



УДК 616.1.37-007.271:612.15]-071-089
DOI 10.24144/1998-6475.2021.52.44-53

ОЦІНКА СТАНУ МІКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА В КОМПЛЕКСНІЙ ДІАГНОСТИЦІ КРОВОПОСТАЧАННЯ НИЖНІХ КІНЦІВОК ПРИ СТЕНОТИЧНО-ОКЛЮЗІЙНИХ УРАЖЕННЯХ ДИСТАЛЬНОГО АРТЕРІАЛЬНОГО РУСЛА

Лопіт М.М.

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород

Резюме. *Вступ.* Хронічні облітеруючі захворювання артерій нижніх кінцівок є однією з актуальних проблем сучасної медицини, займаючи одне з провідних місць у структурі захворюваності, стійкої непрацездатності і летальності.

Мета дослідження. Провести аналіз сучасних методів дослідження мікроциркуляторного русла як предиктора хірургічного способу лікування, для покращення результатів лікування хворих на хронічно-критичну ішемію нижніх кінцівок.

Матеріали та методи. За даними літературних наукових джерел суть гемодинамічних порушень, які розвиваються при важких ступенях артеріальної недостатності судинного русла, можливо тільки при одночасному дослідженні всіх ланок судинного русла – артеріальної, венозної та мікроциркуляторної. Єдиної тактики для лікування хворих з цією патологією досі не визначено, кожен з підходів має певні недоліки і обмеження, тому нагальним є вивчення сучасних хірургічних технологій для подальшого використання у медичній практиці.

Результати досліджень. Результати оперативного лікування залежать також від швидкості прогресування атеросклерозу, пов'язаного з порушенням ліпідного обміну, стану ендотеліальної функції, порушень гомеостазу і його корекції, технічно правильно вибраного способу геометрії дистального анастомозу, швидкістю та розростанням неоінтими, можливостей колатерального кровообігу, що потребує свого подальшого вивчення.

Висновки. Таким чином, стан мікроциркуляторного русла визначає рівень периферичного судинного опору, що значною мірою впливає на вибір тактики лікування, безпосередні та віддалені результати оперативного лікування. Додаткового вивчення потребують методи комплексної діагностики дистальних уражень судин нижніх кінцівок, які на доопераційному етапі спроможні визначити вид та об'єм хірургічного лікування.

Ключові слова: хронічна ішемія нижніх кінцівок, мікроциркуляторне русло, наскірня термометрія, перфузії шкіри, глибокостегново-підколінний індекс (ГСПІ).

Estimation of a condition of a microcirculatory channel in complex diagnostics of blood supply of the lower extremities at stenotic and occlusive defeats of a distal arterial channel

Lopit M. M.

Abstract. *Introduction.* Chronic obliterating diseases of the arteries of the lower extremities is one of the urgent problems of modern medicine, occupying one of the leading places in the structure of morbidity, permanent disability and mortality.

Aim To analyze modern methods of microcirculatory tract research as a predictor of surgical treatment to improve the results of treatment of patients with chronic-critical ischemia of the lower extremities.

Materials and Methods The hemodynamic disorders essence which was developed in severe arterial insufficiency is possible only with the simultaneous study of all parts of the vascular system - arterial, venous and microcirculatory, according to the literature date. A single tactic for the treatment of patients with this pathology has not yet been determined, each of the approaches has certain shortcomings and limitations.

Results The results of surgical treatment also depend on the rate of progression of atherosclerosis associated with impaired lipid metabolism, endothelial function, disorders of homeostasis and its correction, technically correct method of geometry of the distal anastomosis, growth of neointima, the possibility of collateral circulation.

Methods. To improve the results of treatment of patients with chronic-critical ischemia of the lower extremities, to analyze modern methods of microcirculatory tract research as a predictor of surgical treatment.

Conclusions. Thus, the state of the microcirculatory tract determines the level of peripheral vascular resistance, which significantly affects the choice of treatment tactics, immediate and long-term results of surgical treatment. The methods of complex diagnostics of distal lesions of the vessels of the lower extremities, which are able to determine the type and scope of surgical treatment at the preoperative stage, require additional study.

Key words: chronic ischemia of the lower extremities, microcirculatory tract, cutaneous thermometry, skin perfusion, deep femoral-popliteal index (GSPi).

Вступ

Хронічні облітеруючі захворювання артерій нижніх кінцівок є однією з актуальних проблем сучасної медицини, займаючи одне з провідних місць у структурі захворюваності, стійкої непрацездатності і летальності. Загальна поширеність захворювання в країнах Європи і Північної Америки варіює у межах 3–10 % серед людей старше 55 років і збільшується до 15–20 % в осіб старше 70 років, що свідчить про значний економічний та медико-соціальний тягар захворювання [1, 2, 3]. Смертність від атеросклерозу судин нижніх кінцівок посідає третє місце у структурі смертності від серцево-судинних захворювань, поступаючись ішемічній хворобі серця та інсульту [4, 5]. При цьому, 12–86,4 % хворих мають багатосудинні ураження. У 60–80 % пацієнтів з множинними і дистальними формами розвивається тяжка ішемія, що в 10–20% випадків призводить до ампутацій кінцівки. Єдиної тактики для лікування хворих з цією патологією досі не визначено, кожен з підходів має певні недоліки і обмеження. Хоч загально-визнаним вважається, що найбільш ефективним способом відновлення кровоплину є пряма реваскуляризація, окремі хірургічні центри надають перевагу ендоваскулярним технологіям. А коли операції прямої реваскуляризації технічно не можливі, тоді виконуються операції непрямой реваскуляризації кінцівок [6, 7, 8, 9].

Мета дослідження

Для покращення результатів лікування хворих на хронічно-критичну ішемію нижніх кінцівок провести аналіз сучасних методів дослідження мікроциркуляторного русла як предиктор хірургічного способу лікування.

Матеріали та методи

За даними літературних наукових джерел суть гемодинамічних порушень, які розвиваються при важких ступенях артеріальної недостатності судинного русла, можливо тільки при одночасному дослідженні всіх ланок судинного русла – артеріальної, венозної та

мікроциркуляторної. Єдиної тактики для лікування хворих із цією патологією досі не визначено, кожен із підходів має певні недоліки і обмеження, тому нагальним є вивчення сучасних хірургічних технологій для подальшого використання у медичній практиці.

