

УДК 616-001.4-089.844:530.225:612.15

<https://doi.org/10.26641/2307-0404.2022.3.265955>

П.О. Бадюл,
О.І. Корпусенко *,
Н.М. Нор,
І.В. Корпусенко,
О.І. Руденко

ВПЛИВ НЕГАТИВНОГО ТИСКУ НА ЗМІНИ КРОВОПОСТАЧАННЯ В ДОНОРСЬКИХ ЗОНАХ ФОРМУВАННЯ ПЕРФОРАНТНИХ КЛАПТІВ

Дніпровський державний медичний університет
 вул. В. Вернадського, 9, Дніпро, 49044, Україна
 Dnipro State Medical University
 V. Vernadskyi str., 9, Dnipro, 49044, Ukraine
 *e-mail: korpus@dsma.dp.ua

Цитування: *Медичні перспективи.* 2022. Т. 27, № 3. С. 115-121

Cited: *Medicni perspektivi.* 2022;27(3):115-121

Ключові слова: реконструктивна хірургія, негативний тиск, перфорантні клапті, донорські ділянки, динамічна термографія, кровопостачання

Key words: reconstructive surgery, negative pressure, perforating flaps, donor sites, dynamic thermography, blood supply

Реферат. Вплив негативного тиску на зміни кровопостачання в донорських зонах формування перфорантних клаптів. Бадюл П.О., Корпусенко О.І., Нор Н.М., Корпусенко І.В., Руденко О.І. В основу цього дослідження було покладено встановлення нормативних показників дії негативного тиску на шкіру стегна. Для цього була обстежена група здорових добровольців – 35 осіб: 17 жінок і 18 чоловіків у віці від 19 до 58 років. Дослідження проводилось на клінічній базі опікового центру у 2020-2021 рр. Місцевий вакуум створювався за допомогою апарата негативного тиску «АГАТ-Днепр» шляхом накладання срібловмістної поліуретанової губки безпосередньо на передню поверхню стегна. Застосовувався тиск (P) – 110-160 мм рт. ст. протягом 30 хвилин. Моніторинг перфузії тканин виконували методом лазерної доплерівської флоуметрії та тепловізійного дослідження. Вимірювання проводились до вакуум-дії, відразу після закінчення застосування негативного тиску, протягом трьох діб в один і той же час, в умовах постійної температури. За результатами проведеного кластерного аналізу, на підставі дії негативного тиску на шкіру стегна були виділені пацієнти з трьома типами реакції – низькою, середньою та високою змінами перфузії. Найвищими темпами збільшувався рівень перфузії об'єму тканини за одиницю часу: у групі високої перфузії на 45,56 (95% ДІ 42,09-51,96) PU; у групі середньої перфузії – на 22,49 (95% ДІ 19,93-28,99) PU; у групі низької перфузії – на 22,43 (95% ДІ 15,90-25,13) PU. Середніми темпами змінювалася кількість еритроцитів в одиниці тканини: у групі високої перфузії на 57,77 (95% ДІ 53,05-62,48) AU; у групі середньої перфузії – на 55,86 (95% ДІ 49,62-65,06) PU; у групі низької перфузії – на 34,85 (95% ДІ 13,19-53,55) PU. Серед обстежених до групи низької перфузії потрапило 12 осіб (34,29%), до середньої – 16 осіб (45,71%) та до високої – 7 осіб (20,0%). До ВАК-дії висхідний рівень температури шкіри стегна T_1 коливався від 28,60 до 32,90°C і становив у середньому 31,46 (95% ДІ 30,97-31,95)°C. Відразу після закінчення дії негативного тиску збільшувалась площа полів підвищення локальної температури шкіри, середній рівень температури коливався від 30,60 до 35,0°C і в середньому T_2 становив 33,59 (95% ДІ 33,16-34,01)°C. Підвищення температури відбулося в середньому на 2,13 (95% 1,72-2,54)°C, що відповідало підвищенню на 6,77% з високозначущими ($p < 0,001$) статистичними розбіжностями. Лише в 1 обстеженого визначалося несуттєве зниження температури шкіри стегна з 31,9 до 31,6°C, у решти обстежених визначалося підвищення температури максимально на 6,4°C, з 28,6 до 35,0°C, у 9 осіб (25,71%) визначалося підвищення температури на 2°C та більше. Через 24 години спостерігалось підвищення локальної температури тіла у всіх досліджуваних (100%), через 48 годин у 25 (71,43%), а через 72 години у 21 досліджуваного (60,0%). При виборі донорської ділянки перфорантного клаптя рекомендуємо спиратися на зони, що будуть відноситися до групи показників з високою перфузією. Згідно з проведеним аналізом, до групи високої перфузії будуть потрапляти пацієнти з початковим середнім рівнем перфузії в донорських ділянках за одиницю часу 15,84 (14,47-17,21) PU, кількістю еритроцитів в одиниці тканини 58,73 (53,44-64,02) AU; до середньої, відповідно, з показниками F – 14,36 (13,0-15,73) PU, C – 45,37 (39,74-51,0) AU; до групи низької перфузії, відповідно, – з F – 12,38 (10,74-14,0) PU, C – 43,89 (40,18-47,61) AU. Дія негативного тиску в цілому сприяє посиленню перфузії та локальної мікроциркуляції в тканинах, про що свідчать дані динамічної інфрачервоної термографії: збільшення «сарячих» полів шкіри, підвищення температури з градієнтом температур $\Delta T_{2,1} = 2,13$ (95% 1,72-2,54)°C та показники лазерної доплерівської флоуметрії – збільшення перфузії у 2,42 раза ($p < 0,001$).

