

©В. І. РУСИН, Ф. М. ПАВУК, В. Я. ФЕДУСЯК

ДВНЗ “Ужгородський національний університет”

Зміни магістрального артеріального та венозного кровотоку і шкірної мікроциркуляції від величини медичної еластичної компресії при лікуванні венозної трофічної виразки

Мета роботи: визначити вплив еластичної компресії на венозну та артеріальну швидкість магістрального кровотоку нижньої кінцівки та шкірну мікроциркуляцію тильної частини стопи при лікуванні венозних трофічних виразок.

Матеріали і методи. У дослідженні взяли участь 15 пацієнтів із варикозною хворобою в стадії декомпенсації. Серед них було 9 (60 %) жінок та 6 (40 %) чоловіків. Середній вік пацієнтів становив (56±5,7) року. У всіх суб'єктів дослідження вимірювали індекс кісточно-плечового тиску, глибокостегново-підколінний індекс, індекс регіонарної перфузії, $t\text{cрO}_2$, $t\text{cрCO}_2$, швидкість артеріального кровотоку в стегновій артерії (AFV) та швидкість венозного кровотоку (VFV) дистальніше сафенофemorального спів'єстя. Після виконаних замірів наступні заміри проводили після застосування еластичного медичного трикотажу різного класу компресії.

Результати досліджень та їх обговорення. При I класі компресії (15–21 мм рт. ст.) виявлено значні зміни в показниках на 12 % ($p < 0,01$). Швидкість артеріального кровотоку зменшилась у 2 рази порівняно із вхідними даними при максимальному тиску четвертого класу компресії ($p = 0,0001$). $t\text{cрO}_2$ мав тенденцію до зниження і при четвертому класі компресії (>46 мм рт. ст.) і становило (61,2±1,3) мм рт. ст. ($p = 0,0001$). Значення транскутанного тиску кисню знижувалось при зростанні тиску еластичної компресії. З іншого боку, значення $t\text{cрCO}_2$ значно зросли вже при I класі компресії ($p = 0,0001$) і далі збільшувалися до кінця дослідження. Аналізуючи зміни транскутанного тиску вуглекислого газу встановлено, що його значення зросли на 40 % порівняно із вхідними даними ($p = 0,0001$). Значення індексу регіонарної перфузії знижуються починаючи із рівня тиску в 10 мм рт. ст., як і показник $t\text{cрO}_2$, тому застосування ІРП може слугувати критерієм вибору для діагностики ступеня ішемії.

Венозна швидкість кровотоку в стегновій вені знижується на 22 % при компресії у 15 мм рт. ст., а при максимальному тиску еластичної компресії зниження венозної швидкості порівняно із початковою від норми становило 78 % ($p = 0,0001$). $t\text{cрCO}_2$ значно зростає при компресії 15 мм рт. ст. ($p = 0,0001$), також паралельно із зменшенням індексу регіонарної перфузії, яке починається при зовнішній компресії 15 мм рт. ст. ($p < 0,05$), що є свідченням погіршення перфузії шкіри тилу стопи у хворих з варикозною хворобою в стадії декомпенсації.

Ключові слова: мікроциркуляція; трофічна виразка; варикозна хвороба; ангіосома; індекс регіонарної перфузії.

Постановка проблеми і аналіз останніх досліджень та публікацій. Чисельність хворих із захворюваннями вен нижніх кінцівок, що незмінно зростає, зумовлює розвиток ускладнень у більш ніж 80 % пацієнтів із посттромбофлеботичним синдромом та близько у 15–25 % хворих із варикозною хворобою [1–3].

Хронічна венозна недостатність – патологічний стан, який виникає при органічній та функціональній недостатності поверхневих та глибоких вен, що проявляється у порушенні венозного відтоку з нижніх кінцівок та призводить до дезорганізації регіонарної системи мікроциркуляції, що в свою чергу, ускладнюється утворенням трофічних виразок (ТВ).

У комплексному лікуванні ТВ консервативна терапія використовується як підготовка до операційного втручання, а за наявності протипоказань залишається єдиним можливим способом їх лікування та методом профілактики рецидивів. На даний час консервативне лікування ТВ передбачає низку напрямків: компресійну еластичну тера-

пію, переривчасту пневмокомпресію, медикаментозне, місцеве та фізіотерапевтичне лікування.

Тиск, який створюють медичні еластичні виробки, має зменшуватись від дистальних відділів до проксимальних, вимагаючи вертикального положення хворого і для хронічної венозної недостатності в стадії декомпенсації рекомендувалось використання III класу компресії, де рівень тиску на рівні щиколотки >35 мм рт. ст. [3, 4].

