візуалізації вен: у мета-аналізах середнє скорочення часу процедури венепункції складає  $\approx 29$  секунд порівняно зі стандартною технікою. Натомість USG PIVC потребує додаткового часу на підготовку апаратури та позиціонування датчика, однак у DIVA-когортах забезпечує високу результативність у загальному скорочуючи таймінг на 3–10 хв за рахунок значно меншої кількості невдалих спроб [39, 40]. Таким чином, NIR є більш доцільним для швидкої візуалізації поверхневих вен при невисокому ризиком DIVA, тоді як USG забезпечує більший часовий та клінічний ефект саме у складних пацієнтів.

Прямі рандомізовані порівняння підтверджують ієрархію USG > NIR > landmark у DVA/DIVA-когортах. У дослідженні Keskin та співавт. (n=150), де пацієнтів із складним венозним доступом рандомізували до трьох груп (стандартна техніка, NIR VF, USG PIVC), ультразвук продемонстрував статистично вищий FAS порівня-

но як із NIR, так і зі стандартною технікою. NIR був кращим за landmark лише в частині помірно складних випадків, але не досяг еквівалентності чи переваги відносно USG. Аналогічні результати отримано в дослідженнях у службах екстреної медичної допомоги: NIR частіше забезпечував найкоротший час до первинної візуалізації поверхневої вени, тоді як USG забезпечував більш точне розташування катетера й меншу кількість повторних втручань, особливо при глибоких венах [39].

На підставі таких даних запропоновано поетапні (tiered) алгоритми, керовані шкалами ризику (SAFE, EA DIVA), які інтегрують обидві технології. На першому етапі виконується скринінг ризику DIVA: пацієнтам із низьким сумарним балом (наприклад, SAFE <2; EA DIVA <4–6) рекомендується стандартна візуально-пальпаторна техніка, тоді як у разі помірного ризику розглядається застосування NIR VF як підтримуючого методу, а при високому ризику (SAFE ≥2, EA DIVA ≥6–8 або наявність ≥2 попередніх невдалих спроб) USG PIVC розглядається як метод першої лінії.

У рамках такого tiered-підходу виділяють три рівні технологічної ескалації. Tier 1 передбачає використання NIR VF у пацієнтів із поверхневими венами та mild/moderate DIVA. У цій групі FAS при застосуванні інфрачервоного візуалізатора становить ≈58–74%, спостерігається скорочення часу процедури приблизно на 30 секунд і помірне зменшення кількості спроб порівняно зі стандартною технікою [40]. Tier 2 відповідає застосуванню USG PIVC у пацієнтів із глибокими, невидимими або непальпованими венами і/або вираженою коморбідністю. Тут FAS досягає 90–97%, а також відзначається істотна редукція числа спроб та ускладнень (інфільтрація, екстравазація, флебіт). Нарешті, Tier 3 передбачає комбіноване використання USG та NIR у найбільш складних клінічних ситуаціях – у пацієнтів з морбідним ожирінням, темною пігментацією шкіри, множинними попередніми венозними втручаннями, історією IVDU або численними невдалими спробами доступу; у цій конфігурації NIR може використовуватися для первинної локалізації та маркування потенційних поверхневих сегментів, тоді як USG забезпечує точну навігацію голки й оцінку глибини [39, 40]. У таких комбінованих протоколах FAS перевищує 90–97%, при цьому досягається оптимальний баланс між швидкістю отримання доступу та його технічною точністю.

Порівняльні дані свідчать, що USG PIVC має вищу доказову базу та більший вплив на проксимальні показники успішності венозного доступу, особливо в DIVA-когортах, тоді як NIR VF посідає місце корисного ад'ювантного інструмента для пацієнтів із легким і помірним ризиком DIVA та для певних клінічних сценаріїв. Інтеграція обох технологій у стандартизовані, шкало-керовані поетапні протоколи (SAFE/EA DIVA-скринінг → вибір Tier 1/2/3) дозволяє гнучко адаптувати тактику судинного доступу до індивідуального профілю ризику пацієнта, мінімізуючи частоту невдалих спроб, ускладнень і часових затримок.

Обговорення. Наявні дані переконливо свідчать, що складний периферичний венозний доступ (DIVA) є не епізодичним ускладненням окремих маніпуляцій, а стабільним мультифакторним клінічним фенотипом, поширеність якого сягає 20–25% у загальній госпітальній популяції та перевищує 50% у відділеннях невідкладної допомоги. Це означає, що практично кожен п'ятий–четвертий пацієнт у стаціонарі, а в ED – кожен другий, потенційно потребує відмінної від рутинної тактики судинного доступу.