Abstract. Influence of negative pressure on changes in blood supply in donor zones of perforant flaps formation. Badiul P.O., Korpusenko O.I., Nor N.M., Korpusenko I.V., Rudenko O.I. Our study is based on the establishment of normative indicators of the effect of negative pressure on the skin of the thigh. To do this, a group of healthy volunteers was examined – 35 people: 17 women and 18 men aged 19 to 58. The study was conducted on the clinical basis of the burn centre in 2020-2021. The local vacuum was created using a negative pressure device “AGAT-Dnepr” by applying a silver-containing polyurethane sponge directly on the front surface of the thigh. The pressure (P) – 110-160 mmHg has been applied for 30 minutes. Tissue perfusion was monitored by laser Doppler flowmetry and thermal imaging research. Measurements were performed before vacuum, immediately after the end of the application of negative pressure, for three days at the same time at a constant temperature. According to the results of the cluster analysis, based on the effect of negative pressure on the thigh skin, patients with three types of reactions were identified – low, medium and high perfusion changes. The perfusion level of tissue volume per unit time increased the most rapidly: in the group of high perfusion by 45.56 (95% CI 42.09-51.96) PU; in the group of average perfusion – by 22.49 (95% CI 19.93-28.99) PU; in the low perfusion group – by 22.43 (95% CI 15.90-25.13) PU. The number of erythrocytes per unit tissue changed at a medium rate: in the high perfusion group by 57.77 (95% CI 53.05-62.48) AU; in the group of average perfusion – by 55.86 (95% CI 49.62-65.06) PU; in the low perfusion group – by 34.85 (95% CI 13.19-53.55) PU. Among those surveyed, 12 people were included in the low perfusion group (34.29%), 16 people in the medium perfusion group (45.71%) and 7 people in the high perfusion group (20.0%). Before VAC-action the ascending level of thigh skin temperature T_1 ranged from 28.60 to 32.90°C and averaged 31.46 (95% CI 30.97-31.95)°C. Immediately, after the offset of the negative pressure the area of the fields of local skin temperature rise increased, the average temperature level ranged from 30.60 to 35.0°C and the average T_2 was 33.59 (95% CI 33.16-34.01)°C. The temperature rise occurred on average by 2.13 (95% 1.72-2.54)°C, which corresponded to an increase of 6.77% with significant ($p<0.001$) statistical differences. Only 1 examined had a slight decrease in the temperature of the thigh skin from 31.9 to 31.6°C, in the rest of the examined the rise was by 6.4°C maximally, from 28.6 to 35.0°C, there was a temperature rise by 2°C or more degrees among 9 people (25.71%). After 24 hours there was a rise in local body temperature among all examined (100%), after 48 hours – among 25 (71.43%), and after 72 hours – among 21 examined (60.0%). When choosing a donor site of the perforant flaps, we recommend relying on areas which will belong to the group of indicators with high perfusion. According to the analysis, the group of high perfusion will include patients with an initial average level of perfusion in the donor areas per unit time of 15.84 (14.47-17.21) PU, the number of erythrocytes per unit tissue – 58.73 (53.44-64.02) AU and skin temperature – 29.23 (28.65-29.80)°C; to the average according to F rates – 14.36 (13.0-15.73) PU, C rates – 45.37 (39.74-51.0) AU, T rates – 28.17 (27.74-28.60)°C; to the group of low perfusion, respectively, according to F rates – 12.38 (10.74-14.0) PU, C rates – 43.89 (40.18-47.61) AU, T rates – 29.79 (29.17-30.40)°C. In general, the effect of negative pressure contributes to increased perfusion and local microcirculation in tissues, as evidenced by dynamic infrared thermography: increased “hot” skin fields, increased temperature with a temperature gradient $\Delta T_{2,1}=2.13$ (95% 1.72-2.54)°C and for indicators of laser Doppler flowmetry – increase in perfusion by 2.42 times ($p<0.001$).

