

Ангіосомна концепція при ревазуляризації артерій гомілки та стопи у хворих із цукровим діабетом

Ю. М. Гупало¹, Д. Ю. Шаповалов¹, В. В. Шапринський¹, О. Ф. Дзигал²,
А. В. Шамрай-Сас¹, А. М. Куцин¹

¹Науково-практичний центр профілактичної та клінічної медицини Державного управління справами, м. Київ,
²Одеський національний медичний університет

The angiosome concept in revascularization of the shin and foot arteries in patients with diabetes mellitus

Yu. M. Gupalo¹, D. Yu. Shapovalov¹, V. V. Shaprynskyi¹, O. F. Dzygal²,
A. V. Shamray-Sas¹, A. M. Kucyn¹

¹Scientific-Practical Centre of Prophylactic and Clinical Medicine, Kyiv
²Odessa National Medical University

Реферат

Мета. Проаналізувати результати ревазуляризації артерій гомілки та стопи у хворих із цукровим діабетом згідно з ангіосомною концепцією.

Матеріали і методи. Проаналізовано результати рентгеноендоваскулярних втручань на 71 нижній кінцівці, виконаних у 48 хворих із цукровим діабетом та ішемією, що загрожувала втратою кінцівки. Усі пацієнти мали гнійно-некротичні ураження стопи III–IV ступеня за класифікацією WIFI (Wound, Ischemia and Foot Infection). Згідно з анатомічними зонами ревазуляризації всі рентгеноендоваскулярні втручання розподілені на три групи: 1–ша група – 24 (33,8%) прямих ангіосомних ревазуляризацій, 2–га група – 38 (53,5%) непрямих ангіосомних ревазуляризацій, 3–тя група – 9 (12,7%) неангіосомних ревазуляризацій.

Результати. Встановлено, що дотримання ангіосомної концепції підвищує ймовірність збереження нижньої кінцівки (92,9%) порівняно з неангіосомною ревазуляризацією (77,8%).

Висновки. Ефективність ревазуляризації гомілкових артерій з оклюзійно-стенотичними ураженнями значно вища у разі відновлення кровотоку згідно з ангіосомною концепцією.

Ключові слова: ішемія; цукровий діабет; ревазуляризація; рентгеноендоваскулярні втручання; ангіосомна концепція; гнійно-некротичні ураження стопи.

Abstract

Objective. To analyze the results of revascularization of the shin and foot arteries in patients with diabetes mellitus in accordance to the angiosome concept.

Materials and methods. Results of roentgen-endovascular interventions on 71 lower extremities, performed in 48 patients, suffering diabetes mellitus and ischemia, menaced for the extremity loss, were analyzed. All the patients had purulent-necrotic affections of the foot Degree III–IV in accordance to classification of WIFI (Wound, Ischemia and Foot Infection). In accordance to anatomic zones of revascularization all roentgen-endovascular interventions were divided into three groups: Group I – 24 (33.8%) direct angiosomic revascularizations, Group II – 38 (53.5%) indirect angiosomic revascularizations, Group III – 9 (12.7%) nonangiosomic revascularizations.

Results. There was established, that following the angiosome concept raises possibility of preservation of the lower extremity (92.9%) comparing with nonangiosomic revascularization (77.8%).

Conclusion. Efficacy of revascularization of the shin arteries with occlusion-stenotic lesions is significantly higher while restoration of the blood flow in accordance to the angiosome concept.

Keywords: ischemia; diabetes mellitus; revascularization; roentgen-endovascular interventions; the angiosome concept; purulent-necrotic affections of foot.

Ішемічне ураження гомілки та стопи внаслідок атеросклерозу артерій у хворих із цукровим діабетом (ЦД) залишається невирішеною проблемою, і алгоритм її вирішення постійно вдосконалюється. Смертність після високих ампутацій сягає 47% упродовж двох років [1], а ризик ампутації нижньої кінцівки (НК) у пацієнтів із ЦД у 23 рази вищий, ніж у пацієнтів із суто атеросклеротичним ураженням артерій стопи та гомілки [2]. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я захворюваність на ЦД має тен-

денцію до зростання в усьому світі. Наприклад, в Україні кількість хворих із ЦД станом на 2016 р. становила 9,1% [3].