Хоча достеменно відомо, що місцевий зовнішній тиск 20 мм рт. ст. призводить до зниження кровообігу шкіри, де в стадії декомпенсації при хронічній венозній недостатності і так порушується трофіка у вигляді відкритої трофічної виразки [4].

Отже, слід очікувати, що дисбаланс між сприятливим впливом на венозний кровообіг і ризиком прогресування ішемії тканин необхідно оцінювати в кожному конкретному випадку.

Мета роботи: визначити вплив еластичної компресії на венозну та артеріальну швидкість магістрального кровотоку нижньої кінцівки та шкір-

ну мікроциркуляцію тильної частини стопи при лікуванні венозних трофічних виразок.

Матеріали і методи. У дослідженні взяли участь 15 пацієнтів із варикозною хворобою в стадії декомпенсації. Серед них було 9 (60 %) жінок та 6 (40 %) чоловіків. Середній вік пацієнтів – $(56 \pm 5,7)$ року. Усі пацієнти дали письмову згоду на участь у протоколі експерименту, що відповідає всім вимогам до проведення досліджень згідно з Гельсінською декларацією. Всі учасники пройшли загальний фізичний огляд.

У всіх суб'єктів дослідження вимірювали індекс кісточково-плечового тиску (ІКПТ), який являє собою відношення артеріального систолічного тиску на передній або задній великогомілкової артерії до цього показника на плечовій артерії. Значення ІКПТ менше 0,9 вказує на наявність стенозу в артеріях нижніх кінцівок. Для визначення функціональної можливості глибокої стегнової артерії визначали глибокостегново-підколінний індекс (ГСПІ) за формулою:

$$\text{ГСПІ} = \frac{\text{ВК} - \text{НК}}{\text{ВК}},$$

де ВК – регіонарний систолічний тиск в підколінній артерії вище коліна, НК – тиск в підколінній артерії нижче коліна.

Ультразвукове обстеження стегнових судин проводили за допомогою лінійного датчика 7 МГц. Вимірювали швидкість артеріального кровотоку в стегновій артерії (AFV) та швидкість венозного кровотоку (VFV) дистальніше сафенофemorального співустя.

Проведено вивчення мікроциркуляції шкіри нижніх кінцівок із урахуванням ангіосомного підходу на апараті TCM 400 Radiometer (Данія). Черезшкірний тиск кисню (tcpO_2), вимірювали за допомогою електрода типу Clark. Черезшкірний тиск вуглекислого газу (tcpCO_2) вимірювали за допомогою вуглекислого електрода типу Severinhaus. Використовували комбінований транскутанний електрод тиску кисню та вуглекислого газу, який розміщували дистально від манжетки. Електрод був прикріплений в ділянці шкіри тильної поверхні стопи клейкою стрічкою. Усі вимірювання проводили в умовах кімнатного повітря.

Для досягнення статистично достовірних результатів користувались не абсолютними значеннями, а відношенням отриманого значення в першому міжпальцевому проміжку досліджуваної нижньої кінцівки до такого ж у ділянці грудної клітки. Норма напруження кисню для шкіри груд-

ної клітки 85 мм рт. ст., для міжпальцевого проміжку 60 мм рт. ст. Отриманий показник двох величин назвали індексом регіональної перфузії (ІРП). Надалі ІРП розраховували стосовно значення перфузії в досліджуваній ангіосомі до такого ж у нормальній точці конкретного пацієнта (ліктьова ямка).

Індекс регіонарної перфузії використовується для виключення впливу серцеволегеневих порушень і спрощення інтерпретації tcpO_2 , яке співвідноситься зі значеннями, отриманими на грудній клітці.

Для визначення tcpO_2 користувались ангіосомами передньої великогомілкової артерії (ПВГА), задньої великогомілкової артерії (ЗВГА), малогомілкової артерії (МГА), оскільки відповідні артерії беруть участь у перфузії відповідних шкірно-м'язових клаптів.

Також вимірювали частоту серцевих скорочень і систолічний, і діастолічний артеріальний тиск на руці протягом усього дослідження за допомогою автоматичної системи накачування манжетки діаметром 16 см, щоб контролювати загальні гемодинамічні показники суб'єктів дослідження. Всі суб'єкти знаходились у горизонтальному положенні в однакових кліматичних умовах із виключенням попереднього навантаження.