Головним стратегічним завданням сучасної пластичної хірургії є швидке та функціональне відновлення дефектів тканин, яке на сьогоднішній день ґрунтується на використанні перфорантних клаптів та результатів дослідження кровопостачання окремих ділянок шкіри – перфорасом [1, 2, 3]. Незважаючи на значні успіхи реконструктивної хірургії, розвиток мікрохірургії, невдачі при пересадці перфорантних клаптів у післяопераційному періоді зустрічаються досить часто [4, 5, 6]. Так, лише ішемічні проблеми у вільних пересаджених клаптях виникають у 5-13% випадків, а частота часткових некрозів клаптів, переміщених на ніжках, досягає 18,2% [7, 8]. Для вирішення цих проблем було запропоновано багато способів. Однак малий діаметр перфорантних судин вимагає нових підходів і методів. Певний інтерес викликають дослідження дії негативного тиску на кровопостачання шкіри донорських зон [9, 10, 11]. За даними літератури, головним патогенетичним механізмом дії негативного тиску вважається зміна місцевого кровообігу [12, 13, 14], в основі якого лежить здатність вакууму створювати спрямований рух рідини, який

забезпечує оптимальні умови для локальної мікроциркуляції [15]. Ділянка стегна є найбільш простою донорською зоною за рахунок значних запасів шкіри і м'яких тканин, що забезпечує легку її ліквідацію. Саме тому в пластичній хірургії широко використовують саме цю ділянку для взяття вільних мікрохірургічних клаптів, таких як антеролатеральний клапоть стегна (ALT-клапоть) або діагональний грациліс клапоть стегна (DUG-клапоть). У той же час, якщо є необхідність у ревазуляризації відкритих і первинно інфікованих глибоких анатомічних структур, у цій ділянці можуть бути використані перфорантні локальні пропелер, keystone-клапті або вільна пересадка з віддалених донорських ділянок [15, 16, 17].

Мета – оцінка ефективності дії негативного тиску на кровопостачання шкіри потенційних донорських зон формування перфорантних клаптів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В основу цього дослідження було покладено встановлення нормативних показників дії негативного тиску на шкіру стегна. Робота мала характер доклінічного прелімінарного дослідження. Була обстежена група здорових добровольців (ГЗД) –

35 осіб: 17 жінок і 18 чоловіків у віці від 19 до 58 років. Дослідження проводилось на клінічній базі опікового центру у 2020-2021 рр. Місцевий вакуум (ВАК-дія) створювався за допомогою апарата негативного тиску «АГАТ-Днепр» шляхом накладання срібловмісної поліуретанової губки безпосередньо на передню поверхню стегна. Застосовувався тиск (P) – 110-160 мм рт. ст. протягом 30 хвилин. Губку розміром 10×10 см накладали на передню поверхню стегна, потім усю ділянку покривали та герметизували прозорою клейкою мембраною, яку перфоровали для приєднання дренажної трубки, з'єднаної з апаратом для вакуум-терапії. Апарат відкачував повітря із замкненого простору, створював негативний тиск. Моніторинг перфузії тканин виконували методом лазерної доплерівської флоуметрії (ЛДФ) апаратом MOOR VMS – LDF, визначали рівень перфузії в тканинах F (PU), капілярний кровообіг C (AU). Також проводилось тепловізійне дослідження за допомогою тепловізора Flir ONE (USA) для смартфонів та планшетів на базі Android [5].

Здійснювалась динамічна інфрачервона термометрія (ДІТ). Вимірювались такі показники: T_1 – висхідний рівень температури шкіри стегна у °С; T_2 – рівень температури в післяваккумний період у °С; $\Delta T_{2,1}$ – різниця відповідних температур ($T_2 - T_1$) у °С.

Для визначення особливостей дії негативного тиску на донорські зони в різних обстежених та для виділення однотипних груп було проведено кластерний аналіз і метод k-середніх. Оцінка статистичної значущості відмінностей між виділеними групами (кластерами) здійснювалась за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу ANOVA. За умов нормального розподілу для порівняння кількісних ознак у двох групах використовували

двосторонній t-тест (критерій Стьюдента) з урахуванням гомо-/гетерогенності дисперсій.