Вибір способу ревазуляризації базувався до останнього часу на єдиному визнаному світовому стандарті хірургічного підходу до ревазуляризації НК – рекомендаціях TASK–II (2007) [4].

Переважає більшість уражень артерій гомілки та стопи згідно з класифікацією TASK–II відноситься до категорії D, що передбачає відкрите оперативне втручання. Однак

розвиток рентгенендоваскулярної хірургії на сьогодні надає можливість за відповідних умов відновити кровопостачання як по магістральних артеріях до підшовної дуги включно, так і по колатеральних гілках на гомілці та стопі. Це знайшло відображення у більш сучасних рекомендаціях ESVS (European Society for Vascular Surgery, 2017) та консенсусах окремих країн [5, 6].

Одним із сучасних підходів до хірургічної реваскуляризації є застосування ангіосомної концепції, яка полягає в анатомо-фізіологічних закономірностях кровопостачання певних ділянок шкіри та підшкірної клітковини через гілки магістральних артерій, що перфорують поверхневу фасцію тіла [7]. Дотримання ангіосомної концепції дає змогу ефективно відновити кровоток у найбільш уражених ділянках [8].

За результатами хірургічного втручання мінімальним його завданням є відновлення кровотоку по магістральній артерії гомілки, в басейні якої є трофічні ураження, з обов'язковим заповненням ангіосоми, а максимальним – відновлення кровотоку по всіх магістральних артеріях гомілки із заповненням підшовної дуги. Відкритим лишається питання реваскуляризації, коли технічно неможливо відновити кровоток у потрібній магістральній артерії [9, 10].

Результати останніх мета-аналізів доводять переважну ефективність прямої ангіосомної реваскуляризації в порівнянні з непрямою [9, 11].

На підставі даних досліджень медичних центрів та установ усіх частин світу в липні 2019 р. були переглянуті підходи до лікування критичної ішемії НК та видані нові рекомендації – Global Vascular Guidelines on the Management of Chronic Limb-Threatening Ischemia [12], які містять термін «ішемія, що загрожує втратою кінцівки» (CLTI) та класифікацію ран стопи WIFI (Wound, Ischemia and Foot Infection), проте рекомендації щодо лікування хворих із ЦД та ішемічними ураженнями НК винесені за рамки цих досліджень.

Мета дослідження: проаналізувати результати реваскуляризації артерій гомілки та стопи у хворих із ЦД згідно з ангіосомною концепцією.

Матеріали і методи дослідження

Досліджено результати рентгенендоваскулярних оперативних втручань, виконаних на 71 НК у 48 хворих із ЦД та ішемією, що загрозувала втратою кінцівки (CLTI), і гнійно-некротичними ураженнями стопи III–IV ступеня за класифікацією WIFI. За гендерною ознакою розподіл хворих був таким: чоловіків – 33 (68,8%), жінок – 15 (31,2%). Середній вік пацієнтів становив 68,6 року. Пацієнтів обстежували клінічно, лабораторно, визначали регіонарний систолічний тиск (РСТ) за допомогою апарата «Минидоп» з пальчиковим датчиком 8 МГц і вираховували кісточно-плечовий індекс (КПІ) та проводили ультразвукове дуплексне сканування (УЗДС) за допомогою апаратів «Mindray M5» та «Sonoace R3».

Критерієм включення пацієнтів у дослідження було чітке визначення пульсу на підколінній артерії методом пальпації або реєстрація трифазного чи двофазного арте-

ріального кровотоку за допомогою УЗДС, прохідність загальної та глибокої стегнових артерій і відсутність стенозу більше 50%, визначена за допомогою артеріографії на стороні виконання рентгенендоваскулярного втручання за допомогою апарата «Philips Alura F920». При виконанні артеріографії артерій НК визначали локалізацію уражень стінки артерії, поширення та характер ураження, наявність прямих анастомозів між артеріями гомілки та стопи.

