

Вплив компресії на швидкість венозного й артеріального магістрального кровотоку та шкірну мікроциркуляцію нижньої кінцівки

В. І. Русин, Ф. М. Павук, В. Я. Федусяк

Ужгородський національний університет

Impact of compression on velocity of venous and arterial main blood flow and cutaneous microcirculation of the lower extremity

V. I. Rusin, F. M. Pavuk, V. Ya. Fedusyak

Uzhhorod National University

Реферат

Мета. Вивчити вплив компресії на швидкість венозного й артеріального магістрального кровотоку нижньої кінцівки та шкірну мікроциркуляцію тильної частини стопи у здорових осіб та хворих із декомпенсованими формами варикозної хвороби і посттромбофлебітичного синдрому.

Матеріали і методи. У дослідженні взяли участь 56 суб'єктів. Всі учасники дослідження були розподілені на три групи: 1-ша група – 20 здорових осіб; 2-га – 15 пацієнтів із варикозною хворобою у стадії декомпенсації; 3-тя – 21 пацієнт із декомпенсованою формою посттромбофлебітичного синдрому. Всім учасникам дослідження вимірювали величини індексу кістково-плечового тиску, глибокостегново-підколінного індексу, індексу регіонарної перфузії, черезшкірно парціальний тиск кисню та парціальний тиск вуглекислого газу, швидкість артеріального кровотоку у стегновій артерії та венозного кровотоку дистальніше сафенофеморального спів'єднання до та після застосування еластичного медичного трикотажу різного класу компресії або тиску манжетки.

Результати. При третьому класі компресії у хворих 3-ї групи відбувся перехрестний ефект черезшкірно визначених показників парціального тиску кисню та вуглекислого газу, що супроводжувалось при наступному збільшенні класу компресії переважанням парціального тиску вуглекислого газу над парціальним тиском кисню. У хворих 2-ї групи ця тенденція спостерігалась тільки при застосуванні четвертого класу компресії. На початку дослідження встановлено вищі значення парціального тиску вуглекислого газу у хворих 3-ї групи, ніж у хворих 2-ї групи ($p=0,0001$).

Висновки. При застосуванні четвертого класу компресії швидкість стегнового венозного кровотоку порівняно з її початковими значеннями знизилась у середньому на 78% у хворих 2-ї групи та у середньому у 7,4 рази у хворих 3-ї групи ($p=0,0001$). Хворим із декомпенсованим посттромбофлебітичним синдромом можна застосовувати еластичну компресію тільки першого і другого класів, у хворих із варикозною хворобою у стадії декомпенсації можливе застосування еластичної компресії також третього і четвертого класів.

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

Abstract

Objective. To study the impact of compression on velocity of venous and arterial main blood flow of the lower extremity, as well as cutaneous microcirculation in the back part of the foot in healthy individuals and patients with decompensated forms of varicose disease and postthrombophlebitis syndrome.

Materials and methods. In the investigation 56 individuals took part and divided into three groups: Group I – 20 healthy persons; Group II – 15 patients with varicose disease in decompensated stage; Group III – 21 patients with decompensated stage of postthrombophlebitis syndrome.

In all participants of the investigation the index of ankle-brachial pressure, deep-femoro-popliteal index, the regional perfusion index, transcutaneous partial pressure of oxygen and partial pressure of carbon dioxide, the arterial blood flow velocity in femoral artery and of venous blood flow distally from sapheno-femoral junction were measured before and after application of elastic medical knitwear of various Class of compression or the cuff pressure.

Results. In the Class III compression in patients of Group III the transcutaneously registered indices crossing have occurred between partial pressure of oxygen and carbon dioxide, accompanied by domination of the carbon dioxide partial pressure over the oxygen partial pressure while further enhancement of the compression Class. In patients of Group II this tendency was observed while application of Class IV compression only. At the investigation beginning the values of partial pressure of carbon dioxide registered were higher in the Group III patients, than in the patients of Group II ($p=0.0001$).