Дослідження схвалено комісією з питань біомедичної етики ДДМУ та проведено відповідно до принципів біоетики, викладених у Гельсінській декларації «Етичні принципи медичних досліджень за участю людей» та «Загальній декларації про біоетику та права людини (ЮНЕСКО)». Усі пацієнти підписали інформовану згоду на дослідження.

Статистична обробка даних проводилась за допомогою персонального комп'ютера з використанням програмних продуктів STATISTICA 6.1 (StatSoftInc., серійний № AGAR909E415822FA) та Microsoft Excel (Microsoft Office 2016 Professional Plus, Open License 67528927) з використанням методів описової й аналітичної біостатистики та багатовимірних методів статистичного аналізу.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Вимірювання проводилось після 20-30-хвилинної адаптації досліджуваної особи до температурних умов середовища у положенні лежачи в приміщенні з постійною температурою 19-21°C, до вакуум-дії, відразу після закінчення застосування негативного тиску та протягом трьох діб, в один і той же час (з 10 до 11.00), в умовах постійної температури в кімнаті. Для визначення особливостей дії негативного тиску на донорські зони в різних обстежених та для виділення однотипних груп було проведено кластерний аналіз. Спочатку виконувався ієрархічний алгоритм кластеризації з процедурою побудови дендрограм, що дозволяло візуально визначити оптимальну кількість у три кластери з максимальною різницею між показниками перфузії шкіри стегна (рис. 1.)

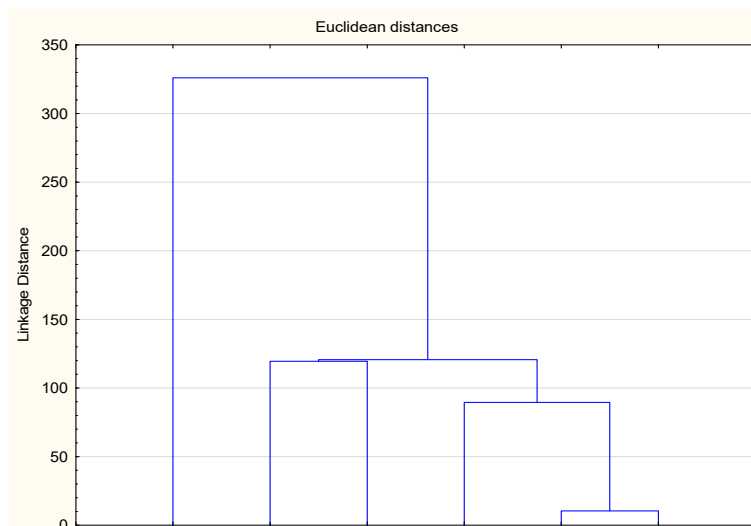


Рис. 1. Дендрограма ієрархічної кластеризації обстеженої ГЗД (n=35) за показниками перфузії шкіри стегна

До першого кластеру, з порівняно вищими показниками до початку впливу негативного тиску та зміни рівня перфузії в шкірі стегна, увійшли обстежені, що мали більш високі показники перфузії об'єму тканини за одиницю часу та кількості еритроцитів в одиниці тканини. До третього кластеру увійшли обстежені з найбільш низькими показниками перфузії шкіри

стегна за даними ЛДФ. І відповідно, до другого кластеру потрапили добровольці із середніми значеннями досліджених показників.

За результатами проведеного кластерного аналізу, на підставі дії негативного тиску на шкіру стегна ми виділили пацієнтів з трьома типами реакції – низькою, середньою та високою змінами перфузії (табл. 1).

Таблиця 1

**Зміни перфузії шкіри стегна за даними ЛДФ у ГЗД (n=35)
за виділеними кластерами (М та 95% ДІ)**

Показники М (95 % ДІ)	Кластер 1 Висока перфузія n=7		Кластер 2 Середня перфузія n=16		Кластер 3 Низька перфузія n=12		p
	до ВАК-дії	після ВАК-дії	до ВАК-дії	після ВАК-дії	до ВАК-дії	після ВАК-дії	
F (PU)	15,84 (14,47-17,21)	61,40 (59,15-63,65)	14,36 (13,0-15,73)	36,74 (30,52-43,06)	12,38 (10,74-14,0)	34,87 (28,03-41,71)	<0,001
C (AU)	58,73 (53,44-64,02)	116,5 (109,76-123,24)	45,37 (39,74-51,0)	101,23 (95,37-107,10)	43,89 (40,18-47,61)	78,74 (61,0-96,48)	<0,001

Примітки: F (Flux) – рівень перфузії об'єму тканини за одиницю часу в перфузійних одиницях; C (Conc) – кількість еритроцитів в одиниці тканини в довільних одиницях; p – розбіжності між кластерами в змінах показника за однофакторним дисперсійним аналізом ANOVA.