Рентгенендоваскулярне втручання у всіх спостереженнях виконували стандартно. Під контролем УЗДС виконували пункцію загальної стегнової артерії в дистальному напрямку та встановлювали інтродюсер «Terumo 6 F», через який вводили контраст «Ультравіст 370» 20 мл зі швидкістю 4 – 6 мл/с та виконували артеріографію. Заводили гідروفільний провідник «Guide wire M 35 Terumo» з підтримкою катетера «Glidecath vertebral 5F Terumo» до зони оклюзії. Зону оклюзії проходили інтраламінарно провідником Pilot 200 компанії «Abbott» або «Hydro-Track Medtronic» з підтримкою балон-катетера Teracross (Terumo) відповідного розміру. У разі неможливості проходження з підтримкою балон-катетера використовували Micro Catheter компанії «Micro Therapeutics EV3». Після заведення та позиціонування балон-катетера в зоні оклюзії чи стенозу виконували ангіопластику. Після видалення катетера виконували контрольну артеріографію та оцінювали відновлення кровотоку в басейні ангіосоми та НК у цілому.

За результатами реваскуляризації рентгенендоваскулярні втручання згідно з ангіосомною концепцією розподілили на три групи. До 1-ї групи включили 24 (33,8%) рентгенендоваскулярних втручань, виконаних з відновленням кровотоку по ангіосомній артерії, яка прямо кровопостачає рану (direct angiosome revascularization “wound-related artery”), у 17 пацієнтів. До 2-ї групи включили 38 (53,5%) рентгенендоваскулярних втручань, виконаних з відновленням кровотоку по неангіосомній артерії, але був прямий зв'язок з ангіосомною артерією через сполучну гілку (non-direct angiosome revascularization), у 24 пацієнтів. До 3-ї групи включили 9 (12,7%) рентгенендоваскулярних втручань, виконаних з відновленням кровотоку по неангіосомній артерії, але не було виявлено прямого зв'язку з ангіосомною артерією (non-angiosomal revascularization), у 7 пацієнтів.

Терміни спостереження становили 2, 6 міс і 1 рік.

Результати

На всіх НК виявлено середній показник РСТ на передній великогомілкової артерії, який становив (167 ± 21) мм рт. ст., на задній – (164 ± 18) мм рт. ст., на артерії великого пальця – (157 ± 22) мм рт. ст. Величина КПІ у середньому становила $1,3 \pm 0,2$. Винятком були 5 НК 3-ї групи, на яких за допомогою апарата «Минидоп» ехо-сигнал не визначався. За допомогою УЗДС прохідність тильної артерії стопи та задньої великогомілкової артерії на рівні кісточок на цих кінцівках не виявлена. Це дає підстави стверджувати, що РСТ на інших 4 кінцівках виміряно на колатеральній артерії стопи.

У всіх хворих за допомогою УЗДС встановлено оклюзійно–стенотичне ураження артерій гомілки, тип кривої доплерівського спектру на артеріях стопи відповідав кровотоку зі зниженим периферійним опором ($RI < 0,83$) та був виявлений на 32 (51,6%) кінцівках. Високорезистентний тип кровотоку з високим периферійним опором ($RI=1,0$) виявили також на 32 (51,6%) кінцівках.

Загоєння трофічних уражень оцінювали лише за фактом їх загоєння або незагоєння, оскільки на терміни загоєння впливають багато факторів: поширення та глибина трофічних змін кінцівки, хірургічна та терапевтична тактика лікування пацієнта, вік, стать, наявність супутніх захворювань тощо.