Результати досліджень

Зрозуміти суть гемодинамічних порушень, які розвиваються при важких ступенях артеріальної недостатності, можливо тільки при одночасному дослідженні всіх ланок судинного русла – артеріальної, венозної та мікроциркуляторної [16, 19, 21, 22, 44].

Порушення периферичної макрогемодинаміки при розвитку стенотичних та облітеруючих процесів в артеріях лежать в основі всіх інших патофізіологічних феноменів, які розвиваються при хронічній ішемії нижніх кінцівок, особливо при облітеруючому атеросклерозі. Перш за все, це стосується мікроциркуляторних порушень, які у хворих на облітеруючий атеросклероз розвиваються вторинно через низький перфузійний тиск [12, 15, 23, 33]. Для визначення важкості ішемічних змін при хронічній артеріальній недостатності нижніх кінцівок застосовують класифікацію А.В. Покровського-Фонтейна, згідно з якою виділяють такі ступені хронічної ішемії [37]:

I ступінь – біль у сідничних м'язах, м'язах гомілки чи в стопі з'являється при ходьбі більш як 1000 м;

IIA ступінь – максимальна безбольова дистанція складає 200–1000 м;

IIБ – максимальна безбольова дистанція складає менше як 200 м;

III ступінь – безбольова дистанція складає менше 25 м або поява болю в спокої, що посилюється при горизонтальному положенні нижньої кінцівки та зменшується при опусканні нижньої кінцівки нижче рівня тулуба;

IV ступінь – поява виразково-некротичних змін стопи та гомілки.

Згідно з останніми рекомендаціями II Європейського консенсусу з критичної ішемії (1991), класифікацію було доповнено та модифіковано [14]:



I ступінь – біль у кінцівці виникає тільки після дистанції ходьби більше 1000 м;

II А ступінь – поява «переміжної кульгавості», пацієнт без болю у нижній кінцівці долає відстань більше 200 м;

II Б ступінь – поява «переміжної кульгавості», пацієнт без болю у нижній кінцівці долає відстань менше 200 м;

III А ступінь – поява «болю спокою», що виникає у горизонтальному положенні та спонукає хворого опускати ногу до 3–4 разів за ніч (систоличний тиск >50 мм рт. ст. або >30 мм рт. ст. при цукровому діабеті);

III Б ступінь – (критична ішемія) поява ішемічного набряку гомілки та стопи. Пацієнт повинен опускати ногу більше 4 разів за ніч (систоличний тиск <50 мм рт. ст. або <30 мм рт. ст. при цукровому діабеті);

IV А ступінь – (критична ішемія) розвиток некротичних змін у пальцях стопи, коли є перспектива збереження в майбутньому опорної функції кінцівки;

IV Б ступінь – розвиток гангрені стопи або гомілки, що потребує високої ампутації.

Застосування сучасних методів обстеження дозволило вивчити структурно-функціональні перебудови мікроциркуляторного русла при хронічній ішемії нижніх кінцівок, вираженість яких, як правило, корелює зі ступенем ішемії [33]. Було встановлено, що при II ступені хронічної артеріальної недостатності нижніх кінцівок найбільш виражені дегенеративні зміни простежуються в ланцюзі мікроциркуляторного русла: артеріоли спазмуються, виявляється гіпертрофія гладких м'язових клітин і збільшення їх кількості в межах розгалуження артеріол на прекапіляри [49]. Спостерігається звивистість, нерівність контурів артеріол, їх деформація, потовщення стінки. Зімкнутий стан прекапілярних сфінктерів утруднює приплив крові в капіляри, діаметр яких зменшується, а деякі з них зазнають редукції. Капіляри різко деформовані, «булавоподібно» розширені. Помітні зміни відбуваються і в венозному ланцюзі мікроциркуляторного русла: посткапіляри та венули розширюються, з'являється звивистість, простежується утворення аневризм з ознаками венозного застою, стінки венул і клапани деформуються, стають атонічними. Ці зміни направлені на затримку крові в сегменті судинного русла з метою покращення обміну та метаболізму в ішемізованих тканин. З іншого боку, утруднення відтоку крові при

підвищенню веноулярному опорі призводить до підвищення гідростатичного тиску в проксимальних сегментах русла і, відповідно, до збільшення периферичного судинного опору. На цій стадії важливе значення мають артеріоло-веноулярні анастомози, які можуть здійснювати своєчасний перерозподіл артеріальної крові у венозне судинне русло, що направлено на зниження периферичного судинного опору і підтримку адекватного кровоплину в кінцівці на належному рівні [49]. Роль артеріо-венозних анастомозів у патогенезі облітеруючих захворювань визнана багатьма дослідниками [15]. Для термінальної стадії хронічної артеріальної недостатності властиве збільшення кількості функціонуючих артеріо-венозних анастомозів, збільшення щільності капілярів тканини та сумарної площі їх просвіту. Із наростанням важкості захворювання зменшується і кількість функціонуючих капілярів, сповільнюється або і зовсім зупиняється капілярний кровоплин. Значно розширюється базальний шар судинної стінки, посилюються ознаки перикапілярного склерозу, частина капілярів зазнають фрагментації та некротизуються. Структурні зміни в м'язах призводять до гомогенізації, набухання та набрякання м'язових волокон. Компенсаторно-адаптивні реакції включають активацію анаеробного гліколізу, зміни кількості капілярів та ядер [34, 36].

Ще більші зміни зазнають структурні елементи мікроциркуляторного русла при розвитку критичної ішемії кінцівки. На цій стадії виникає максимальний перерозподіл крові із артеріального у венозне судинне русло. На фоні максимальної редукції і деструкції артеріол і прекапілярів, вираженого венозного застою на рівні посткапілярного ланцюга мікроциркуляції, виникає максимальна дилатація артеріоло-веноулярних і відкриття більш великих артеріовенозних шунтів [21, 41].

При подальшому зниженні внутрішньосудинного тиску в магістральних артеріях, спостерігається тенденція до повного закриття просвіту артеріол та капілярів. Їх розкриття відбувається в тому випадку, якщо плин крові, що надходить на периферію має достатній тиск по Бартону – «критичний тиск замикання». Поєднання агрегації, стазу, тромбозу капілярів із феноменом перерозподілу в них еритроцитів, у значній мірі обтяжують ішемічні розлади у тканинах ураженої кінцівки. Неспроможність капілярного кровообігу є од-

ним із головних факторів у розвитку грубих трофічних порушень у пацієнтів із декомпенсацією колатерального кровоплину [33].