Conclusion. While application of the Class III compression the velocity of the hip venous blood flow, comparing with its initial values, have lowered at average by 78% in patients of Group II and at average in 7.4 times in the patients of Group III ($p=0.0001$). It is affordable in patients, suffering decompensated postthrombophlebitic syndrome, to apply the elastic compression of Classes I–II, while in those, having varicose disease in decompensated stage, – the elastic compression of Classes III and IV as well.

Keywords: microcirculation; trophic ulcer; varicose illness; postthrombophlebitis syndrome; angiosoma; index of regional perfusion.

Зовнішню компресію на нижніх кінцівках, здебільшого еластичну, використовують для запобігання утворенню набряків різноманітного походження або їх обмеження, а при хронічній венозній недостатності у стадії декомпенсації як лікувальну процедуру з класом доказовості «В» [1 – 3].

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

За даними деяких авторів [5 – 8] хорошого догляду за раною і застосування компресійної терапії достатньо, щоб вилікувати більшість незадавлених та дрібних венозних виразок, однак, урахувавши результати різних досліджень [9 – 12], доводиться зробити висновок, що не все так однозначно і потрібно оцінити зміни перфузії тканин та мікроциркуляції, які супроводжуються трофічними розладами, а дисбаланс між сприятливим впливом компресії на венозний кровообіг і ризиком прогресування ішемії тканин необхідно оцінювати у кожного конкретного хворого [10]. Тобто відповідні дослідження у пацієнтів із захворюваннями як артеріальних, так і венозних судин актуальні. Це дасть змогу краще зрозуміти потенційні корисні і шкідливі ефекти компресії у таких пацієнтів.

Мета дослідження: визначити вплив компресії на швидкість венозного й артеріального магістрального кровотоку нижньої кінцівки та мікроциркуляцію шкіри тильної частини стопи у здорових осіб та хворих із декомпенсованими формами варикозної хвороби та посттромбофлебітичного синдрому (ПТФС).

Матеріали і методи дослідження

У дослідженні взяли участь 56 суб'єктів. Усі учасники дослідження були розподілені на три групи. Перша група – 20 здорових осіб європейської раси: 11 (55%) чоловіків, середній вік 24 (22 – 27) роки, середня маса тіла 66 (62 – 80) кг і середній зріст 175 (169 – 182) см та 9 (45%) жінок, середній вік 23 (20 – 26) роки, середня маса тіла 58 (47 – 72) кг, середній зріст 165 (160 – 178) см. Друга група – 15 пацієнтів із варикозною хворобою у стадії декомпенсації: 9 (60%) жінок та 6 (40%) чоловіків, середній вік пацієнтів становив $(56 \pm 5,7)$ року. Третя група – 21 пацієнт із декомпенсованою формою ПТФС: 12 (57%) жінок та 9 (43%) чоловіків, середній вік пацієнтів становив $(58,5 \pm 6,4)$ року.

Усі учасники дослідження дали добровільну письмову згоду на участь у протоколі експерименту, що відповідав усім вимогам до проведення досліджень згідно з Гельсінською декларацією, та пройшли загальний фізичний огляд.

У всіх учасників дослідження вимірювали індекс кістково-плечового тиску (ІКПТ) – відношення величини артеріального систолічного тиску на передній або задній великомілкової артерії до величини відповідного показника на плечовій артерії. Значення ІКПТ менше 0,9 вказує на наявність стенозу в артеріях нижньої кінцівки. 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 у підколінній артерії вище коліна, НК – регіонарний систолічний тиск у підколінній артерії нижче коліна.

Ультразвукове обстеження стегнових судин проводили за допомогою лінійного датчика 7 МГц. Вимірювали швидкість артеріального кровотоку (ШАК) у стегновій артерії і швидкість венозного кровотоку (ШВК) дистальніше сафенофеморального співустя.

Нами вивчено мікроциркуляцію шкіри нижніх кінцівок з урахуванням ангіосомного підходу на апараті TCM 400 Radiometer (Данія). Парціальний тиск кисню (pO_2) вимірювали черезшкірно за допомогою електрода типу Clark, парціальний тиск вуглекислого газу (pCO_2) – за допомогою електрода типу Severinhaus. Використовували комбінований електрод для вимірювання парціального тиску кисню та вуглекислого газу, який розміщували дистально від манжетки та прикріплювали у ділянці шкіри тильної поверхні стопи клейкою стрічкою. Усі вимірювання проводили за температури кімнатного повітря.