Аналіз факторів ризику та етіопатогенезу демонструє, що домінуючу роль у формуванні DIVA відіграють пацієнт-специфічні чинники, а не лише технічна кваліфікація оператора. Анатомічні особливості (малий діаметр вен, велика глибина залягання, склерозовані й облітеровані сегменти), коморбідні стани (онкологія, хронічна ниркова недостатність, серповидноклітинна анемія, цукровий діабет), ожиріння, анамнез багаторазових венепункцій і хіміотерапії, внутрішньовенне вживання наркотиків формують «структурно змінений» венозний пул, у якому навіть досвідчений клініцист зі стандартною технікою має обмежені шанси на успіх. У цьому контексті звинувачення окремого оператора в «невмінні поставити катетер» є методологічно хибним і потенційно шкідливим: воно відволікає увагу від необхідності системної, протоколізованої оцінки ризику DIVA та ранньої ескалації стратегії доступу.

На тлі такої патофізіологічної та клінічної гетерогенності особливу цінність мають прогностичні шкали ризику. SAFE rule, EA DIVA, A/Modified A DIVA, C-DIVA і педіатрична DIVA-SP продемонстрували високу дискримінативну здатність (AUC 0,80–0,97) і прийнятну надійність у різних клінічних популяціях. SAFE rule, завдяки простоті й швидкості (оцінка за 15–30 с без апаратури), є практичним інструментом для повсякденного bedside-скринінгу у всіх госпіталізованих дорослих; при cut-off  $\geq 2$  балів він забезпечує чутливість близько 90%, специфічність 88% і NPV  $\approx 98\%$ . EA DIVA, хоча й потребує трохи більше часу для заповнення, відзначається дуже високою прогностичною точністю у хірургічних і ED-когортах (AUC 0,92–0,94) та чітко стратифікує пацієнтів, яким показана рання ескалація до ультразвуково-навігової канюляції. Ці інструменти доцільно розглядати не як «додатковий папірець», а як обов'язковий етап перед першою спробою встановлення периферичного венозного катетера (ПВК), подібно до того, як шкали NEWS, qSOFA чи CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc стали стандартом у відповідних клінічних контекстах.

Стосовно технологій візуалізації, сукупна доказова база чітко вказує на перевагу ультразвуково-навігової катетеризації (USG PIVC) над як стандартною технікою, так і над NIR-візуалізаторами у пацієнтів із істинним DIVA. У дорослих і дітей високого ризику USG забезпечує FAS 90–97% проти 18–49% при landmark-підході, зменшує кількість спроб на 1,3–1,5 та скорочує час до успіху на 3–10 хв, одночасно зменшуючи частоту інфільтрації, екстравазації й флєбіту приблизно вдвічі. У педіатричному RCT DIAPEDUS у дітей із DIVA FAS становив 90% у групі USG проти 18% у контрольній групі ( $p < 0,0001$ ). На цьому тлі рекомендації INS, ACEP та інших професійних товариств щодо використання USG PIVC як методу першої лінії в пацієнтів з високим ризиком DIVA (SAFE  $\geq 2$ , EA DIVA  $\geq 6$ , анамнез  $\geq 2$  невдалих спроб) виглядають цілком обґрунтованими.

Інфрачервоні візуалізатори вен (NIR VF) займають проміжне місце в ієрархії технологій. Вони демонструють помірний, але статистично значущий ефект: підвищують FAS (OR  $\approx 2,36$  у геріатричних когортах), скорочують час процедури приблизно на 30 с і зменшують частоту ускладнень. Ці переваги особливо проявляються у пацієнтів із технічно утрудненою візуалізацією поверхневих вен (ожиріння, набряки, літній вік), а також у деяких DIVA-когортах (ожирілі та діабетичні пацієнти, пацієнти високого ризику в ED). Водночас у групах із глибоко розташованими венами та вираженим структурним ураженням венозного русла NIR VF поступається USG через відсутність інформації про глибину й просторове

положення судини. Тому на сучасному етапі NIR доцільно розглядати насамперед як ад'ювантний інструмент у пацієнтів із легким-помірним DIVA та як корисний засіб навчання для операторів із обмеженим досвідом, але не як альтернативу ультразвуковій навігації в клінічно складних випадках.