Після проведених загальних вимірювань в загальних основних умовах одягали еластичний трикотаж однієї фірми протягом трьох хвилин. Останні дві хвилини вимірювали сонографічні показники. Загальна тривалість кожного наступного підходу становила 3 хв. Після кожного підходу суб'єкти відпочивали в горизонтальному положенні 30 хв до наступного класу компресії. В експерименті застосовували медичний еластичний трикотаж. Експеримент завершився після вимірювання показників четвертого класу компресії.

Критеріями включення в дослідження були: наявність трофічних виразок варикозної етіології, відсутність будь-яких супутніх захворювань з боку інших органів та систем, письмова згода на проведення дослідження, індекс кісточково-плечового тиску $>1,1$, глибокостегново-підколінний індекс $< 0,35$.

Результати продемонстровані як середнє значення та квадратичне відхилення. Аналіз відмінностей між парними значеннями проводили з використанням непараметричного тесту Вілкоксона для парних ознак, для визначення відмінностей у межах суб'єктів. Значення p розраховані з урахуванням кількості учасників при кожному тиску, значимі результати реєстрували при значенні $p < 0,05$. Статистичну обробку та аналіз отриманих результатів виконували за допомогою програми Jamovi.

Результати досліджень та їх обговорення.

Кожен суб'єкт мав стабільну частоту серцевих скорочень і систолічний і діастолічний артеріальний тиск на руці протягом усього експерименту. Цей показник не змінювався значно і становив в середньому (68±13,0) за хв та (110±15,0) мм рт. ст., (65±7,0) мм рт. ст.

Венозні трофічні виразки у хворих локалізувались на медіальній поверхні гомілки, іноді поширювались і на латеральну поверхню гомілки (рис. 1–3).

Перед проведенням дослідження виконано вимірювання норм t_{spO_2} у здорових суб'єктів залежно від ангиосом стопи (табл. 1).

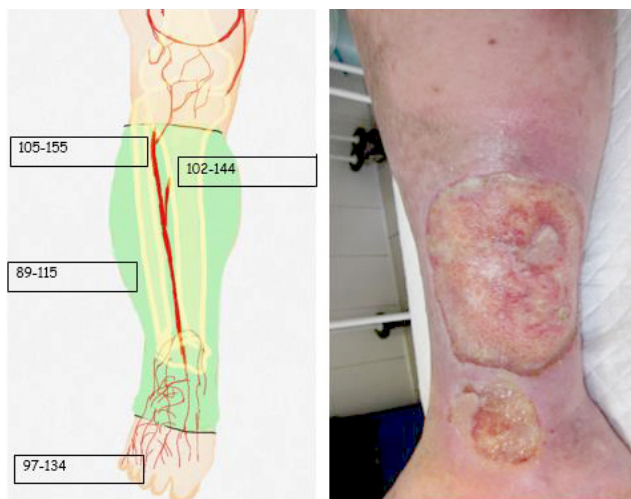


Рис. 1. Трофічна виразка медіальної поверхні гомілки (ангіосома ЗВГА).

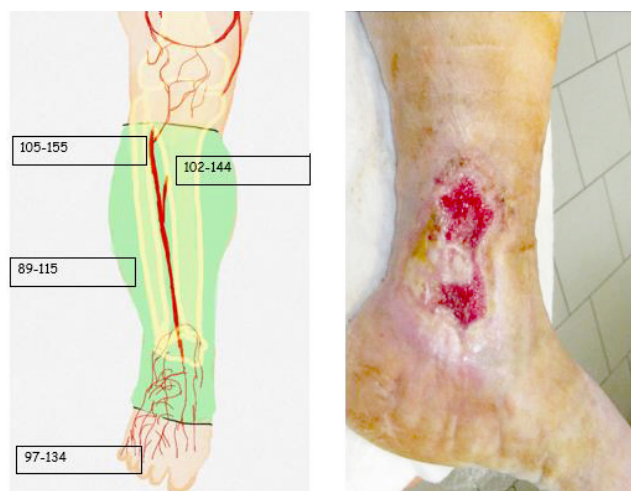


Рис. 2. Трофічні виразки медіальної поверхні гомілки (ангіосома ЗВГА).