Про статистичну значущість результатів судили не за абсолютними значеннями, а за відношенням величини отриманого показника в першому міжпальцевому проміжку досліджуваної нижньої кінцівки до величини відповідного показника в ділянці грудної клітки (нормальне значення показника pO_2 для шкіри грудної клітки становить 85 мм рт. ст., для шкіри першого міжпальцевого проміжку – 60 мм рт. ст.). Отримане значення відношення цих двох величин вважали індексом регіональної перфузії (ІРП). Надалі значення ІРП розраховували як відношення величини перфузії в досліджуваній ангіосомі до нормальної величини перфузії у ліктьовій ямці конкретного пацієнта.

Також вимірювали частоту серцевих скорочень і систолічний та діастолічний артеріальний тиск на верхній кінцівці протягом усього дослідження за допомогою автоматичної системи накачування манжетки діаметром 16 см, щоб контролювати загальні гемодинамічні показники учасників дослідження. Усі учасники дослідження перебували в горизонтальному положенні в однакових кімнатних умовах, попереднє навантаження було виключене.

Після проведених загальних вимірювань у загальних основних умовах у здорових осіб їм надівали манжетку, яку накачували до 10 мм рт. ст., і тримали протягом 3 хв. Упродовж останніх 2 хв вимірювали сонографічні показники. Загальна тривалість кожного наступного підходу становила 3 хв. Після першого підходу тиск у манжетці збільшували до 20 мм рт. ст., у подальшому його поступово збільшували покровоково по 20 мм рт. ст. Експеримент завершували, коли не спостерігали зниження показника pO_2 між двома послідовно застосованими рівнями тиску. Мінімальні значення pO_2 були визначені як фізіологічний

Таблиця 1. ІРП згідно з ангіосомною теорією

Ангіосома	ІРП		
	1-ша група (n=20)	2-га група (n=15)	3-тя група (n=21)
ПВГА	1,50 ± 0,14	1,3 ± 0,08	1,24 ± 0,10
ЗВГА	1,85 ± 0,20	1,48 ± 0,12	1,42 ± 0,11
МГА	1,70 ± 0,15	1,5 ± 0,11	1,38 ± 0,13
Тильна поверхня стопи	1,40 ± 0,16	1,2 ± 0,09	1,0 ± 0,14
Підошва	1,10 ± 0,11	1,0 ± 0,10	1,0 ± 0,12
Бічна кісточка	1,4 ± 0,31	1,1 ± 0,14	1,0 ± 0,12
Присередня кісточка	1,3 ± 0,04	0,98 ± 0,06	0,9 ± 0,05
<i>Примітка.</i> ПВГА – передня великогомілкова артерія; ЗВГА – задня великогомілкова артерія; МГА – малогомілкова артерія.			

нуль учасника, що спостерігався при досягнутому індивідуальному максимальному значенні тиску в манжетці.

Хворим із декомпенсованими формами варикозної хвороби і хворим із ПТФС після проведених загальних вимірювань у загальних основних умовах одягали на нижню кінцівку медичний еластичний трикотаж однієї фірми і тримали протягом 3 хв. Упродовж останніх 2 хв вимірювали сонографічні показники. Загальна тривалість кожного наступного підходу становила 3 хв. Після кожного підходу пацієнти відпочивали в горизонтальному положенні 30 хв до застосування наступного класу компресії. Експеримент завершували після вимірювання показників при застосуванні компресії четвертого класу.

Критерії включення в дослідження здорових осіб: відсутність будь-якої серцево-судинної патології, будь-яких супутніх захворювань з боку інших органів та систем, письмова згода на проведення дослідження, величини ІКПТ більше 1,1, величини ГСПІ менше 0,35.

Критерії включення в дослідження хворих: наявність трофічних виразок варикозної або посттромботичної етіології, відсутність будь-яких супутніх захворювань з боку інших органів та систем, письмова згода на проведення дослідження, величини ІКПТ більше 1,1, величини ГСПІ менше 0,35.