Найвищими темпами збільшувався рівень перфузії об'єму тканини за одиницю часу: у групі високої перфузії на 45,56 (95% ДІ 42,09-51,96) PU; у групі середньої перфузії – на 22,49 (95% ДІ 19,93-28,99) PU; у групі низької перфузії – на 22,43 (95% ДІ 15,90-25,13) PU.

Середніми темпами змінювалася кількість еритроцитів в одиниці тканини: у групі високої перфузії на 57,77 (95% ДІ 53,05-62,48) AU; у групі середньої перфузії – на 55,86 (95% ДІ 49,62-65,06) AU; у групі низької перфузії – на 34,85 (95% ДІ 13,19-53,55) AU.

Оцінка статистичної значущості відмінностей між виділеними групами (кластерами) за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу ANOVA показала значущі відмінності (p<0,001) за всіма проаналізованими змінними, як до, так і після дії негативного тиску, та різниці отриманих значень.

У подальшому такі показники тримались протягом однієї доби в досліджуваних з вихідними показниками низької перфузії, протягом двох діб у досліджуваних з середньою перфузією і протягом трьох діб відповідно в осіб з високою перфузією.

Серед обстежених до групи низької перфузії потрапило 12 осіб (34,29%), до середньої – 16 осіб (45,71%) та до високої – 7 осіб (20,0%).

Отже, розподіл обстежених практично здорових добровольців у кластери за показниками перфузії шкіри стегна дозволив виділити групи низької, середньої та високої перфузії, які зберігали свої показники в темпах приросту індикаторів та в довготривалій динаміці.

Згідно з проведеним аналізом, до групи високої перфузії можливо включати пацієнтів з початковим середнім рівнем перфузії об'єму тканини за одиницю часу 15,84 (14,47-17,21) PU, кількістю еритроцитів в одиниці тканини 58,73 (53,44-64,02) AU; до середньої, відповідно, – з показниками F – 14,36 (13,0-15,73) PU, C – 45,37 (39,74-51,0) AU; до групи низької перфузії, відповідно, – з F – 12,38 (10,74-14,0) PU, C – 43,89 (40,18-47,61) AU.

Одночасно з ЛДФ у групі контролю проводились дослідження за допомогою інфрачервоного тепловізора – динамічна інфрачервона термографія (ДІТ).

До ВАК-дії висхідний рівень температури шкіри стегна T₁ коливався від 28,60 до 32,90°C і становив у середньому 31,46 (95% ДІ 30,97-31,95)°C (табл. 2).

Відразу після закінчення дії негативного тиску збільшилась площа полів підвищення локальної температури шкіри, середній рівень температури коливався від 30,60 до 35,0°C і в середньому T₂ становив 33,59 (95% ДІ 33,16-34,01)°C (рис. 2).