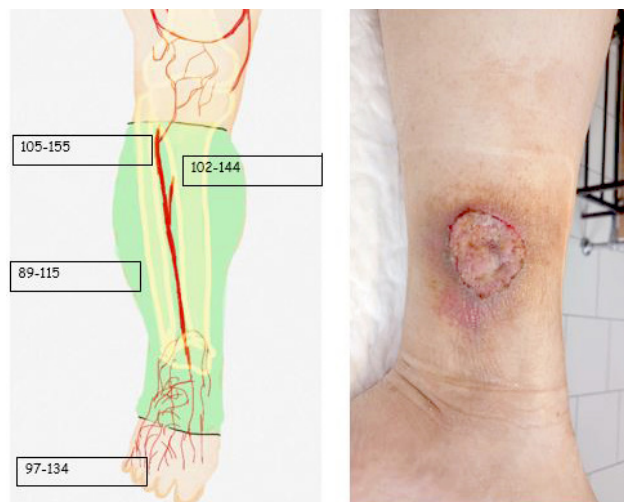


Рис. 3. Трофічна виразка медіальної поверхні гомілки (ангіосома ЗВГА).

Таблиця 1. Індекс регіонарної перфузії у хворих із венозними трофічними виразками

Ангіосоми	Індекс регіонарної перфузії
ПВГА	1,3±0,08
ЗВГА	1,48±0,12
МГА	1,5±0,11
Тильна поверхня стопи	1,2±0,09
Підошва	1,0±0,10
Латеральна кісточка	1,1±0,14
Медіальна кісточка	0,98±0,06

Відповідно до результатів, наведених у таблиці 1, можна стверджувати, що кожна ангиосома має свій рівень кровопостачання залежно від артерії та її діаметру.

Результати замірів дослідження t_{spO_2} , t_{spCO_2} , AFV та VFV представлені в таблиці 2.

За даними таблиці 2, мінімальні значення були досягнуті при четвертому класі компресії >46 мм рт. ст. у 15 суб'єктів.

Вивчаючи швидкість стегнового артеріального кровотоку вже при I класі компресії (15–21 мм рт. ст.), виявлено значні зміни в показниках на 12 % ($p < 0,01$). Чим більший був тиск із кожним кроком, тим більше знижувалось значення AFV. Швидкість артеріального кровотоку зменшилась у 2 рази порівняно із вхідними даними при максимальному тиску четвертого класу компресії ($p = 0,0001$).

Таблиця 2. Вплив компресії на швидкість венозного та артеріального стегнового кровотоку та мікроциркуляцію шкіри тильної частини стопи у хворих із трофічними виразками на фоні виразкової хвороби

Клас компресії	0	I	II	III	IV
Рівень тиску (мм рт. ст.)	0	15–21	23–32	34–46	>46
VFV m/s -1	0,09±0,012	0,07±0,009***	0,05±0,007***	0,03±0,011***	0,02±0,007**
AFV m/s -1	0,17±0,07	0,15±0,021**	0,13±0,010**	0,11±0,013***	0,09±0,011***
tcpO ₂ (мм рт. ст.)	75±6,2	70,8±3,1*	68,3±1,4**	64,7±1,7***	61,2±1,3***
tcpCO ₂ (мм рт. ст.)	42,8±1,7	46,9±2,4***	51,8±1,9***	54,4±1,3***	56,2±0,9***

Примітки: * – p<0,05, ** – p<0,01, *** – p<0,0001.

Не було зареєстровано суттєвих змін VFV при тиску при I класі компресії, де швидкість венозного кровотоку становила 0,07±0,018 (p<0,01). Застосування еластичної компресії I класу сприяло зниженню VFV відносно початкового рівня (p=0,0001). Венозна швидкість стегнового кровотоку суттєво знизилась, у середньому на 78 % порівняно з початковими умовами при застосуванні IV класу компресії (p=0,0001).

Якщо звернути увагу на tcpO₂, він мав тенденцію до зниження і при четвертому класі компресії (>46 мм рт. ст.) становило (61,2±1,3) мм рт. ст. (p=0,0001). Значення транскутанного тиску кисню знижувалось при зростанні тиску еластичної компресії.

З іншого боку, значення tcpCO₂ значно зросло вже при I класі компресії (p=0,0001) і далі збільшувалися до кінця дослідження. Аналізуючи зміни транскутанного тиску вуглекислого газу встановлено, що його значення зросли на 40 % порівняно із вхідними даними (p=0,0001).

Для порівняння змін tcpO₂ обрахували значення ІРП, яке в нормі коливається в межах 0,8–1,4 для тилу стопи. Результати змін показано на рисунку 4.

За даними рисунка 4, аналогічно значення ІРП знижуються починаючи із рівня тиску в 10 мм рт. ст. як і показник tcpO₂, тому застосування ІРП може слугувати як критерієм вибору для діагностики ступеня ішемії.

Залежність змін AVF та ІРП відносно ступеня компресії продемонстровано на рисунку 5.