Результати наведені як середнє значення та квадратичне відхилення. Відмінності між парними значеннями аналізували з використанням непараметричного тесту Вілкоксона для парних ознак для визначення відмінностей у межах досліджуваних груп. Значення показника p розраховані з урахуванням кількості учасників при кожному застосуванні компресії, статистично значущі відмінності реєстрували при значеннях p менше 0,05. Статистичне опрацювання та аналіз отриманих результатів проводили за допомогою програми Jamovi.

Результати

Кожен учасник дослідження мав стабільні показники частоти серцевих скорочень і систолічного та діастолічного артеріального тиску, виміряні на верхній кінцівці, протягом усього експерименту. Ці показники не змінювалися значно і становили в середньому ($62 \pm 13,0$) за 1 хв та ($106 \pm 15,0$) і ($60 \pm 7,0$) мм рт. ст. відповідно у 1-й гру-

пі, ($68 \pm 13,0$) за 1 хв та ($110 \pm 15,0$) і ($65 \pm 7,0$) мм рт. ст. відповідно у 2-й групі, ($67 \pm 12,5$) за 1 хв та ($112 \pm 14,7$) і ($67,8 \pm 7,2$) мм рт. ст. відповідно у 3-й групі.

Перед проведенням дослідження вимірювали черезшкірно показник pO_2 у всіх учасників у залежності від ангіосом стопи.

Відповідно до результатів, наведених у *табл. 1*, можна стверджувати, що кожна ангіосома має свій рівень кровопостачання в залежності від артерії та її діаметра.

Результати вимірювання показників pO_2 , pCO_2 , ШАК і ШВК для 1-ї групи наведені в *табл. 2*. Мінімальні значення досліджуваних показників були досягнуті при тиску 80 мм рт. ст. у 12 осіб. Тому подальші вимірювання з тиском 100 мм рт. ст. проводили лише у 8 осіб. Середній тиск у манжетці для досягнення фізіологічного нуля становив 80 мм рт. ст. для всіх учасників дослідження 1-ї групи.

Вивчення швидкості стегнового артеріального кровотоку вже при тиску 10 мм рт. ст. показало значні його зміни – зменшення показників на 19% ($p=0,0001$). Чим більшим ставав тиск у манжетці, тим більше знижувався показник ШАК, при максимальному тиску в манжетці відбулося його зниження у 5,5 разу в порівнянні з вихідними даними ($p=0,0001$).

Не було зареєстровано суттєвих змін показників стегнового венозного кровотоку при тиску в манжетці 10 мм рт. ст. Компресія 20 мм рт. ст. спричинила суттєве зниження ШВК відносно її початкового рівня – у середньому на 31% ($p=0,0011$). При індивідуальному максимальному тиску в манжетці максимальне зниження швидкості стегнового венозного кровотоку порівняно зі значеннями спокою становило 83,8% ($p=0,0028$).

Значення показника pO_2 мали тенденцію до зниження, хоча суттєвих його змін не було виявлено доти, доки тиск у манжетці не сягнув 60 мм рт. ст. ($p=0,0039$). Значення вимірюваного черезшкірно показника pO_2 знижувались надалі при зростанні тиску в манжетці. Найменше зареєстроване значення цього показника становило ($16,9 \pm 12,1$) мм рт. ст., що означало його зменшення у 4,5 разу ($p=0,0001$).

З іншого боку, значення показника pCO_2 значно зросло вже при тиску 10 мм рт. ст. ($p=0,0319$), і їх зростання продовжувалося до кінця дослідження. Аналіз змін вимірюваного черезшкірного показника pCO_2 показав, що він зріс на

14% порівняно з його вихідними значеннями ($p=0,0005$).

Для порівняння змін значень показника pO_2 обрахували значення ІРП, які в нормі коливаються в межах 0,8 – 1,4 для тильної частини стопи.

Як видно з наведених на *рис. 1* графіків, значення ІРП значно знижуються починаючи з рівня тиску 40 мм рт. ст., як і показник pO_2 , тому ІРП може слугувати критерієм для діагностики ступеня ішемії.

Результати вимірювання показників pO_2 , pCO_2 , ШАК і ШВК у групах хворих наведені в *табл. 3*.