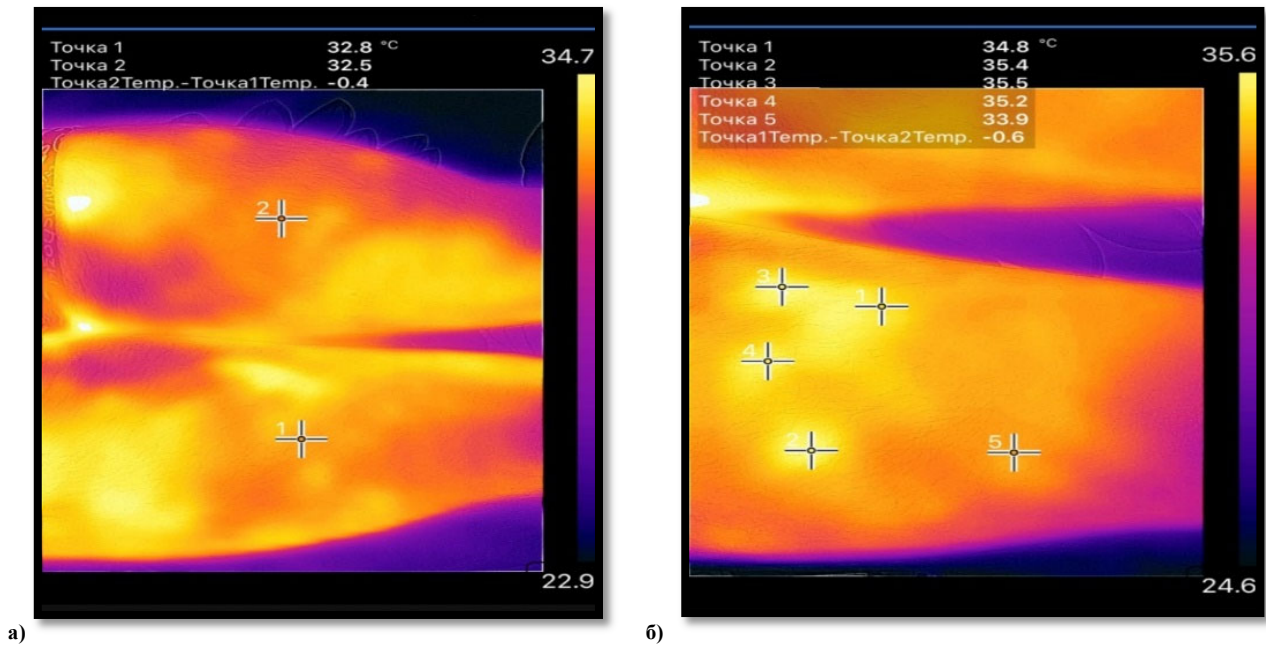


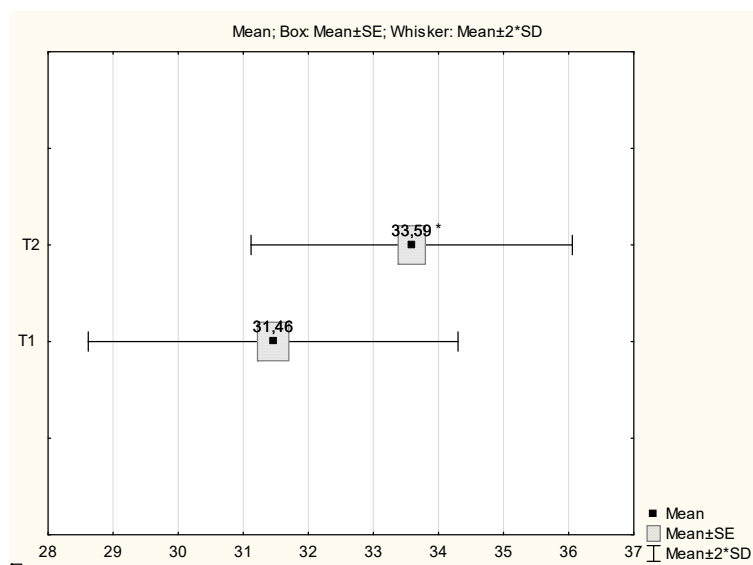
Рис. 2. ДІТ передньої поверхні стегон до (а) й після (б) дії негативного тиску

Підвищення температури відбулося в середньому на 2,13 (95% 1,72-2,54)°C, що відповідало підвищенню на 6,77% з високозначущими ($p < 0,001$) статистичними розбіжностями (рис. 3).

Лише в 1 обстеженого визначалося несуттєве зниження температури шкіри стегна з 31,9 до 31,6°C, у решти обстежених визначалося підвищення температури максимально на 6,4°C, з 28,6 до 35,0°C, у 9 осіб (25,71%) визначалося підвищення температури на 2°C та більше.

Через 24 години спостерігалось збільшення гіпертермії у всіх досліджуваних (100%), через 48 годин – у 25 (71,43%), а через 72 години – у 21 досліджуваного (60,0%).

Через 24 години спостерігалось підвищення локальної температури тіла у всіх досліджуваних (100%), через 48 годин – у 25 (71,43%), а через 72 години – у 21 досліджуваного (60,0%).



* – $p < 0,001$ порівняно з рівнем до ВАК-дії.

Рис. 3. Зміни середніх значень температури шкіри стегна в обстежених ГЗД (n=35) за даними ДІТ (середня арифметична, середня похибка та стандартне відхилення)

**Зміни температури шкіри стегна
за даними динамічної інфрачервоної термографії в ГЗД (n=35)**

Показники	Рівень температури до та після ВАК-дії				Зміни температури $\Delta T_{2,1}$ (°C)		p
	Мін - Макс	M	SD	95 % ДІ	M (95 % ДІ)	+/- у % до M	
T ₁ (°C)	28,60 - 32,90	31,46	1,42	30,97 - 31,95	2,13 (1,72 - 2,54)	+6,77	<0,001
T ₂ (°C)	30,60 - 35,0	33,59	1,23	33,16 - 34,01			

Примітки: T₁ – вихідний рівень температури шкіри стегна у °C; T₂ – рівень температури в післявакuumний період у °C; $\Delta T_{2,1}$ – різниця відповідних температур (T₂-T₁) у °C; p – розбіжності в динаміці за T критерієм Стьюдента для повторних вимірів.