Аналіз зміни AFV та ІРП дав змогу зробити висновок, що насичення тканин киснем не змінюється так різко, як ступінь швидкості артері-

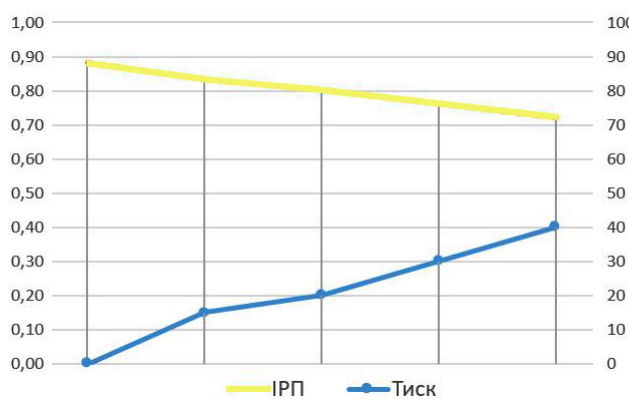


Рис. 4. Перевершений обернено-пропорційний ефект ступеня компресії та індекс регіонарної перфузії.

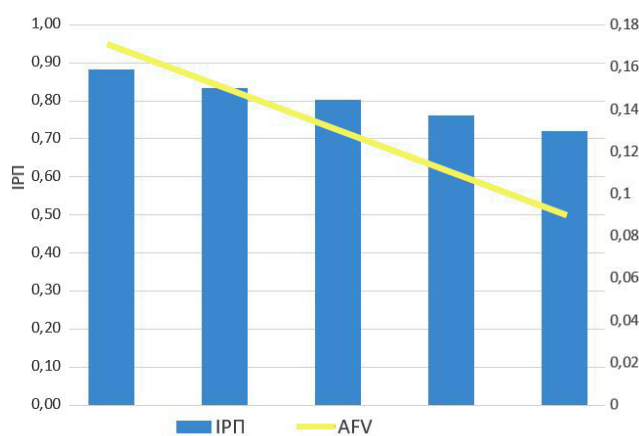


Рис. 5. Порівняння змін AFV та ІРП відносно ступеня компресії кінцівки.

ального кровотоку, адже AFV різко змінювався з кожними кроком підвищення тиску еластичної компресії, а як можна спостерігати ІПП, він знижувався плавно, а його різке зниження відбувається при >46 мм рт. ст. ($p < 0,0001$).

Якщо проаналізувати отримані результати, то першим показниками які реагують на ступінь компресії, були VFV та tcpCO_2 , які вже при значенні в 15 мм рт. ст. значно змінювались з достовірною різницею.

Обговорення. Результати цього дослідження демонструють значне погіршення VFV, tcpCO_2 із значенням компресії лише 15 мм рт. ст., хоча AFV і tcpO_2 зменшилися меншою мірою. З іншого боку, в наших експериментальних умовах tcpO_2 виглядає менш актуальним, ніж tcpCO_2 для оцінки місцевого порушення мікроциркуляції.

Про вплив зовнішньої компресії на загальний венозний кровотік відомо дуже мало інформації [5]. З іншого боку, доступно небагато результатів впливу рівномірного стиснення кінцівки і вплив на артеріальний кровотік [6]. Ще менше відомо про вплив зовнішнього тиску на венозний і артеріальний кровотік і дистальну мікроциркуляцію.

Тиск, що створюється еластичною компресією або бинтами, можна класифікувати відповідно до величини компресії [7–10]. Але з іншого боку, значення тиску, що використовуються при веденні пацієнтів, знаходяться в діапазоні від 14 до 17 мм рт. ст. для легких компресійних пов'язок, а для помірних ці значення становлять від 25 до 35 мм рт. ст. і навіть можуть становити і 60 мм рт. ст., але як видно з результатів нашого дослідження, навіть при тиску у 15 мм рт. ст. відбуваються зміни мікроциркуляції в нижній кінцівці.

З іншого боку, наші результати свідчать про те, що сам по собі tcpO_2 не інтерпретує артеріальну гемодинаміку належним чином у наших експериментальних умовах.

Проте для такого низького тиску, як 15 мм рт. ст., tcpO_2 значно збільшився. Ми припускаємо, що рН підвищився і дистальне порушення мікроциркуляції спостерігалось на передній частині стопи. Andreozzi із авторами вже продемонстрували, що існує невідповідність між tcpO_2 і tcpCO_2 [11, 12]. У подальшому дослідженні вони зазначили, що “в деяких випадках tcpO_2 не може забезпечити правильну оцінку ризику некрозу шкіри, тоді як вимірювання tcpCO_2 може” [13].