Уже при першому класі компресії (15 – 21 мм рт. ст.) виявлено значні зміни показників швидкості стегнового артеріального кровотоку у хворих 2-ї групи – вони знизились на 12% ($p < 0,01$), а у хворих 3-ї групи ці показники знизились на 19% ($p < 0,05$). Чим більший був тиск, тим більше знижувались значення показника ШАК. Швидкість стегнового артеріального кровотоку зменшилась у 2 рази у 2-й групі хворих та у 8,5 рази у 3-й групі хворих у порівнянні з відповідними вихідними даними при максимальному тиску четвертого класу компресії ($p=0,0001$).

Не було зареєстровано суттєвих змін показника ШВК при тиску першого класу компресії у 2-й групі, його значення становили ($0,07 \pm 0,009$) м/с⁻¹ ($p < 0,01$), але у хворих 3-ї групи значення цього показника вже при першому класі компресії становили ($0,064 \pm 0,007$) м/с⁻¹ ($p=0,0001$).

Швидкість стегнового венозного кровотоку суттєво знизилась (у середньому на 78%) порівняно з початковими її значенням при застосуванні четвертого класу компресії у хворих 2-ї групи, а у хворих 3-ї групи відбулося зниження цього показника у середньому у 7,4 рази ($p=0,0001$).

Для наочної демонстрації змін мікроциркуляції розраховано ІРП у хворих 2-ї і 3-ї груп та порівняно з відповідним показником здорових осіб 1-ї групи (*рис. 2*).

Зміни показника pO_2 мали тенденцію до зниження, і при четвертому класі компресії (більше 46 мм рт. ст.) його значення становили ($61,2 \pm 1,3$) мм рт. ст. у хворих 2-ї групи та ($58,7 \pm 1,3$) мм рт. ст. у хворих 3-ї групи ($p=0,0001$). Отже, вимірюваний черезшкірно парціальний тиск кисню знижувався при збільшенні класу еластичної компресії.

З іншого боку, значення показника pCO_2 значно зросли вже при застосуванні першого класу компресії ($p=0,0001$) і далі зростали до кінця дослідження.

Аналіз змін показників pO_2 і pCO_2 показав, що при третьому класі компресії у хворих 3-ї групи відбувся перехрестний ефект показників парціального тиску кисню та парціального тиску вуглекислого газу, що супроводжувалось при наступному збільшенні класу компресії переважанням показників pCO_2 над показниками pO_2 , а у хворих 2-ї групи ця тенденція спостерігалась тільки при четвертому класі компресії.

Навіть на початку дослідження встановлено вищі значення показника pCO_2 у хворих 3-ї групи, ніж у хворих

Таблиця 2.
Вплив рівномірного позитивного стиснення на швидкість артеріального і венозного стегнового кровотоку та шкірну мікроциркуляцію тильної поверхні стопи у молодих здорових осіб

Показники	Компресія, мм рт. ст.						
	0	10	20	40	60	80	100
ШВК, м/с ⁻¹	0,13±0,041	0,10±0,074	0,09±0,03**	0,07±0,041***	0,05±0,025***	0,04±0,0011***	0,01±0,009**
ШАК, м/с ⁻¹	0,22±0,019	0,18±0,013***	0,15±0,009***	0,11±0,007***	0,07±0,004***	0,05±0,005***	0,04±0,01***
pO ₂ , мм рт. ст.	76,8±15,4	75,3±16,1	71,9±11,4	72,6±9,7	63,7±11,2**	40,5±8,8***	16,9±12,1***
pCO ₂ , мм рт. ст.	38,6±2,7	40,4±2,4*	42,0±5,7*	42,8±6,4**	44,1±6,2***	44,7±6,6***	44,7±12,1*
Примітка.	* – p<0,05; ** – p<0,01; *** – p<0,0001.						

Примітка. * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,0001$.