Найбільш постійною ознакою атеросклеротичного ураження периферичних судин є порушення функції капілярів, які живлять м'язові волокна кінцівок, дегенеративні зміни ендотелію у них та агрегація формених елементів крові [27]. Морфологічні зміни дрібних судин відстають від аналогічних змін у судинах великого діаметру. Так, при II ступені ішемії виникає мукоїдний набряк інтими. Зміни при III ступені можна розглядати як субкомпенсовані, чисельність та сумарна площа капілярів збільшена. Лише при IV ступені ішемії відзначається виражений склероз дрібних судин, гіаліноз, відкладання ліпідів та кальцинатів на стінках судин, різке звуження або повна облітерація просвіту [22, 33]. При атеросклерозі страждає не тільки мікроциркуляторне русло м'язів, але також і шкірні покриви, що свідчить про загальний характер порушень функції капілярів [32, 40, 49]. Важливим аспектом стенотично-оклюзійних захворювань нижніх кінцівок є діагностика патології магістральних артерій, головною метою якої є виявлення рівня ураження артеріального русла для визначення можливостей й шляхів його реконструкції [23]. І на сьогодні «золотим стандартом» діагностики залишається артеріографія, яка дає найбільш точну оцінку стану магістральних та периферичних артерій, а також колатерального русла, що розвивається при їх оклюзійних ураженнях. Протягом останніх років дедалі ширшого застосування набувають неінвазивні, але й не менш інформативні методи дослідження – магніто-резонансна та комп'ютерна ангіографія, ультразвукова доплерографія, що мають нижчий ризик діагностичних ускладнень [49, 20, 29, 42]. Ультразвукова доплерографія дозволяє визначити наявність пульсового кровотоку, регіонарний артеріальний тиск, швидкість кровотоку. При обстеженні також враховують лінійну швидкість кровотоку, пульсовий індекс (ПІ) та демпінг-фактор (ДФ). Останні два показники вважають найбільш стабільними: нормою для ПІ вважають 5 ум. од., значення ДФ менше 1 свідчить про наявність ішемії гомілки та стопи [24, 25, 42]. За даними ультразвукової доплерографії та рентгеноконтрасної артеріографії виявляють наявність та вираженість оклюзійно-стенотичних змін у магістральних артері-

ях, але ці методи діагностики не відображають реальний стан периферійного судинного опору [31]. Незадовільні результати лікування при стенотично-оклюзійних захворюваннях артерій нижніх кінцівок зумовили пошук методів дослідження та оцінки функціональних можливостей мікроциркуляторного русла та стану периферичного судинного опору [17, 18]. На жаль, значенню функціональних можливостей мікроциркуляторного русла в хірургічному лікуванні хронічної артеріальної недостатності нижніх кінцівок не надають достатньої уваги, а методи їх оцінки, як правило, суб'єктивні, що негативно впливає на результат реваскуляризуючих операцій [26, 31]. Для визначення резервно-компенсаторних можливостей колатерального кровоплину і мікроциркуляції, при реовазографії застосовують функціональну пробу з нітрогліцерином, але покази до неї обмежені внаслідок існуючого вегетативного блоку, зокрема при цукровому діабеті [26, 30]. Нашкірна термометрія доповнює застосування інших, більш інформативних методів, та використовується для динамічного спостереження за хворими [43].

Для оцінки ступеня розвитку колатерального кровоплину важливе значення має визначення систолічного тиску в ділянці кісточки і співвідношення його до систолічного тиску на плечі – індекс кістчково-плечового тиску (ІКПТ). Запропоновано визначення ІКПТ при виконанні хворими стандартного фізичного навантаження на біговій доріжці, однак цей метод не дозволяє визначити важкість розладів мікроциркуляції та «пропускну» здатність мікроциркуляторного русла при збільшенні припливу артеріальної крові. Також цей показник не може бути використаний при атеросклеротичному ураженні інших судинних басейнів та наявності супутньої патології [35]. У рекомендаціях з діагностики та ведення пацієнтів при захворюваннях периферичних артерій відзначено недостовірність методу визначення ІКПТ у хворих на цукровий діабет через високу ймовірність формування жорсткої стінки артерій, що перешкоджає стисканню судин (артеріосклероз, склероз Менкеберга). За такої ситуації перевагу віддають визначенню пальце-плечового індексу або вимірюванню систолічного артеріального тиску на I пальці стопи [10].

Гіпоксія тканин є основним патогенетичним фактором ішемічного ураження кінці-



вок. Черезшкірна капілярографія є поширеним діагностичним методом, за допомогою якого визначають парціальний тиск кисню в поверхневих шарах шкіри. Ці дані мають велике значення для оцінки ефективності доставки крові до тканин [13, 48]. Вказаний метод застосовують в основному для підтвердження критичної ішемії, оцінки ефективності терапевтичного лікування, визначення ймовірності загоєння рани, підтвердження необхідності й вибору рівня ампутації [38, 45, 46, 47].

Протягом останніх років широкого застосування набув метод лазерної доплерівської флоуметрії. Даний метод дозволяє уточнити ступінь ішемії і компенсаторні можливості судинного русла, відображає інтенсивність внутрішньошкірного кровоплину [18]. Базуючись на ангиосомній моделі васкуляризації нижніх кінцівок у хворих із критичною ішемією нижніх кінцівок [11], дійшли висновків, що головною умовою швидкого загоєння дефектів ступні є реваскуляризація, яка базується на ангиосомній моделі.

Русин В.В і співавтори (2020р.) внесли поняття про кількісні показники мікроциркуляції перфузії шкіри в нормі, які можуть лягти не тільки в основу вибору реваскуляризації, але і у кількісну оцінку безпосередніх і віддалених результатів проведеного лікування шляхом транскутанного вимірювання напруження кисню (tpO_2) [49].

Нашкірна термометрія доповнює застосування інших, більш інформативних методів та використовується для динамічного спостереження за хворими [39, 43].