Компресійна терапія – основа лікування венозних трофічних виразок нижніх кінцівок. Більшість авторів дотримується думки, що компресія нижніх кінцівок є одним із основних патогенетично-обґрунтованих способів консервативного лікування хронічної венозної недостатності. При

цьому ефект компресійного лікування визначається внаслідок зниження патологічної венозної місткості нижніх кінцівок. Це відбувається внаслідок компресії венозних міжм'язових сплетінь, поверхневих і пронизних вен, поліпшення функціональної активності клапанного апарату та внаслідок зменшення діаметру вен.

Відзначається також зростання зворотного всмоктування тканинної рідини у венозному коліні капіляра і зниження її фільтрації в артеріальному за рахунок підвищення тканинного тиску. У результаті цього досягається зменшення набряку і збільшення фібринолітичної активності крові, оскільки проходить більш інтенсивне вироблення тканинного активатора (плазміногена) і поліпшення реології крові завдяки зниженню застою останньої у венозному руслі [12, 13].

З іншого боку, застій крові в аномальних судинах мікроциркуляторного русла супроводжується зниженням черезшкірного тиску кисню та підвищенням черезшкірного тиску вуглекислого газу і високою концентрацією вільних радикалів кисню [4]. На пізніх стадіях ХВН з розвитком ліподерматосклерозу спостерігається посилення синтезу колагену IV типу, що призводить до потовщення стінки судини та підвищення її проникності. Супутній фіброз у перикапілярному просторі створює бар'єр, що перешкоджає трансмембранній дифузії. Порушення мікроциркуляторної тканинної перфузії пов'язане зі збільшенням tcpCO_2 [4].

Хорошого догляду за раною і застосування компресійної терапії, за даними деяких авторів, достатньо, щоб вилікувати більшість нетривало існуючих та дрібних венозних виразок [14], однак враховуючи результати різних дослідників, які корелюють із нашими даними, можна зробити висновок, що потрібно оцінити зміни перфузії тканин та зміни мікроциркуляції, які супроводжуються трофічними розладами у хворих на венозні трофічні виразки.

Висновки. 1. При медичній еластичній компресії (IV клас) швидкість артеріального кровотоку зменшилась на 48 % ($p = 0,0001$).

2. Венозна швидкість кровотоку у стегновій вені знижується на 22 % при компресії у 15 мм рт. ст., а при максимальному тиску еластичної компресії зниження венозної швидкості порівняно із початковою від норми становило 78 % ($p = 0,0001$).