Таблиця 3.
Вплив компресії на швидкість венозного і стегнового артеріального кровотоку та мікроциркуляцію шкіри тильної частини стопи у хворих із трофічними виразками на фоні декомпенсованих форм виразкової хвороби та ПТФС

Показники	Клас компресії/рівень тиску, мм рт. ст.											
	0/0			I/15 - 20			II/23 - 32			III/34 - 46		
	2-та група	3-тя група	2-та група	3-тя група	2-та група	3-тя група	2-та група	3-тя група	2-та група	3-тя група	2-та група	3-тя група
ШВК, м/с ⁻¹	0,09±0,012	0,089±0,011	0,07±0,009	0,06±0,007*	0,05±0,007	0,04±0,005***	0,03±0,011	0,02±0,010**	0,02±0,007	0,012±0,006**	0,02±0,009***	0,02±0,009***
ШАК, м/с ⁻¹	0,17±0,07	0,17±0,07	0,15±0,021	0,139±0,011*	0,13±0,010	0,122±0,009**	0,11±0,013	0,06±0,008***	0,09±0,011	0,02±0,009***	0,09±0,011	0,02±0,009***
pO_2 , мм рт. ст.	75±6,2	73,3±5,2	70,8±3,1	68,4±2,2**	68,3±1,4	62,1±1,1***	64,7±1,7	58,7±1,3***	61,2±1,3	54,4±1,2***	54,4±1,3	54,4±1,2***
pCO_2 , мм рт. ст.	42,8±1,7	47,4±1,5***	46,9±2,4	51,2±1,8***	51,8±1,9	55,3±1,5***	54,4±1,3	58,8±1,3***	56,2±0,9	60,2±0,7***	56,2±0,9	60,2±0,7***

Примітка. * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,0001$.

2-ї групи ($p=0,0001$). Вже при першому класі компресії значення показника pO_2 у хворих 3-ї групи були статистично значущо менші, ніж у хворих 2-ї групи, що спостерігалось до кінця дослідження ($p=0,0001$). Швидкість стегового венозного, як і артеріального, кровотоку незначно відрізнялась при застосуванні першого класу компресії ($p < 0,05$), але ці показники мали тенденцію до збільшення різниці між ними при збільшенні ступеня еластичної компресії.

Обговорення

Результати цього дослідження демонструють значне погіршення у 1-й групі учасників дослідження показників ШАК і pCO_2 при компресії лише 10 мм рт. ст., хоча показники ШВК і pO_2 не зменшувалися. У хворих 2-ї групи зареєстроване значне погіршення показників ШВК, pCO_2 при компресії 15 мм рт. ст., хоча показники ШАК і pO_2 зменшувалися в меншій мірі. У хворих 3-ї групи встановлено значне погіршення показників ШВК та pCO_2 при першому класі компресії.

Як видно з результатів дослідження, значення показника pCO_2 для оцінки місцевого порушення мікроциркуляції відігравало важливу роль в усіх досліджуваних групах, тому що цей показник реагує одним із перших на зазначені порушення.

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

Тиск, що створюється еластичною компресією або бинтуванням, можна класифікувати відповідно до величини компресії [7]. Для легких компресійних пов'язок, що використовуються при веденні пацієнтів, значення тиску перебувають у діапазоні від 14 до 17 мм рт. ст. [8 – 10], для помірних – від 25 до 35 мм рт. ст. і навіть можуть сягати 60 мм рт. ст., але, як показали результати нашого дослідження, навіть при тиску 10 мм рт. ст. відбуваються зміни мікроциркуляції в нижній кінцівці.

Отримані нами результати свідчать також про те, що сам по собі показник pO_2 не інтерпретував артеріальну гемодинаміку належним чином в експериментальних умовах. Можливо, порушення кровотоку шкіри внаслідок тиску в манжетці до 60 мм рт. ст. було недостатньо вираженим. Проте при застосуванні низького тиску 10 мм рт. ст. показник pO_2 значно збільшився. Можна припустити, що рівень рН підвищився і дистальне порушення мікроциркуляції відбувалося на передній частині стопи.