Радіонуклідна ангиографія дозволяє дослідити стан тканинного і магістрального кровотоку. В той же час ізотопна внутрішньовенна перфузійна сцинтиграфія гомілок має деякі недоліки, пов'язані з тим, що в тканинах, у тому числі в м'язах нижніх кінцівок, завжди є достатньо велика кількість капілярів, які знаходяться в спазмованому, неактивному стані та пропускають лише плазму крові без її формених елементів, тому динаміка його елімінації повністю не відображає «пропускну» здатність мікроциркуляторного русла [14]. Дослідження мікроциркуляторних порушень пацієнтів за допомогою радіонуклідного кліренс-методу включало введення в литкові м'язи ^{99m}Tc -пертехнатату з наступним визначенням періоду напіввиведення ($T_{1/2}$) в секундах [9]. В. І. Русин та В. В. Корсак запропонували проведення подвійної проби з фізичним на-

вантаженням під час радіонуклідної діагностики хронічної ішемії нижніх кінцівок. Авторами було встановлено пряму залежність розподілу радіофармпрепарату на стопі від ступеня порушення кровотоку: чим краще кровопостачання стопи, тим більше виражена гіперперфузія м'яких тканин. Якщо перерозподіл радіофармпрепарату на користь проксимальних відділів гомілки перевищував 20 %, це свідчило, що проба з фізичним навантаженням позитивна. Якщо ж він був менше 20 %, пробу вважали негативною [28].

Ф. Ш. Бахрітаінов та співавтори вважають, що при ураженні підколінної артерії та артерій гомілки, ангиографічні обстеження є недостатніми для оцінки та прогнозування результатів оперативного лікування. На думку авторів, виражена редукція кровоплину часто не дозволяє отримати достовірну інформацію, особливо про стан мікроциркуляторного русла. Важливе значення має пропускна здатність й периферичний опір артерій нижніх кінцівок, зокрема глибокої артерії стегна. В дослідженні авторів було показано, що у 11 із 37 хворих ураження глибокої артерії стегна не було виявлено за даними ангиографії, а при інтраопераційній ревізії був виявлений її стеноз. Із метою дослідження регіонарного кровообігу застосовували визначення глибокостегново-підколінного індексу (ГСПІ), який опосередковано характеризує ураження глибокої артерії стегна. Автори відмітили, що чим вищим є показник ГСПІ, тим більшим є периферичний судинний опір, що корелювало з даними інтраопераційної дебітометрії. Значення ГСПІ 0,34 та вище вважали критичним, а результати оперативного лікування виявилися незадовільними [27]. У той же час Казанчян П. О. вважає, що показник ГСПІ до 0,37 є запорукою хорошого результату профундопластики [27].

На думку інших дослідників, значення показника ГСПІ вище 0,3 свідчить про функціональну неспроможність басейну глибокої артерії стегна і, як наслідок, прогностичну неефективність профундопластики [14].

Висновки

Таким чином, стан мікроциркуляторного русла визначає рівень периферичного судинного опору, що значною мірою впливає на вибір тактики лікування, безпосередні та віддалені результати оперативного лікування. Додаткового вивчення потребують методи комплексної діагностики дистальних уражень



судин нижніх кінцівок, які на доопераційному етапі спроможні визначити вид та об'єм хірургічного лікування і передбачити результати лікування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Yoda M., Boethig D., Fritzsche D., Horstkotte D., Koerfer R., Minami K. Operative outcome of simultaneous carotid and valvular surgery. *Ann Thorac Surg.* 2004 Aug;78(2):549-55.
2. Русин В.І., Корсак В.В., Русин В.В., Горленко Ф.В., Лангазо О.В., Машура В.В. Сучасний стан проблеми відкритих втручань при дистальних формах атеросклерозу // *Сучас. мед. технології.* 2015;(1):88-96.
3. Атаман Ю.О., Олейніченко Ж.М., Коломієць О.О. Порушення еластичності артерій нижніх кінцівок у хворих на тяжку артеріальну гіпертензію. *Актуал. проблеми транспорт. медицини: навколишнє середовище; профес. здоров'я; патологія.* 2017;4:89-93.
4. Anand S.S., Caron F., Eikelboom J.W., Bosch J., Dyal L., Aboyans V. et al. Major adverse limb events and mortality in patients with peripheral artery disease: The COMPASS Trial. *J Am Coll Cardiol.* 2018 May 22;71(20):2306-2315.
5. Yadav J.S., Wholey M.H., Kuntz R.E., Fayad P., Katzen B.T., Mishkel G.J., et al Protected carotid-artery stenting versus endarterectomy in high-risk patients. *N Engl J Med.* 2004 Oct 7;351(15):1493-501.
6. Гавриленко А.В., Котов А.Э., Калинин В.Д., Кротовский М.А. Современные возможности сосудистой хирургии в лечении хронической ишемии нижней конечности (20 лет спустя) // *Анналы хирургии.* 2016;21(1-2):26-31.
7. Диб'як Ю.М. Гемодинамічна характеристика морфологічних варіантів ураження судинного русла у хворих із хронічною критичною ішемією нижніх кінцівок. *Серце і судини.* 2005;2:74-9.
8. Gulati A., Botnaru I., Garcia LA. Critical limb ischemia and its treatments: a review. *J Cardiovasc Surg.* 2015 Oct;56(5):775-85.
9. Кузьмин Ю.В., Жидков С.А., Лепешко С.Г. Оценка эффективности проведения реваскуляризации у пациентов с хронической ишемией нижних конечностей согласно ангиосомной концепции реваскуляризации. *Военная медицина.* 2018;1(36):. 27-30.
10. Шаповал С.Д., Савон І.Л., Белінська В.О., Максимова О.О., Якунич А.М. Артеріальний тиск на першому пальці стопи як прогностичний критерій виникнення ускладнень синдрому діабетичної стопи на тлі склерозу Менкеберга // *Клінічна хірургія.* 2017; 2: 68-70.
11. Бойко В.В., Питык А.И., Прасол В.А. Комбинированные и гибридные оперативные вмешательства у больных с критической ишемией нижних конечностей // *Харківська хірургічна школа.* 2014; 5: 9-12.
12. Винник Ю.С., Дунаевская С.С., Подрезенко Е.С., Антюфрієва Д.А., Никифорова А.А. Возможности оценки риска развития прогрессирующего течения облитерирующего атеросклероза сосудов нижних конечностей. *Фундаментальные исследования.* 2015; 1(8):1544-7.
13. Штутин А.А., Пшеничный В.Н., Иваненко А.А., Родин Ю.В., Воропаев В.В. Возможности транскутанной оксигенометрии в прогнозировании исхода реконструкции артерий бедренно-подколенного сегмента у больных с хронической критической ишемией нижних конечностей // *Серце і судини.* 2006; 4 : 546-50.
14. Русин В.І., Корсак В.В., Попович Я.М. Хірургічне лікування дистальних форм атеросклеротичного ураження артерій нижніх кінцівок // *Практ. медицина.* 2008;14(5):210-3.
15. Диб'як Ю. М. Стан гемодинаміки при різних морфологічних варіантах ураження артеріального русла у пацієнтів із хронічною критичною ішемією нижніх кінцівок // *Кровообіг та гемостаз.* 2014; 1- 2: 73-7.
16. Криворучко І.А., Гоні С-К.Т., Гоні С-А.Т., Андрєєщев С.А. Динаміка деяких показників дисфункції ендотелію у хворих за хронічної критичної ішемії тканин нижніх кінцівок залежно від проведеного лікування // *Клінічна хірургія.* 2017 ; 4:35-8.
17. Гудз О.І. Інтраоперативна корекція мікроциркуляторної складової периферичного опору у пацієнтів із хронічною критичною ішемією нижніх кінцівок // *Галицький лікарський вісник.* 2012; 19(3.1):120-2.
18. Домбровський Д.Б., Савін В.В. Оцінка стану мікрогемодинаміки за допомогою лазерної доплерівської флоуметрії у хворих із хронічною ішемією нижніх кінцівок після трансплантації клітин кордової крові // *Шпитальна хірургія.* 2016; 1: 34-7.