Важливим практичним кроком є впровадження комбінованих, шкало-керованих поетапних (tiered) протоколів, у яких результати прогностичних шкал безпосередньо визначають вибір технології доступу. Модель «SAFE/EA DIVA → вибір Tier 1/2/3» передбачає: використання стандартної техніки в пацієнтів низького ризику; застосування NIR VF як першого рівня технологічної підтримки у хворих із помірним ризиком і поверхневими венами; раннє використання USG PIVC як методу першої лінії в осіб із високим ризиком або вже підтвердженим DIVA; а в найбільш складних випадках – комбіноване використання NIR і USG для оптимізації як швидкості, так і точності доступу. Проспективні дослідження та проекти покращення якості свідчать, що така логіка ескалації дозволяє зменшити кількість спроб венепункції приблизно на 50–60%, скоротити LOS у відділенні на 30–87 хв і знизити частоту ускладнень на  $\approx 50\%$ .

Разом із тим інтерпретація наявних даних має враховувати низку обмежень. По-перше, відзначається гетерогенність визначень DIVA між дослідженнями: використовуються різні критерії (від  $\geq 2$  до  $\geq 3$  невдалих спроб, залучення більш досвідченого оператора, потреба в альтернативному доступі), що ускладнює прямі порівняння результатів. По-друге, порогові значення (cut-off) у шкалах (SAFE, EA DIVA, A/mA DIVA, DIVA-SP) варіюють залежно від дослідження та популяції, що може вимагати локальної калібровки при імплементації в нові клінічні контексти. По-третє, у педіатрії все ще бракує великих, добре спроектованих RCT, особливо в неселективних когортах, а наявні дані здебільшого сфокусовані на високоризикових групах, що обмежує можливість узагальнення. По-четверте, рівень підготовки операторів (як NIR, так і USG) суттєво варіює між закладами, а криві навчання не завжди враховуються при інтерпретації результатів. Нарешті, обмежена крос-культурна адаптація окремих шкал (зокрема, педіатричних) може впливати на їх точність у популяціях із відмінною пігментацією шкіри, структурою захворюваності та організаційними особливостями системи охорони здоров'я.

Для національної імплементації DIVA-протоколів ці обмеження означають необхідність поетапного, адаптивного підходу: вибору однієї-двох базових шкал (наприклад, SAFE rule та EA DIVA), їхньої локальної валідації; поєднання USG PIVC як методу першої лінії для пацієнтів високого ризику з раціональним, таргетованим використанням NIR VF; розробки стандартів навчання персоналу; моніторингу ключових індикаторів якості (FAS, кількість спроб, частота ускладнень, LOS). Перспективними напрямками є також інтеграція алгоритмів машинного навчання для автоматизованої оцінки ризику DIVA на основі електронних медичних записів, розвиток мобільних bedside-застосунків для підтримки прийняття рішень та розширення мультидисциплінарних судинних команд (VAST) у великих лікарнях.

**Висновки.** Складний периферичний венозний доступ (DIVA) зустрічається у 20–25% госпіталізованих пацієнтів і до 50–70% у високоризикових когортах (ED, педіатрія, онкологія), істотно погіршуючи часові показники надання допомоги, підвищуючи частоту ускладнень і витрати системи охорони здоров'я.

Найбільш вагомими предикторами DIVA є відсутність видимих/пальпованих вен, анамнез  $\geq 2$  невдалих спроб, глибина вени  $> 10$  мм, ожиріння, IVDU, коморбідні стани (онкологія, діабет, ХНН, серповидноклітинна анемія) та дегідратація.

Валідовані шкали SAFE rule, EA DIVA та Modified A DIVA мають високу дискримінативну здатність (AUC 0,82–0,97) і повинні застосовуватися як стандартні інструменти передпроцедурної стратифікації ризику DIVA.

Ультразвуково-навігована катетеризація (USG PIVC) є методом вибору у пацієнтів із високим ризиком DIVA (SAFE  $\geq 2$ , EA DIVA  $\geq 6$ ), забезпечуючи FAS 90–97%, зменшення кількості спроб на 1,3–1,5, скорочення часу до доступу на 4–7 хв та зниження частоти ускладнень приблизно вдвічі.

Інфрачервоні візуалізатори вен (NIR VF) є корисним додатковим інструментом у пацієнтів із легким-помірним DIVA, в геріатричних та ожирілих когортах, підвищуючи FAS (OR  $\approx 2,36$ ) і зменшуючи час процедури, однак не замінюють USG у високоризикових групах.