3. tcpCO_2 значно зростає при компресії 15 мм рт. ст. ($p = 0,0001$), також паралельно із зменшенням індексу регіонарної перфузії, яке починається при зовнішній компресії 15 мм рт. ст. ($p < 0,05$), що є свідченням погіршення перфузії шкіри тилу стопи у хворих на варикозну хворобу в стадії декомпенсації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Transcutaneous blood gas monitoring and tissue perfusion during common femoral thromboendarterectomy [Electronic resource] / E. Sigvardt, S. M. Rasmussen, J. P. Eiberg [et al.] // *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*. – 2022. – P. 1–7. – Access mode : <https://doi.org/10.1080/00365513.2022.2092900>. – Назва з екрана.
2. Venous ulcers: Review article / R. Jindal, P. Chaudhary, Gupta [et al.] // *Indian Journal of Surgery*. – 2021. – P. 1–2. – Access mode : <https://doi.org/10.1007/s12262-021-03064-x>.
3. Bernatchez S. F. Venous leg ulcers: A review of published assessment and treatment algorithms / Stéphanie F. Bernatchez, Jill Eysaman-Walker, Dot Weir // *Advances in Wound Care*. – 2021. – P. 28–41. – Access mode : <https://doi.org/10.1089/wound.2020.1381>.
4. Porembskaya O. Y. Microcirculatory disorders in chronic venous diseases and their systemic pharmacological correction / O. Ya. Porembskaya // *Flebologija*. – 2021. – Vol. 15, No. 2. – P. 110. – Access mode : <https://doi.org/10.17116/flebo202115021110>.
5. Roszinski S. Transcutaneous pO₂ and pCO₂ Measurements / S. Roszinski // *Bioengineering of the Skin*. – Boca Raton, 2020. – P. 95–103.
6. A review of distribution of atherosclerosis in the lower limb arteries of patients with diabetes mellitus and peripheral vascular disease / D. Lowry, M. Saeed, P. Narendran, A. Tiwari // *Vascular and Endovascular Surgery*. – 2018. – Vol. 52, No. 7. – P. 535–542. – Access mode : <https://doi.org/10.1177/1538574418791622>.
7. Barros B. S. Chronic venous disease: from symptoms to microcirculation [Електронний ресурс] / Bernardo Senra Barros // *International Angiology*. – 2019. – Vol. 38, N 3. – P. 211–218. – Режим доступу: <https://doi.org/10.23736/s0392-9590.19.04116-6>. – Назва з екрана.
8. Wang C. Hyperbaric Oxygen for Treating Wounds [Електронний ресурс] / Chenchen Wang [та ін.] // *Archives of Surgery*. – 2003. – Vol. 138, No. 3. – P. 272. – Access mode: <https://doi.org/10.1001/archsurg.138.3.272>.
9. Sabri S. Effects of externally applied pressure on the haemodynamics of the lower limb [Електронний ресурс] / S. Sabri, V. C. Roberts, L. T. Cotton // *BMJ*. – 1971. – Vol. 3, No. 5773. – P. 503–508. – Access mode : <https://doi.org/10.1136/bmj.3.5773.503>.
10. Halperin M. H. The effect of local compression upon blood flow in the extremities of man [Електронний ресурс] / Meyer H. Halperin, Carl K. Friedland, Robert W. Wilkins // *American Heart Journal*. – 1948. – Vol. 35, No. 2. – P. 221–237. – Access mode : [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(48\)90102-1](https://doi.org/10.1016/0002-8703(48)90102-1).
11. Silva H. The venoarteriolar reflex significantly reduces contralateral perfusion as part of the lower limb circulatory homeostasis in vivo/ Henrique Silva // *Frontiers in Physiology*. – 2018. – Vol. 9. – P. 1123. – Access mode : <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01123>.
12. Andreozzi G. Dynamic measurement and functional assessment of tcpO₂ and tcpCO₂ in peripheral arterial disease / G. M. Andreozzi // *Journal of Cardiovascular Diagnosis and Procedures*. – 1996. – Vol. 13, No. 2. – P. 155–164.
13. Bogachev V. Y. Benefits of micronized purified flavonoid fraction as adjuvant therapy on inflammatory response after sclerotherapy / Vadim Y. Bogachev, Boris V. Boldin, Victor N. Lobanov // *International Angiology*. – 2018. – Vol. 37, No. 1. – Access mode : <https://doi.org/10.23736/s0392-9590.17.03868-8>.
14. Raffetto J. D. Mechanisms of lower extremity vein dysfunction in chronic venous disease and implications in management of varicose veins / Joseph D. Raffetto, Raouf A. Khalil // *Vessel Plus*. – 2021. – No. 5. – P. 36. – Access mode : <https://doi.org/10.20517/2574-1209.2021.16>.