19. Кательницький І.І. Динаміка мікроциркуляторних порушень у больних облітеруючим атеросклерозом в залежності від ступеня ішемії нижніх кінцівок // *Кубанський науковий медичний вестник*. 2012; 1: 68-71.
20. Новиков Ю.В., Фомин А.А., Першаков Д.Р. Новий погляд на ангиосомну теорію з точки зору мікроциркуляції // *Современные проблемы науки и образования*. 2015; 1-1: 1362.
21. Козлов В.І., Азизов Г.А. Патологіологічна характеристика розладів мікроциркуляції при хронічній артеріальній ішемії нижніх кінцівок // *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2007; 1: 17-23.
22. Leenstra B., Wijnand J., Verhoeven B., Koning O., Teraa M., Verhaar M.C., de Borst G.J. Applicability of transcutaneous oxygen tension measurement in the assessment of chronic limb-threatening ischemia. *Angiology*. 2020 Mar;71(3):208-16.
23. Літвінова Н.Ю. Показники мікроциркуляції у хворих із критичною ішемією нижніх кінцівок до і після артеріальної реконструкції та їх кореляція із кістковоплечовим індексом // *Серце і судини*. 2015; 4: 38-44.
24. Корейба К.А., Ключин І.В., Минабутдинов А.Р., Корейба Е.А. Математична модель управління регенерації тканин у пацієнтів з синдромом діабетичної стопи // *Вестник современной клинической медицины*. 2018; 5(11):51-4.
25. Питык А.І., Прасол В.А., Бойко В.В., Бабынкін А.Б. Ангиосомальна модель ревазуляризації нижніх кінцівок у больних з критичною ішемією // *Харківська хірургічна школа* 2014;6:22-6.
26. Пітик О.І., Прасол В.А., Бойко В.В. Вибір методу ревазуляризації у хворих з критичною ішемією нижніх кінцівок // *Клін. хірургія*. 2013;(4):48-51.
27. Бойко В.В. Прасол В.А., Зарудний О.А., Іванова Ю.В., Гил'єв Б.В. Профілактика реперфузійних пошкоджень у пацієнтів, оперованих по приводу гострої ішемії нижніх кінцівок // *Буковинський медичний вісник*. 2019; 1(23):18-25.
28. Русин В.І. Корсак В.В., Попович Я.М., Русин В.В. Попович Я.М. Подвійна проба з фізичним навантаженням під час радіонуклідної діагностики хронічної ішемії нижніх кінцівок // *Клінічна хірургія*. 2012; 4: 42.
29. Rozen W.M., Grinsell D., Koshima I., Ashton M.W. Dominance between angiosome and perforator territories: a new anatomical model for the design of perforator flaps // *Journal of reconstructive microsurgery*. 2010 Oct;26(08):539-45.
30. Каралкін А.В., Кузнецов М.Р., Кошкин В.М., Коструб В.В., Комов К.В. Радионуклідна оцінка перфузії м'язів кінцівок в діагностиці хронічної артеріальної недостатності // *Грудна і серцево-сосудиста хірургія*. 2006; 1: 39-44.
31. Гавриленко А.В., Котов А.Є., Лепшохов М.К. Результати профундопластики у пацієнтів з критичною ішемією нижніх кінцівок // *Хірургія. журнал ім. Н.І. Пирогова*. 2017; 9: 17-22.
32. Савельєв В.С., Кошкин В.М., Каралкін А.В. Патогенез і консервативне лікування важких стадій облітеруючого атеросклероза артерій нижніх кінцівок. Руководство для лікарів, Москва: МІА. 2010: 216.
33. Салютін Р.В., Домбровський Д.Б., Панченко Л.А., Буслович О.В., Сірман В.М., Закрутько О.В. Стан мікроциркуляції у хворих на облітеруючі захворювання судин нижніх кінцівок за умов трансплантації мультипотентних стромальних клітин жирової тканини // *Сучасні медичні технології*. 2014; 2: 101-4.
34. Русин В.І., Корсак В.В., Носенко О.А., Калинич С.С., Куценко А.Ю. Лікування посттромбофлебійних виразок нижніх кінцівок // *Клінічна та експериментальна патологія*. 2015; 4(54):133-7.
35. Русин В.І., Корсак В.В., Чобей С.М., Попович Я.М. Хірургія дистальних в відділів термінальної аорти: монографія. Ужгород: Карпати. 2012: 488.
36. Glenn C. Rowe, Srilatha Raghuram, Cholsoon Jang, Janice A. Nagy, Ian S. Patten, Amrita Goyal, Mun Chun Chan, Laura X. Liu, Aihua Jiang, Katherine C. Spokes, David Beeler, Harold Dvorak, William C. Aird, Zolt Arany PGC-1 α Induces SPP1 to Activate Macrophages and Orchestrate Functional Angiogenesis in Skeletal Muscle. *Circ Res*. 2014; 115: 504- 17.
37. Martin Teraa, Michael S Conte, Frans L Moll, Marianne C Verhaar Critical Limb Ischemia: Current Trends and Future Directions // *Journal of the American Heart Association*. 2016; 5:1-9.
38. Ombretta Martinelli, Alessia Alunno, Francesco Maria Drudi, Alban Malaj, Luigi Irace. Duplex ultrasound versus CT angiography for the treatment planning of lower-limb arterial disease // *Journal of ultrasound*. 2020 Nov 9;10:1-9.