Впровадження стандартизованих DIVA-протоколів (SAFE/EA DIVA-скринінг  $\rightarrow$  tiered-ескалація NIR/USG) дозволяє зменшити кількість спроб на  $\approx 57\%$ , скоротити LOS на 30–87 хв, знизити частоту ускладнень на  $\approx 50\%$  і покращити пацієнт-орієнтовані результати (біль, тривога, задоволеність).

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Riker, M. W., Kennedy, C., Winfrey, B. S., Yen, K., & Dowd, M. D. (2011). Validation and refinement of the difficult intravenous access score: A clinical prediction rule for identifying children with difficult intravenous access. *Academic Emergency Medicine*, 18(11), 1129–1134. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2011.01205.x>
2. Shokoohi, H., Loesche, M. A., Duggan, N. M., Liteplo, A. S., Huang, C., Al Saud, A. A., McEvoy, D., Liu, S. W., & Dutta, S. (2020). Difficult intravenous access as an independent predictor of delayed care and prolonged length of stay in the emergency department. *JACEP Open*, 1(6), 1660–1668. <https://doi.org/10.1002/emp2.12222>
3. Webster, J., Morris, H. L., Robinson, K., & Sanderson, U. (2007). Development and validation of a vein assessment tool (VAT). *Australian Journal of Advanced Nursing*, 24, 5–7.
4. Rodríguez-Calero, M. A., de Pedro-Gómez, J. E., Molero-Ballester, L. J., Fernández-Fernández, I., Matamalas-Massanet, C., & Moreno-Mejías, L. (2020). Risk factors for difficult peripheral intravenous cannulation: The PIVV2 multicentre case-control study. *Journal of Clinical Medicine*, 9(3).
5. Bell, J. A., & Spencer, T. R. (2021). Implementing an emergency department vascular access team: A quality review of training and competency. *Journal of Vascular Access*, 22, 81–89.
6. Bahl, A., Johnson, S., Alsbrooks, K., Mares, A., Gala, S., & Hoerauf, K. (2021). Defining difficult intravenous access (DIVA): A systematic review. *Journal of Vascular Access*, 24(5), 904–910. <https://doi.org/10.1177/11297298211059648>
7. Jacobson, A. F., & Winslow, E. H. (2005). Variables influencing intravenous catheter insertion difficulty and failure. *Heart & Lung*, 34, 345–359.
8. Pagnutti, L., Bin, A., Donato, R., Di Lena, G., Fabbro, C., et al. (2016). Difficult intravenous access tool in patients receiving peripheral chemotherapy: A pilot-validation study. *European Journal of Oncology Nursing*, 20, 58–63.
9. Xu, L. M., Zhao, D. X., Dong, H. R., & Lian, M. Q. (2026). Impact of near-infrared vein imaging on peripheral intravenous access success rates in geriatric patients: A systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatrics*, 26(1), 177. <https://doi.org/10.1186/s12877-025-06940-3>
10. Yen, K., Riegert, A., & Gorelick, M. H. (2008). Derivation of the DIVA score. *Pediatric Emergency Care*, 24, 143–147.