REFERENCES

1. Sigvardt, E., Rasmussen, S.M., Eiberg, J.P., Sørensen, H.B.D., Meyhoff, C.S., & Aasvang, E.K. (2022). Transcutaneous blood gas monitoring and tissue perfusion during common femoral thromboendarterectomy. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 82 (4), 334-340.
2. Jindal, R., Chaudhary, P., Gupta, B., Kaur, T., & Dhillon, S. (2021). Venous Ulcers. *Indian Journal of Surgery*, 1-12.
3. Bernatchez, S.F., Eysaman-Walker, J., & Weir, D. (2022). Venous leg ulcers: a review of published assessment and treatment algorithms. *Advances in Wound Care*, 11 (1), 28-41.
4. Porembskaya, O.Y. (2021). Microcirculatory disorders in chronic venous diseases and fundamentals of their systemic pharmacological correction. *Combination of May-Thurner syndrome and pelvic congestion syndrome: terra incognita*, 28 (3), 128-134.
5. Roszinski, S. (2020). *Transcutaneous pO₂ and pCO₂ measurements*. In *Bioengineering of the skin: Methods and instrumentation* (pp. 95-103). CRC Press.
6. Lowry, D., Saeed, M., Narendran, P., & Tiwari, A. (2018). A review of distribution of atherosclerosis in the lower limb arteries of patients with diabetes mellitus and peripheral vascular disease. *Vascular and Endovascular Surgery*, 52 (7), 535-542.
7. Barros, B. S., Kakkos, S. K., De Maeseneer, M., & Nicolaidis, A.N. (2019). Chronic venous disease: from symptoms to microcirculation. *Int. Angiol*, 38 (3), 211-218.
8. Wang, C., Schwaitzberg, S., Berliner, E., Zarin, D.A., & Lau, J. (2003). Hyperbaric oxygen for treating wounds: a systematic review of the literature. *Archives of Surgery*, 138 (3), 272-279.
9. Sabri, S., Roberts, V.C., & Cotton, L.T. (1971). Effects of externally applied pressure on the haemodynamics of the lower limb. *Br. Med. J.*, 3 (5773), 503-508.
10. Halperin, M.H., Friedland, C.K., & Wilkins, R.W. (1948). The effect of local compression upon blood flow in the extremities of man. *American Heart Journal*, 35 (2), 221-237.
11. Silva, H., Ferreira, H.A., da Silva, H.P., Monteiro Rodrigues, L. (2018). The venoarteriolar reflex significantly reduces contralateral perfusion as part of the lower limb circulatory homeostasis in vivo. *Frontiers in Physiology*, 17; 9, 1123.
12. Andreozzi, G.M. (1996). Dynamic measurement and functional assessment of tcpO₂ and tcpCO₂ in peripheral arterial disease. *Journal of Cardiovascular Diagnosis and Procedures*, 13 (2), 155-164.
13. Bogachev, V.Y., Boldin, B.V., & Lobanov, V.N. (2017). Benefits of micronized purified flavonoid fraction as adjuvant therapy on inflammatory response after sclerotherapy. *International Angiology: a Journal of the International Union of Angiology*, 37 (1), 71-78.
14. Raffetto, J.D., & Khalil, R.A. (2021). Mechanisms of lower extremity vein dysfunction in chronic venous disease and implications in management of varicose veins. *Vessel Plus*, 5, 36.

Отримано 17.06.2022

Електронна адреса для листування: fedjapavuk111@gmail.com

V. I. RUSYN, F. M. PAVUK, V. YA. FEDUSYAK

Uzhhorod National University

CHANGES IN MAIN ARTERIAL AND VENOUS BLOOD FLOW AND SKIN MICROCIRCULATION DEPENDING ON THE AMOUNT OF MEDICAL ELASTIC COMPRESSION IN THE TREATMENT OF VENOUS TROPHIC ULCER

The aim of the work: to determine the influence of elastic compression on the venous and arterial velocity of the main blood flow of the lower limb and the skin microcirculation of the anterior part of the foot in the treatment of venous trophic ulcers.

Materials and Methods. 15 patients with varicose veins in the stage of decompensation participated in the study. Among them there were 9 (60 %) women and 6 (40 %) men. The average age of patients was (56 ± 5.7) years. In all study subjects, the ankle-brachial pressure index (ABPI), deep femoral-popliteal index, regional perfusion index, tcpO₂, tcpCO₂, arterial blood flow velocity in the femoral artery (AFV) and venous blood flow velocity (VFV) distal to the saphenofemoral junction were measured. After the measurements, the following measurements were performed after using elastic medical knitwear of different compression classes.

Results. At the I class of compression (15–21 mmHg), significant changes in indicators by 12 % were found ($p < 0.01$). The arterial blood flow rate decreased by 2 times in comparison with the input data at the maximum pressure of the fourth compression class ($p = 0.0001$). TcpO₂ tended to decrease and at the fourth compression class (> 46 mmHg) was (61.2 ± 1.3) mmHg ($p = 0.0001$). The value of transcutaneous oxygen pressure decreased with increasing pressure of elastic compression. On the other hand, the values of tcpCO₂ have increased significantly already at the 1st compression class ($p = 0.0001$) and continued to increase until the end of the study. Analyzing changes in the transcutaneous pressure of carbon dioxide, it was established that its values increased by 40 % compared to the input data ($p = 0.0001$). RPI values decrease starting from a pressure level of 10 mmHg as well as the tcpO₂ indicator, therefore, the use of RPI can serve as a criterion of choice for diagnosing the degree of ischemia.

Conclusions. Venous velocity of blood flow in the femoral vein decreases by 22 % at compression of 15 mmHg, and at the maximum pressure of elastic compression, the decrease in venous velocity compared to the initial value was 78 % ($p = 0.0001$). TcpCO₂ significantly increases at compression of 15 mmHg ($p = 0.0001$), also in parallel with the decrease in the regional perfusion index, which begins at external compression of 15 mmHg ($p < 0.05$), which is evidence of deterioration of skin perfusion of the back of the foot in patients with varicose veins in the stage of decompensation.

Key words: microcirculation; trophic ulcer; varicose disease; angiosome; regional perfusion index.