39. Thom R., Rowe G.C., Jang C., Safdar A., Arany Z. Hypoxic Induction of Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF) and Angiogenesis in Muscle by Truncated Peroxisome Proliferator-activated Receptor γ Coactivator (PGC)-1 α // *Journal of Biological Chemistry*. 2014; 289 (13): 8810-7.
40. Voloshin A.N. Troficheskiye izmeneniya na stope v zavisimosti ot porazheniya arteriy nizhnikh konechnostey // *Mir meditsiny i biologii*. 2015;4(53):18-21.
41. Angela A Kokkosis, Steven D Abramowitz, Jonathan Schwitzer, Scott Nowakowski, Victoria J Teodorescu, Harry Schanzer Inflow stenosis as a contributing factor in the etiology of AV access-induced ischemic steal J. Vasc. Access. 2014 Jul-Aug;15(4):286-90
42. Donker J., de Vries, J., Ho, G., Goncalves, F. B., Hoeks, S., Verhagen, H., van der Laan, L. Review: Quality of life in lower limb peripheral vascular surgery. *Vascular*. 2016 march;24(1):88-95.
43. Sharma A., Jain A., Singh K., Waites J. Atherosclerotic Peripheral Arterial Disease of the Lower Extremities: What Every Primary Care Physician Should Know. *Consultant*. 2014\$ 54 (7)^537-541.
44. Fujii M., Terashi H. Angiosome and Tissue Healing. *Ann Vasc Dis*. 2019 Jun 25; 12(2): 147–150.
45. Vos C.G., De Vries JPM. Outcome differences in critical limb ischaemia: does sex matter? *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 01 Feb 2020\$ 59(2):171-172.
46. Alexandrescu V., Söderström M., Venermo M. Angiosome theory: fact or fiction?. *Scandinavian Journal of surgery*. 2012 Jun;101(2):125-31.
47. Leenstra B., Wijnand J., Verhoeven B., Koning O., Teraa M., Verhaar M.C., de Borst G.J. Applicability of transcutaneous oxygen tension measurement in the assessment of chronic limb-threatening ischemia. *Angiology*. 2020 Mar;71(3):208-16.
48. Caselli A., Latini V., Lapenna A., Di Carlo S., Pirozzi F., Benvenuto A., Uccioli L Transcutaneous oxygen tension monitoring after successful revascularization in diabetic patients with ischaemic ulcers. *Diabet Med*. 2005 Apr;22(4):460-5
49. Русин В.І., Болдіжар П.О., Горленко Ф.В., Лопіт М.М. Кількісні показники мікроциркуляції шкіри нижніх кінцівок. Сучасні медичні технології. 2020;4: 31-6.

REFERENCES

1. Yoda M., Boethig D., Fritzsche D., Horstkotte D., Koerfer R., Minami K. Operative outcome of simultaneous carotid and valvular surgery. *Ann Thorac Surg*. 2004 Aug;78(2):549-55.
2. Rusyn V.I., Korsak V.V., Rusyn V.V., Horlenko F.V., Lanhazo O.V., Mashura V.V. Suchasnyy stan problemy vidkrytykh vtruchan' pry dystal'nykh formakh ateroskleroza // *Suchas. med. tekhnologii*. 2015;(1):88-96.
3. Ataman Yu.O., Oleynichenko ZH.M., Kolomiyets' O.O. Porushennya elastychnosti arteriy nyzhnikh kintsivok u khvorykh na tyazhku arterial'nu hipertenziyu // *Aktual. problemy transport. medytsyny: navkolyshnye seredovyshche; profes. zdorov'ya; patolohiya*. 2017;4:89-93.
4. Anand S.S., Caron F., Eikelboom J.W., Bosch J., Dyal L, Aboyans V. et al. Major adverse limb events and mortality in patients with peripheral artery disease: The COMPASS Trial. *J Am Coll Cardiol*. 2018 May 22;71(20):2306-2315.
5. Yadav J.S., Wholey M.H., Kuntz R.E., Fayad P., Katzen B.T., Mishkel G.J. et al Protected carotid-artery stenting versus endarterectomy in high-risk patients. *N Engl J Med*. 2004 Oct 7;351(15):1493-501.
6. Havrylenko A.V., Kotov A.É., Kalynyn V.D., Krotovskyy M.A. Sovremennye vozmozhnosti sosudystoy khirurgii v lechenii khronicheskoy yshemyi nyzhney konechnosti (20 let spustya). *Annaly khirurgii*. 2016;21(1-2):26-31.
7. Dyb'yak Yu.M. Hemodynamichna kharakterystyka morfolohichnykh variantiv urazhennya sudynnoho rusla u khvorykh iz khronichnoyu krytychnoyu ishemiyeyu nyzhnikh kintsivok. *Sertse i sudyny*. 2005;2:74-9.
8. Gulati A., Botnaru I., Garcia L.A. Critical limb ischemia and its treatments: a review. *J Cardiovasc Surg*. 2015 Oct;56(5):775-85.
9. Kuz'myn Yu. V., Zhydkov S.A., Lepeshko S. H. Otsenka efektyvnosti provedenyya revaskulyaryzatsiy u patsyentov s khronicheskoy yshemyey nyzhnykh konechnostey sohlasno anhyosomnoy kontseptsii revaskulyaryzatsiy // *Voennaya medytsyna*. 2018;1(36):. 27-30.
10. Shapoval S.D., Savon I.L., Belins'ka V.O. Maksymova O.O., Yakunych A.M. Arterial'nyy tisk na pershomu pal'tsi stopy yak prohnostychnyy kryteriy vynykennya uskladnen' syndromu diabetichnoyi stopy na tli skleroza Menkeberha // *Klinichna khirurgiya*. 2017; 2: 68-70.
11. Boyko V.V., Pytyk A.Y., Prasol V.A. Kombynyrovannye y hybrydnye operatyvnye vmeshatel'stva u bol'nykh s krytycheskoy yshemyey nyzhnykh konechnostey // *Kharkivs'ka khirurhichna shkola*. 2014; 5: 9-12.