Після рентгенендоваскулярних втручань, включених до 1–ї групи, впродовж післяопераційного лікування загоїлися рани стопи, I–III пальців на 13 (54,2%) кінцівках, у декількох ангіосомних ділянках – на 7 (28%), в області підшовної поверхні п'яти та II–V пальців і I–V пальців та тильної поверхні стопи – на 3 (12,5%). Повторні хірургічні втручання виконували через неспроможність загоєння трофічних змін для покращення кровопостачання на 2 (8,3%) уражених НК. Висока ампутація через розповсюдження некрозу проксимально ураженої стопи виконана на 1 (4,2%) кінцівці. Через 1 міс середній показник PCT на прямій ангіосомній артерії становив (150 ± 9) мм рт. ст., на артерії великого пальця – (121 ± 8) мм рт. ст. Величина КПП в середньому становила $0,9 \pm 0,1$.

Після рентгенендоваскулярних втручань, включених до 2–ї групи, впродовж післяопераційного лікування загоїлися рани I пальця стопи на 10 (26,3%) кінцівках, рани після ампутації I пальця стопи – на 14 (36,8%), рани I–V пальців та тильної поверхні стопи – на 3 (7,9%), рани після виконання передньої резекції стопи – на 9 (23,7%). Виконана висока ампутація на 2 (5,3%) НК через розповсюдження некрозу та незагоєння рани стопи. Через 1 міс після виконання непрямої ангіосомної реваскуляризації через задню великогомілку артерію на 9 (23,7%) НК середній показник PCT на передній великогомілковій артерії становив (100 ± 7) мм рт. ст., на артерії великого пальця – (40 ± 8) мм рт. ст. Величина КПП в середньому становила $0,8 \pm 0,1$. Після виконання непрямої ангіосомної реваскуляризації через малоогомілку артерію на 24 (36,3%) НК середній показник PCT на передній великогомілковій артерії становив (147 ± 18) мм рт. ст., на задній – (60 ± 8) мм рт. ст. Після виконання непрямої ангіосомної реваскуляризації через передню великогомілку артерію на 5 (13,2%) НК середній показник PCT на передній великогомілковій артерії становив (147 ± 18) мм рт. ст., на артерії великого пальця – (50 ± 8) мм рт. ст., на задній великогомілковій артерії – (90 ± 8) мм рт. ст.

Упродовж післяопераційного лікування відбулося загоєння рани на 7 (77,8%) НК, на яких рентгенендоваскулярне втручання виконали з відновленням кровотоку по неангіосомній артерії, виконано високу ампутацію на 2 (22,2%) НК.

Узагальнивши дані проведеного дослідження, ми встановили, що після виконання рентгенендоваскулярних

втручань на артеріях гомілки та стопи у хворих із ЦД згідно з ангіосомною концепцією протягом двох років збережено 66 (93,0%) кінцівок, виконано високу ампутацію на 5 (7,0%) кінцівках, 1 (2,1%) хворий помер.

Обговорення

На сьогодні існують певні критерії ультрасонографічних та ангіографічних даних для визначення цільової артерії для оцінки ступеня її залучення в ангіосому з метою реваскуляризації. Ангіосомна концепція не дає вичерпної відповіді щодо ролі кожної з магістральних артерій у кровопостачанні гомілки та стопи у хворих із ЦД через суб'єктивність визначення меж ангіосом.

Вибір способу реваскуляризації на практиці залежить не тільки від клінічної ситуації, а й від можливостей клініки, компетентності лікарів в особливостях патології, досвіду хірургів у виконанні окремих видів втручань. Тому створення алгоритмів для підвищення ефективності реваскуляризації гомілки та стопи є на сьогодні актуальним завданням.

У дослідженні SPINACH [13] було виділено 5 груп факторів, які треба враховувати, плануючи стратегію реваскуляризації: судинні фактори, стан стопи, загальний стан пацієнта, щоденна активність пацієнта (інтелектуальний стан, ходьба), соціальні фактори (особливості організації та забезпечення медичної допомоги в різних країнах, навички судинної команди).

Урахування всіх факторів для визначення стратегії лікування визначається в рекомендаціях IWGDF (International Working Group on the Diabetic Foot) – 2019 [14] як співвідношення ризик/користь.