Незважаючи на поліпшення розуміння кровопостачання шкіри, недостатність перфорантного клаптя залишається серйозною проблемою. Основною причиною некрозу шкірного клаптя є недостатній артеріальний кровотік поряд з порушенням венозним відтоком, що також є причиною недостатнього кровопостачання й подальшої недостатності клаптя [16, 17, 18]. Вакуум-терапія (Vacuum-assisted closure, VAC) – один з методів терапії, що застосовується для поліпшення загоєння ран. Він використовується як для первинного лікування хронічних та ускладнених ран, так і для підготовки рани до операції. Ця методика зараз широко та успішно застосовується в більшості клінік, хоча повністю фізіологічні основи цього методу не до кінця зрозумілі. VAC була розроблена співробітниками медичного університету Wake Forest (США) у 90-х роках ХХ ст. як альтернативний метод лікування пацієнтів з хронічними ранами та супутньою патологією. Це додатковий метод лікування, в якому використовується негативний тиск для видалення ексудату з рани через герметичну пов'язку та спеціальну трубку, з'єднану з контейнером [5, 12, 16]. Під час проспективного рандомізованого клінічного дослідження впливу ефектів вакууму на стан периферичного кровотоку за допомогою ультразвукового дуплексного сканування було виявлено посилення кровотоку в інтактній шкірі стегна у відповідь на вплив негативного тиску різної інтенсивності (25-500 мм рт. ст.). Значне збільшення кровотоку виникало при тиску 300 мм рт. ст., що дозволило зробити висновок про пряму залежність ступеня й тривалості гіперемії від величини негативного тиску [11, 12, 13]. Але питання оптимального рівня негативного тиску та режиму його підтримки для цього ефекту залишається відкритим. Описано ефект ВАК-терапії (-125 мм рт. ст.) на трансплантатах, що

погано кровопостачаються. Виявлено значне прискорення приживлення трансплантатів, менша втрата тканин порівняно з групою ВАК-терапії та контролю. Також є дані про 100% приживлення трансплантату при критичному зниженні кровопостачання за допомогою ВАК – 100 мм рт. ст. у переривчастому режимі [16]. До цих пір до кінця не зрозумілі механізми посилення кровотоку за різної тривалості застосування ВАК-терапії. Головний патогенетичний механізм дії низькодозованого негативного тиску полягає в зміні місцевого кровообігу, в основі якого лежить здатність низького вакууму створювати спрямований рух рідини, що забезпечує оптимальні умови існування локальної мікроциркуляції [9, 10, 11]. На нашу думку, дія негативного тиску є важливим фактором посилення кровотоку в перфорасомах, що сприяє збільшенню динамічних зон за рахунок «відкриття» перфорантів другого й третього рівня.

ВИСНОВКИ

1. Розподіл обстежених практично здорових добровольців у кластери за показниками перфузії шкіри стегна дозволив виділити групи низької, середньої та високої перфузії, які зберігали свої показники в темпах приросту індикаторів та в довготривалій динаміці.
2. При виборі донорської ділянки перфорантного клаптя слід спиратися на зони, що будуть відноситися до групи показників з високою перфузією.
3. Дія негативного тиску в цілому сприяє посиленню перфузії та локальної мікроциркуляції в тканинах, про що свідчать дані динамічної інфрачервоної термографії: збільшення «гарячих» полів шкіри, підвищення температури з градієнтом температур $\Delta T_{2,1}=2,13$ (95% 1,72-2,54)°C та показники лазерної доплерівської флоуметрії – збільшення перфузії у 2,42 раза (p<0,001).

Внески авторів:

Бадюл П.О. – концептуалізація;
 Корпусенко О.І. – дослідження, курація даних;
 Нор Н.М. – ресурси, формальний аналіз, написання – початковий проєкт;
 Корпусенко І.В. – перевірка;

Руденко О.І. – методологія, програмне забезпечення.