Ми дослідили, що позитивний тиск на всю нижню кінцівку не забезпечив значного сприятливого впливу на швидкість кровотоку по стегових венах. Водночас при рівномірному зовнішньому стисненні до 10 мм рт. ст. у здорових молодих людей спостерігалися значні порушення як артеріального кровотоку нижньої кінцівки, так і мікроциркуляції передньої частини стопи. Хоча такий

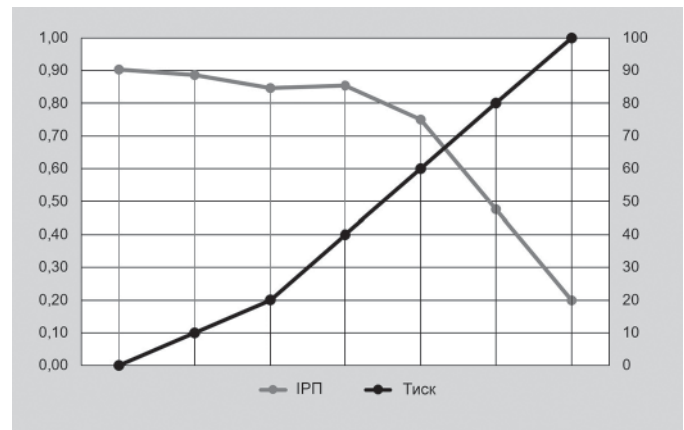


Рис. 1.
Перехресний зворотно пропорційний ефект ступеня компресії та IРП.

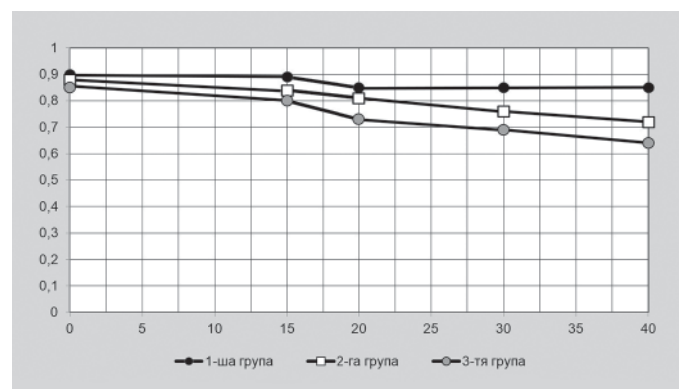


Рис. 2.
Зміни IРП у досліджуваних групах у залежності від рівня компресії.

результат був отриманий у здорових добровольців, техніка, використана в цій роботі, цікава з точки зору розуміння ефектів стиснення.

Виникненню трофічних порушень сприяє патологічна м'язова іннервація у м'язовому відділі помпи за рахунок зниження сили скорочень та у шкірі у вигляді порушення бар'єрної функції через нестачу оксигенації [10 – 12].

Ураховуючи отримані результати, застосування третього і четвертого класів компресії, при яких у тканинах рівень кисню падає і одночасно зростає рівень вуглекислого газу, недоцільне у хворих з трофічними виразками посттромботичної етіології і навіть може погіршувати і розтягувати в часі процес загоювання, а для хворих із декомпенсованою формою варикозної хвороби рекомендовано застосовувати перший – третій класи компресії.

Висновки

1. Швидкість стегового артеріального кровотоку зменшилась у 2 рази у 2-й групі хворих та у 8,5 разу у 3-й групі хворих у порівнянні з вихідними даними при максимальному тиску четвертого класу компресії ($p=0,0001$).

2. Швидкість стегового венозного кровотоку знизилась суттєво (у середньому на 78%) у порівнянні з почат-

ковими даними при застосуванні четвертого класу компресії у хворих 2-ї групи та у середньому у 7,4 разу у хворих 3-ї групи ($p=0,0001$).

3. Хворим із декомпенсованим ПТФС слід застосовувати тільки перший і другий класи еластичної компресії, у хворих із декомпенсованими формами варикозної хвороби можливе застосування третього і четвертого класів еластичної компресії.

Фінансування. Робота виконана без залучення стороннього фінансування.

Внесок авторів. Русин В. І. – концепція і дизайн дослідження; Павук Ф. М. – аналіз отриманих даних, написання тексту; Федусяк В. Я. – збір та опрацювання матеріалів, аналіз отриманих даних, написання тексту.

Конфлікт інтересів. Автори, які взяли участь у цьому дослідженні, заявили, що у них немає конфлікту інтересів щодо цього рукопису.