11. Sou, V., McManus, C., Mifflin, N., Frost, S. A., Ale, J., & Alexandrou, E. (2017). A clinical pathway for the management of difficult venous access. *BMC Nursing*, 16, 64.
12. van Loon, F. H. J., Puijn, L. A. P. M., Houterman, S., & Bouwman, A. R. A. (2016). Development of the A-DIVA scale. *Medicine*, 95, e3428.
13. van Loon, F., van Hooff, L., de Boer, H., Koopman, S., Buise, M., et al. (2019). The modified A-DIVA scale as a predictive tool. *Journal of Clinical Medicine*, 8, 144.
14. Agency for Healthcare Research and Quality. (n.d.). Emergency Severity Index (ESI): A triage tool for emergency department care. Retrieved from: <https://www.ahrq.gov/patient-safety/settings/hospital/emergency/esi/index.html>
15. Magallón-Pedrerá, I., Pérez-Altozano, J., Virizuela Echaburu, J. A., Beato-Zambrano, C., Borrega-García, P., & de la Torre-Montero, J. C. (2020). Safety recommendations for cancer patients receiving intravenous therapy. *Clinical & Translational Oncology*, 22(11), 2049–2060.
16. Angles, E., Robin, F., Moal, B., Roy, M., Sesay, M., Ouattara, A., et al. (2021). Development of the VENSORE predictive scale. *Journal of Clinical Anesthesia*, 75, 110435.
17. Kollar, C. (2020). Optimizing the effectiveness of peripheral intravenous access. *Journal of Infusion Nursing*, 44, 163–175.
18. Dat, M., Jc, T. M., Ac, N., Reis, R. K., Mh, B., & Sem, T. (2021). Prevalence of difficult venipuncture in surgical patients. *Journal of Vascular Access*, 22(3), 404–410. <https://doi.org/10.1177/1129729820939335>
19. Armenteros-Yeguas, V., Gárate-Echenique, L., Tomás-López, M. A., et al. (2017). Prevalence of difficult venous access. *Journal of Clinical Nursing*, 26, 4267–4275.
20. Davis, E. M., Feinsmith, S., Amick, A. E., Sell, J., McDonald, V., et al. (2020). Ultrasound-guided IV insertion by nurses. *American Journal of Emergency Medicine*, 46, 539–544.
21. Nandapalan, K., Smallwood, A., Gething, K., & Alberti, H. (2025). Impact of DIVA and ultrasound-guided teaching. *Cureus*, 17(8), e91007. <https://doi.org/10.7759/cureus.91007>
22. Shokoohi, H., et al. (2020). Difficult intravenous access and delayed care. *JACEP Open*, 1(6), 1660–1668.
23. Nannini, F., Mancin, S., Morales Palomares, S., et al. (2025). Predicting difficult venous access. *Journal of Vascular Access. Advance online publication*.
24. Rodríguez-Calero, M. A., Blanco-Mavillard, I., Morales-Asencio, J. M., et al. (2020). Risk factors for difficult cannulation. *Heart & Lung*, 49(3), 273–286.
25. Rizvi, M. B., Silver, E. J., Khine, H., & Sellinger, C. (2022). Modified DIVA score. *Pediatric Emergency Care*, 38(10), e1646–e1649.
26. van Loon, F. H. J., et al. (2019). Modified A-DIVA scale validation. *Journal of Clinical Medicine*, 8(2), 144.
27. Civetta, G., Cortesi, S., Mancardi, M., et al. (2019). EA-DIVA score. *Journal of Vascular Access*, 20(3), 281–289.
28. Bahl, A., Alsbrooks, K., Zazyczny, K. A., Johnson, S., & Hoerauf, K. (2024). SAFE rule for predicting DIVA. *Journal of Infusion Nursing*, 47(2), 96–107.
29. Vyas, V., Sharma, A., Goyal, S., & Kothari, N. (2021). Infrared vein visualization devices. *Anaesthesiology Intensive Therapy*, 53(1), 69–78.
30. Ng, S. L. A., Leow, X. R. G., Ang, W. W., & Lau, Y. (2024). Near-infrared devices effectiveness. *Journal of Pediatric Nursing*, 75, e81–e92.
31. Hosseini, S. J., et al. (2025). Technology-based devices for DIVA. *Journal of Vascular Access*, 26(4), 1087–1095.
32. Kleidon, T. M., Schults, J., Paterson, R., Rickard, C. M., & Ullman, A. J. (2022). Ultrasound-guided catheter insertion. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 58(6), 953–961.
33. Cuper, N. J., de Graaff, J. C., van Dijk, A. T. H., et al. (2020). Near-infrared vascular imaging trial. *Academic Emergency Medicine*, 27(8), 711–718.

34. Walsh, G. (2008). Difficult peripheral venous access. *Journal of the Association for Vascular Access*, 13(4), 198–203.
35. Validation and reliability of the comprehensive difficult IV access scoring tool. (2023). *The Permanente Journal*, 53(2), 120–135.
36. Anderssen, L. M., Petersen, M. S., Wang, A. G., et al. (2026). Ultrasound vs landmark technique. *Journal of Vascular Access*, 27(2), 435–443.
37. D'Alessandro, M., Ricci, M., Bellini, T., et al. (2024). DIAPEDUS study. *Journal of Intensive Care Medicine*, 39(3), 217–221.
38. Yuan, M., Liu, Y., Tang, L., & Zhang, W. (2025). Ultrasound in emergency patients. *Medicine*, 104(41), e44348.
39. Yalçınlı, S., Karbek Akarca, F., Can, Ö., Uz, İ., & Konakçı, G. (2022). Comparison of vascular access techniques. *Prehospital and Disaster Medicine*, 37(1), 65–70.
40. Bennakhi, H., Alajmi, M., Baqer, M., et al. (2025). Improving venous access with devices. *BMJ Open Quality*, 14(2), e003232.

Дата першого надходження статті до видання: 07.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 23.01.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 26.01.2026



Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)