Фінансування. Дослідження не має зовнішніх джерел фінансування.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

REFERENCES

1. Sliesarenko SV, Badiul PO. [Perforator flaps in reconstructive surgery]. Atlas. Dnipro: ART-PRESS; 2021. Ukrainian.
2. Paik JM, Pyon JK. Risk Factor Analysis of Free-style Propeller Flaps. *J Reconstr Microsurg.* 2017;33:26-31. doi: <https://doi.org/10.1055/s-0036-1586748>
3. Sliesarenko SV, Badiul PO, Hong JP, Sliesarenko KS, Korpusenko EI. [Basic principles and modern reconstruction algorithm for combined injuries of the lower extremities]. *Plastic, reconstructive and aesthetic surgery.* 2017;(3-4):49-74. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.1097/GOX.0000000000000736>
4. Hong Joon Pio, Changsik John Park, Hyunsuk Peter Suh. Importance of Vascularity and Selecting the Recipient Vessels of Lower Extremity Reconstruction. *Journal of Reconstructive Microsurgery.* [Internet]. 2021:72-74. [cited 2021 Oct 09]. doi: <https://doi.org/10.1055/b-0041-179911>
5. Sliesarenko SV, Badiul PO, Korpusenko EI, Nor NM, inventors. [Method of preoperative preparation of donor zones for plastics of defects of covering tissues]. Ukrainian patent 143213, UA, IPC A61B 5/01 (UA). 2020 July 10.
6. Della Croce FJ, Sullivan SK, Talavera Fr, Long James Neal. Perforator Flap Breast Reconstruction Treatment & Management. [Internet]. 2019 [cited 2021 Oct 09]. Available from: <https://www.medscape.com/answers/1276406-164050/what-are-the-possible-complications-of-perforator-flap-breast-reconstruction#qna>
7. Koshima I. [Perforator flaps concept, history and evolution of the use of anterolateral thigh flap (ALT)]. *Reconstructive and plastic surgery issues.* 2020;73(2):5-12. Russian.
8. Badiul PO, Sliesarenko SV. [Reconstruction of extensive soft tissue defects using an anterolateral thigh perforator flap]. *Surgery of Ukraine.* 2017;(3):12-19. Ukrainian.
9. Badiul PA, Sliesarenko SV, Rudenko OI. [Influence of negative pressure on the state of interperforating anastomoses and preoperative preparation of the donor zone of perforating flaps]. *Plastic, reconstructive and aesthetic surgery. Abstracts of the 5th VAPREH Congress.* Kyiv; 2019. Ukrainian.
10. Badiul P, Sliesarenko S, Rudenko O. [Cutaneous Negative Pressure Application as the method of improving microcirculation in the donor site of the perforator flap]. *Chirurgia plastyczna i oparzenia.* 2019;7(3):115. Ukrainian.
11. Badiul PO, Sliesarenko SV, Saliaiev MG, Kriachkova LV. [Hypnosis Influence on the Perfusion in Perforator Flaps in Early Postoperative Period: A Series of 18 Cases]. *Plastic and Reconstructive Surgery. Global Open.* 2019;11(7):e2491. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.1097/GOX.00000000000002491>
12. Yin Y, Zhang R, Li S, Guo J, Hou Z, Zhang Y. Negative-pressure therapy versus conventional therapy on split-thickness skin graft: A systematic review and meta-analysis. *Int. J. Surg.* 2018;50:43-48. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2017.12.020>
13. Badiul P, Sliesarenko S, Cherednichenko N, Rudenko O. CT angiography and dynamic thermography in the perforator flaps preplanning. The 4-th Congress of APFSRM and WSRM Symposium. Turkey: Antalya. 2018 May 09-13. Ukrainian.
14. Cherednichenko NA, Badiul PA, Sliesarenko SV, Kulikova FI, Rudenko OI. [Dynamic infrared thermography in planning lower limb reconstructive surgery]. *Radiation diagnostics, radiation therapy.* 2017;4:54-58. Ukrainian.
15. Badiul PO, Sliesarenko SV, Cherednychenko NO, Morgun OV. Efficiency Assessment of Multidetector-Row Computed Tomographic Angiography Using Reconstruction With Locoregional Perforator Flaps. *Plastic Surgery.* 2021 June. doi: <https://doi.org/10.1177/22925503211024750>
16. Badiul PO, Samoilenko GE, Nor NM, Sliesarenko KS. [Possibilities of application of vacuum therapy at disturbances of venous outflow in islet flaps]. *Clinical surgery.* 2015;7:52-54. Ukrainian.
17. Taylor GI, Corlett RJ, Dhar SC, Ashton MW. The anatomical (angiosome) and clinical territories of cutaneous perforating arteries: Development of the concept and designing safe flaps. *Plastic and Reconstructive Surgery.* 2011;127(4):1447-59. doi: <https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e318208d21b>
18. Tenekeci G. Perforator Flaps: Principles and Techniques. [Internet]. 2017 [cited 2021 Oct 09]. doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.71270>

Стаття надійшла до редакції
20.10.2021