Як хірургічна стратегія була обрана ангіосомно спрямована реваскуляризація (Angiosome–Targeted Revascularization). Ми намагались відновити кровоток по прямій ангіосомній магістральній артерії гомілки із заповненням ангіосоми (Direct Revascularisation). За відсутності умов виконували ангіопластику неангіосомної магістральної артерії (Indirect Revascularisation), бажано разом з потужною гілкою до ураженої ангіосоми (Wound–Direct Artery).

Вибираючи методику реваскуляризації, ми в першу чергу розглядали можливість рентгенендоваскулярного втручання – «Angiosome–first strategy».

Ангіографія є високоінформативним діагностичним методом і досі залишається «золотим стандартом» діагностики захворювань периферичних артерій. Ангіографічне дослідження може безпосередньо переходити в процедуру реваскуляризації без суттєвого підвищення інвазивності втручання. Крім цього, рентгенендоваскулярна техніка дозволяє відновити кровоток у дрібних артеріях гомілки та стопи, ураження яких є характерним для ЦД. Нарешті, під час ангіопластики є постійно доступний інтраопераційний рентген–контроль її якості.

Оцінка результатів реваскуляризації була ускладнена невизначеністю меж ангіосом. Згідно з ангіосомною концепцією кров до пальців стопи надходить через дві артерії гомілки: передню та задню великогомілкові, що сполуче-

ні підшовною дугою. Питома вага пацієнтів з трофічними ураженнями пальців досить висока – 65,2%. Тому виникло питання, як оцінювати реваскуляризацію лише однієї з двох магістральних артерій. Ми порівняли між собою результати реваскуляризацій однієї та двох ангіосомних артерій. Віддалені результати загоєння протягом 1 року були простежені у 41 пацієнта. Відновлення кровотоку по одній із ангіосомних магістральних артерій виконано на 26 НК, по двох – на 16. Трофічні ураження загоїлись на 16 (61,5%) та 10 (62,5%) НК відповідно. Отримані результати дали підстави об'єднати реваскуляризацію однієї та двох магістральних артерій до групи прямих реваскуляризацій без додаткового розподілу по підгрупах.

На підставі оцінки результатів непрямой реваскуляризації немає можливості вирішити ряд питань щодо стратегії і тактики реваскуляризації гомілки та стопи. Питання тактики, коли технічно неможливо виконати реваскуляризацію цільової магістральної артерії, залишається відкритим. Попередні дані обнадійливі, але потрібні подальші дослідження із залученням більш однорідних груп щодо оцінки швидкості і середнього показника загоєння трофічних дефектів НК після реваскуляризації.

Висновки

1. Ефективність реваскуляризації гомілкових артерій із оклюзійно-стенотичними ураженнями значно вища у разі відновлення кровотоку згідно з ангіосомною концепцією.

2. Якщо неможливо дотримання ангіосомної концепції, доцільно намагатись відновити кровоток по будь-якій магістральній артерії гомілки.

Підтвердження

Фінансування. Власним коштом.

Участь кожного автора. Гупало Ю. М. – концепція і дизайн дослідження, корегування тексту, участь у виконанні операцій; Шаповалов Д. Ю. – систематизація, аналіз та опрацювання даних, написання тексту, участь у виконанні операцій; Шапринський В. В. – опрацювання даних, участь у виконанні операцій, корегування тексту; Дзигал О. Ф. – систематизація, аналіз та опрацювання даних; Шамрай-Сас А. В. – опрацювання даних, участь у виконанні операцій; Куцин А. М. – опрацювання первинних даних, участь у виконанні операцій.

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

Згода на публікацію. Усі автори прочитали і схвалили остаточний варіант рукопису. Усі автори дали згоду на публікацію цього рукопису.