12. Vynnyk Yu.S., Dunaevskaya S.S., Podrezenko E.S., Antyufryeva D.A., Nykyforova A.A. Vozmozhnosty otsenky ryska razvityya prohressyruyushcheho techenyya oblyteryuyushcheho ateroskleroza sosudov nyzhnykh konechnostey. *Fundamental'nye yssledovaniya*. 2015; 1(8):1544–7.
13. Shtutyn A.A., Pshenychnyy V.N., Yvanenko A.A., Rodyn Yu.V., Voropaev V.V. Vozmozhnosty transkutannoy oksyhenometry v prohnozyrovany yskhoda rekonstruktsyy arteryi bedrenno-podkolennogo segmenta u bol'nykh s khronicheskoy krytycheskoy yshemyey nyzhnykh konechnostey. *Sertse i sudyny*. 2006; 4 : 546–50.
14. Rusyn B.I., Korsak V.V., Popovych Ya.M. Khirurhichne likuvannya dystal'nykh form aterosklerotichnoho urazhennya arteryi nyzhnykh kintsivok. *Prakt. medytsyna*. 2008; 14(5):210-3.
15. Dyb'yak Yu.M. Stan hemodynamiky pry riznykh morfolohichnykh variantakh urazhennya arterial'noho rusla u patsiyentiv iz khronichnoyu krytychnoyu ishemiyeyu nyzhnykh kintsivok // *Krovoobih ta hemostaz*. 2014; 1- 2: 73-7.
16. Kryvoruchko I.A., Honi S-K.T., Honi S-A.T., Andreyeshchev S.A. Dynamika deyakykh pokaznykiv dysfunksii endoteliyu u khvorykh za khronichnoi krytychnoi ishemii tkanyn nyzhnykh kintsivok zalezho vid provedenoho likuvannya // *Klinichna khirurhiya*. 2017 ; 4:35-8. 17.
17. Hudz OI. Intraoperativna korektsiya mikrotsyrkulyatornoi skladovoï peryferychnoho oporu u patsiyentiv iz khronichnoyu krytychnoyu ishemiyeyu nyzhnykh kintsivok // *Halyts'kyi likars'kyi visnyk*. 2012; 19(3.1):120-2.
18. Dombrovs'kyi D.B., Savin V.V. Otsinka stanu mikrohemodynamiky za dopomohoyu lazernoï doplerivs'koi floumetrii u khvorykh iz khronichnoyu ishemiyeyu nyzhnykh kintsivok pislya transplantatsii klityn kordovoï krovï // *Shpytal'na khirurhiya*. 2016; 1: 34-7.
19. Katel'nytskyi Y.Y. Dynamika mykrotsyrkulyatornykh narushenyi u bol'nykh oblyteryuyushchym aterosklerozom v zavysymosti ot stepeny yshemyi nyzhnykh konechnostey // *Kubanskyi nauchnyi medytsynskyi vestnyk*. 2012; 1: 68-71.
20. Novykov Yu.V., Fomyn A.A., Pershakov D.R. Novyy vz-hlyad na anhyosomnuyu teoryyu s tochky zrenyya mykrotsyrkulyatsyy. *Sovremennyye problemy nauky y obrazovaniya*. 2015; 1-1: 1362.
21. Kozlov V.Y., Azyzov H.A. Patofyziolohyeheskaya kharakterystyka rasstroystv mykrotsyrkulyatsyy pry khronicheskoy arterial'noy yshemyi nyzhnykh konechnostey. *Anhyolohyya y sosudystaya khyrurhiya*. 2007; 1: 17-23.
22. Leenstra B., Wijnand J., Verhoeven B., Koning O., Teraa M., Verhaar M.C., de Borst G.J. Applicability of transcutaneous oxygen tension measurement in the assessment of chronic limb-threatening ischemia. *Angiology*. 2020 Mar; 71(3):208-16.
23. Litvinova N.Yu. Pokaznyky mikrotsyrkulyatsii u khvorykh iz krytychnoyu ishemiyeyu nyzhnykh kintsivok do i pislya arterial'noi rekonstruktsii ta ikh korelyatsiya iz kistkovoplechovym indeksom. *Sertse i sudyny*. 2015; 4: 38-44.
24. Koreyba K.A., Klyushkyn Y.V., Mynabutdynov, A.R., Koreyba E.A. Matematyeheskaya model' upravlyaemoy reheneratsyy tkaney u patsiyentohv s syndromom dyabetychemkoy stopy. *Vestnyk sovremennoy klynicheskoy medytsyny*. 2018; 5(11):51-4.
25. Pytyk A.Y., Prasol V.A., Boyko V.V., Babynkyn A.B. Anhyosomal'naya model' revaskulyaryzatsyy nyzhnykh konechnostey u bol'nykh s krytycheskoy yshemyey. *Kharkivs'ka khirurhichna shkola* 2014; 6:22-6.
26. Pityk O.I., Prasol V.A., Boiko V.V. Vybïr metodu revaskulyaryzatsii u khvorykh z krytychnoi ishemii nyzhnykh kintsivok. *Klin. khirurhiya*. 2013; (4):48-51.
27. Boyko V.V., Prasol V.A., Zarudnyy O.A., Yvanova Yu.V., Hyl'ev B.V. Profylaktyka reperfuzyonnykh povrezhdenyy u patsiyentov, operyrovannykh po povodu ostroy yshemyi nyzhnykh konechnostey // *Bukovyns'kyi medychnyy visnyk*. 2019; 1(23):18-25.
28. Rusyn V.I., Korsak V.V., Popovych Ya.M., Rusyn V.V. Podviyna proba z fizychnym navantazhennyam pid chas radionuklidnoi diahnostryky khronichnoi ishemii nyzhnykh kintsivok. *Klinichna khirurhiya*. 2012; 4: 42.
29. Rozen W.M., Grinsell D., Koshima I., Ashton M.W. Dominance between angiosome and perforator territories: a new anatomical model for the design of perforator flaps. *Journal of reconstructive microsurgery*. 2010 Oct; 26(08):539-45.
30. Karalkyn A.V., Kuznetsov M.R., Koshkyn V.M., Kostrub V.V., Komov K.V. Radyonuklydnaya otsenka perfuzyi myshts nyzhnykh konechnostey v dyahnostryke khronicheskoy arterial'noy nedostatochnosti. *Hrudnaya y serdechno-sosudystaya khyrurhiya*. 2006; 1: 39-44.
31. Havrylenko A.V., Kotov A.E., Lepshokov M.K. Rezul'taty profundoplastyky u patsiyentov s krytycheskoy yshemyey nyzhnykh konechnostey // *Khyrurhiya. zhurnal ym. N.Y Pyrohova*. 2017; 9: 17-22.