Згода на публікацію. Всі автори прочитали і схвалили остаточний варіант рукопису та дали згоду на його публікацію.

References

1. Sigvardt E, Rasmussen SM, Eiberg JP, Sørensen HBD, Meyhoff CS, Aasvang EK. Transcutaneous blood gas monitoring and tissue perfusion during common femoral thromboendarterectomy. *Scand J Clin Lab Invest.* 2022 Jul;82(4):334–40. doi: 10.1080/00365513.2022.2092900. Epub 2022 Jun 29. PMID: 35767233.
2. Jindal R, Chaudhary P, Gupta B, Kaur T, Dhillon S. Venous Ulcers: Review Article. *Indian J Surg.* 2021 Sep 10. doi: 10.1007/s12262-021-03064-x.
3. Bernatchez SF, Eysaman-Walker J, Weir D. Venous Leg Ulcers: A Review of Published Assessment and Treatment Algorithms. *Adv Wound Care (New Rochelle).* 2022 Jan;11(1):28–41. doi: 10.1089/wound.2020.1381. Epub 2021 Apr 13. PMID: 33848433; PMCID: PMC8573799.
4. Porembskaya OY. Microcirculatory disorders in chronic venous diseases and their systemic pharmacological correction. *Flebologiya.* 2021;15(2):110–6. Russian. doi: 10.17116/flebo202115021110
5. Roszinski S. Transcutaneous pO₂ and pCO₂ Measurements. In: Berardesca E, Elsner P, Wilhelm KP, Maibach HI, editors. *Bioengineering of the Skin: Methods and Instrumentation. Volume III.* 1st Edition. Boca Raton: CRC Press; 2007. 95–103. ISBN 9781003068969. doi: 10.1201/9781003068969.
6. Lowry D, Saeed M, Narendran P, Tiwari A. A Review of Distribution of Atherosclerosis in the Lower Limb Arteries of Patients With Diabetes Mellitus and Peripheral Vascular Disease. *Vasc Endovascular Surg.* 2018 Oct;52(7):535–42. doi: 10.1177/1538574418791622. Epub 2018 Aug 1. PMID: 30068238.
7. Senra Barros B, Kakkos SK, De Maeseneer M, Nicolaidis AN. Chronic venous disease: from symptoms to microcirculation. *Int Angiol.* 2019 Jun;38(3):211–8. doi: 10.23736/S0392-9590.19.04116-6. Epub 2019 May 16. PMID: 31112025.
8. Wang C, Schwaitzberg S, Berliner E, Zarin DA, Lau J. Hyperbaric oxygen for treating wounds: a systematic review of the literature. *Arch Surg.* 2003 Mar;138(3):272–9; discussion 280. doi: 10.1001/archsurg.138.3.272. PMID: 12611573.
9. Silva H, Ferreira HA, da Silva HP, Monteiro Rodrigues L. The Venoarterial Reflex Significantly Reduces Contralateral Perfusion as Part of the Lower Limb Circulatory Homeostasis in vivo. *Front Physiol.* 2018 Aug 17;9:1123. doi: 10.3389/fphys.2018.01123. PMID: 30174614; PMCID: PMC6107688.
10. Andreozzi GM. Dynamic measurement and functional assessment of tcpO₂ and tcpCO₂ in peripheral arterial disease. *J Cardiovasc Diagn Proced.* 1996 Jan 1;13(2):155–64.
11. Bogachev VY, Boldin BV, Lobanov VN. Benefits of micronized purified flavonoid fraction as adjuvant therapy on inflammatory response after sclerotherapy. *Int Angiol.* 2018 Feb;37(1):71–8. doi: 10.23736/S0392-9590.17.03868-8. Epub 2017 Sep 22. PMID: 28945060.
12. Raffetto JD, Khalil RA. Mechanisms of Lower Extremity Vein Dysfunction in Chronic Venous Disease and Implications in Management of Varicose Veins. *Vessel Plus.* 2021;5:36. doi: 10.20517/2574-1209.2021.16. Epub 2021 May 29. PMID: 34250453; PMCID: PMC8270011.

Надійшла 06.06.22