References

1. Carmona GA, Hoffmeyer P, Herrmann FR, Vaucher J, Tschopp O, Lacraz A, et al. Major lower limb amputations in the elderly observed over ten years: the role of diabetes and peripheral arterial disease. *Diabetes Metab.* 2005; 31(5):449–54. PMID: 16357788 doi: 10.1016/s1262-3636(07)70215-x.
2. National diabetes audit executive summary 2009–10. [Internet]. The NHS Information Centre 2011. Available from: <https://digital.nhs.uk/data-and-information/publications/statistical/national-diabetes-audit/national-diabetes-audit-2009-10>.
3. Roglic G. WHO Global report on diabetes: A summary. *Int J Noncommun Dis Jan* 2016 1(1): 3–8. doi:10.4103/2468-8827.184853.
4. Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, Nehler MR, Harris KA, Fowkes FG; et al. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). *J Vasc Surg.* 2007;45(Suppl S):5–67. PMID: 17223489 doi: 10.1016/j.jvs.2006.12.037.
5. Halliday A, Bax JJ The 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in Collaboration With the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2018;55(3):301–2. doi: 10.1016/j.ejvs.2018.03.004. PMID: 29579461. doi:10.1016/j.ejvs.2018.03.004.
6. Aiello A, Anichini R, Brocco E, Caravaggi C, Chiavetta A, Cioni R, et al. Italian Society of Diabetes; Italian Society of Radiology; Italian Society of Vascular Endovascular Surgery. Treatment of peripheral arterial disease in diabetes: a of the Italian Societies of Diabetes (SID, AMD), Radiology (SIRM) and Vascular Endovascular Surgery (SICVE). *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2014;24(4):355–69. PMID: 24486336. doi: 10.1016/j.numecd.2013.12.007.
7. Taylor GI The angiosomes of the body and their supply to perforator flaps. *Clin Plast Surg.* 2003;30(3):331–42, v. PMID: 12916590. doi: 10.1016/s0094-1298(03)00034-8.
8. Manzi M, Cester G, Palena LM, Alek J, Candeo A, Ferraresi R. Vascular imaging of the foot: the first step toward endovascular recanalization. *Radiographics.* 2011;31(6):1623–36. doi: 10.1148/rg.316115511.
9. Huang TY, Huang TS, Wang YC, Huang PF, Yu HC, Yeh CH. Direct Revascularization With the Angiosome Concept for Lower Limb Ischemia: A Systematic Review and Meta-Analysis *Medicine (Baltimore).* 2015;94(34):e1427. doi: 10.1097/MD.0000000000001427.
10. Jongsma H, Bekken JA, Akkersdijk GP, Hoeks SE, Verhagen HJ, Fiore B Angiosome-directed revascularization in patients with critical limb ischemia *J Vasc Surg.* 2017;65(4):1208–19.e1. doi: 10.1016/j.jvs.2016.10.100.
11. Manzi M, Palena LM. Treating Calf and Pedal Vessel Disease: The Extremes of Intervention *Semin Intervent Radiol.* 2014;31(4):313–9. PMID: 25435656. doi: 10.1055/s-0034-1393967.
12. Conte MS, Bradbury AW, Kolh P, White JV, Dick F, Fitridge R, et al. GVG Writing Group for the Joint Guidelines of the Society for Vascular Surgery (SVS), European Society for Vascular Surgery (ESVS), and World Federation of Vascular Societies (WFVS). Global Vascular Guidelines on the Management of Chronic Limb-Threatening Ischemia *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2019;58(1S):1–109.e33. doi: 10.1016/j.ejvs.2019.05.006.
13. Iida O, Takahara M, Soga Y, Kodama A, Terashi H, Azuma N. Three-Year Outcomes of Surgical Versus Endovascular Revascularization for Critical Limb Ischemia The SPINACH Study (Surgical Reconstruction Versus Peripheral Intervention in Patients With Critical Limb Ischemia) on behalf of the SPINACH Investigators. *J Atheroscler Thromb.* 2020 Mar 28. doi: 10.5551/jat.54866.
14. Schaper NC, van Netten JJ, Apelqvist J, Bus SA, Hinchliffe RJ, Lipsky BA; IWGDF Editorial Board. IWGDF Guidelines on the prevention and management of diabetic foot disease *Diabetes Metab Res Rev.* 2020;36 Suppl 1:e3266. doi: 10.1002/dmrr.3266.

Надійшла 11.01.2020