32. Savel'ev V.S., Koshkyn V.M., Karalkyn A.V. Patohenez y konservatyvnoe lechenye tyazhelykh stadyŭ oblyteryuyushcheho ateroskleroza arteryŭ nyzhnykh konechnostey. *Rukovodstvo dlya vracheŭ*, Moskva: MYA. 2010: 216.
33. Salyutin R.V., Dombrovskyy D.B., Panchenko L.A., Buslovych O.V., Sirman V.M., Zakrut'ko O.V. Stan mikrotsyrkulyatsii u khvorykh na obliteruyuchi zakhvoryuvannya sudyn nyzhnykh kintsivok za umov transplantatsii mul'typotentnykh stromal'nykh klityn zhyrovoi tkanyny. *Suchasni medychni tekhnolohii*. 2014; 2: 101-4.
34. Rusyn V.I., Korsak V.V., Nosenko O.A., KUalynych S.S., Kutsenko A.YU. Likuvannya posttromboflebitychnykh vyrazok nyzhnykh kintsivok // *Klinichna ta eksperymental'na patolohiya*. 2015; 4(54):133-7.
35. Rusyn V.I., Korsak V.V., Chobey S.M., Popovych Y.A.M. Khirurhiya dystal'nykh v viddiliv terminal'noi aorty: monohrafiya. Uzhhorod: Karpaty. 2012: 488.
36. Glenn C. Rowe, Srilatha Raghuram, Cholsoon Jang, Janice A. Nagy, Ian S. Patten, Amrita Goyal, Mun Chun Chan, Laura X. Liu, Aihua Jiang, Katherine C. Spokes, David Beeler, Harold Dvorak, William C. Aird, Zolt Arany PGC-1 α Induces SPP1 to Activate Macrophages and Orchestrate Functional Angiogenesis in Skeletal Muscle. *Circ Res*. 2014; 115: 504- 17.
37. Martin Teraa, Michael S Conte, Frans L Moll, Marianne C Verhaar Critical Limb Ischemia: Current Trends and Future Directions. *Journal of the American Heart Association*. 2016; 5:1-9.
38. Ombretta Martinelli 1, Alessia Alunno 2, Francesco Maria Drudi 3, Alban Malaj 4, Luigi Irace. Duplex ultrasound versus CT angiography for the treatment planning of lower-limb arterial disease. *Journal of ultrasound*. 2020 Nov 9;10:1-9.
39. Thom R., Rowe G.C., Jang C., Safdar A., Arany Z. Hypoxic Induction of Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF) and Angiogenesis in Muscle by Truncated Peroxisome Proliferator-activated Receptor γ Coactivator (PGC)-1 α *Journal of Biological Chemistry*. 2014; 289 (13): 8810-7.
40. Voloshin A.N. Troficheskiye izmeneniya na stope v zavisimosti ot porazheniya arteriy nizhnykh konechnostey // *Mir meditsiny i biologii*. 2015;4(53):18-21.
41. Angela A Kokkosis, Steven D Abramowitz, Jonathan Schwitzer, Scott Nowakowski, Victoria J Teodorescu, Harry Schanzer Inflow stenosis as a contributing factor in the etiology of AV access-induced ischemic steal J. Vasc. Access. 2014 Jul-Aug;15(4):286-90
42. Donker J., de Vries, J., Ho, G., Goncalves, F. B., Hoeks, S., Verhagen, H., van der Laan, L. Review: Quality of life in lower limb peripheral vascular surgery. *Vascular*. 2016 march;24(1):88-95.
43. Sharma A., Jain A., Singh K., Waites J. Atherosclerotic Peripheral Arterial Disease of the Lower Extremities: What Every Primary Care Physician Should Know. *Consultant*. 2014\$ 54 (7)^537-541.
44. Fujii M, Terashi H. Angiosome and Tissue Healing. *Ann Vasc Dis*. 2019 Jun 25; 12(2): 147-150.
45. Vos CG, De Vries JPM. Outcome differences in critical limb ischaemia: does sex matter? *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 01 Feb 2020\$ 59(2):171-172.
46. Alexandrescu V, Söderström M, Venermo M. Angiosome theory: fact or fiction? // *Scandinavian Journal of surgery*. 2012 Jun;101(2):125-31.
47. Leenstra B., Wijnand J., Verhoeven B., Koning O., Teraa M., Verhaar M.C., de Borst G.J. Applicability of transcutaneous oxygen tension measurement in the assessment of chronic limb-threatening ischemia. *Angiology*. 2020 Mar;71(3):208-16.
48. Caselli A., Latini V., Lapenna A., Di Carlo S., Pirozzi F., Benvenuto A., Uccioli L Transcutaneous oxygen tension monitoring after successful revascularization in diabetic patients with ischaemic ulcers. *Diabet Med*. 2005 Apr;22(4):460-5
49. Rusyn V.I., Boldizhar P.O., Horlenko F.V., Lopit M.M. Kil'kisni pokaznyky mikrotsyrkulyatsiyi shkiry nyzhnykh kintsivok. *Suchasni medychni tekhnolohiyi*. 2020;4: 31-6.

Отримано 01.04.2021 р.