

ОРИГІНАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ORIGINAL RESEARCH

УДК 617.586:616.379-008.64-002.3./4-02:616.13:616-073.75
DOI 10.11603/bmbr.2706-6290.2020.3.11416

Р. Я. Антощук¹, І. Я. Дзюбановський², А. М. Продан²

Волинський обласний госпіталь ветеранів війни¹

Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України²

АНГІОСОНОГРАФІЧНІ ПАРАЛЕЛІ ДІАГНОСТИКИ УРАЖЕННЯ АРТЕРІАЛЬНОЇ СИСТЕМИ У ПАЦІЄНТІВ ІЗ ГНІЙНО-НЕКРОТИЧНИМИ УСКЛАДНЕННЯМИ СИНДРОМУ ДІАБЕТИЧНОЇ СТОПИ

Ангіосонографічні паралелі діагностики ураження артеріальної системи у пацієнтів із гнійно-некротичними ускладненнями синдрому діабетичної стопи

Р. Я. Антощук¹, І. Я. Дзюбановський², А. М. Продан²

Волинський обласний госпіталь ветеранів війни¹
Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України²

Резюме. УЗ-доплерографія та ангіографія залишаються найефективнішими методами діагностики багаторівневого захворювання артеріальної системи нижньої кінцівки.

Мета дослідження – порівняти ефективність методів діагностики артеріальної недостатності у пацієнтів з ішемічною формою синдрому діабетичної стопи.

Матеріали і методи. Проведений аналіз використання УЗ-доплерографії та субтракційної цифрової ангіографії у 51 пацієнта, якого госпіталізували у хірургічний стаціонар Волинського обласного госпіталю ветеранів війни в період із 2015 до 2019 р. з гнійно-некротичними ускладненнями синдрому діабетичної стопи та з ознаками артеріальної недостатності. Для порівняльної оцінки ефективності кожного методу використано коефіцієнт Каппа – Коена.

Результати. За результатами порівняльного аналізу використання доплерометрії та ангіографії згідно з показниками коефіцієнта Каппа – Коена найбільше співпадання відмічено в аорто-іліаковому та клубово-стегновому сегментах, в той час як розбіжність результатів встановлена в діагностиці дистальних сегментів, особливо пацієнтів з ожирінням та вираженими запальними змінами нижньої кінцівки.

Висновки. Обидва методи візуалізації ураження артеріальної системи є ефективними з незначною перевагою ангіографії у діагностиці ураження дистальних відділів артеріального русла за результатами коефіцієнта Каппа – Коена.

Ключові слова: субтракційна цифрова ангіографія; ультразвукова доплерографія; коефіцієнт Каппа – Коена.

©Р. Я. Антощук та ін., 2020

Angio-sonographic parallels of diagnosis of arterial system lesions in patients with purulent-necrotic complications of diabetic foot syndrome

R. Ya. Antoschuk¹, I. Ya. Dziubanovskyi², A. M. Prodan²

Volyn Regional Hospital for War Veterans¹
I. Horbachevsky Ternopil National Medical University²

email: prodan@tdmu.edu.ua

Summary. Ultrasound Doppler and angiography remain the most effective methods for diagnosing multilevel disease of the arterial system of the lower extremity.

The aim of the study – to compare the effectiveness of methods for diagnosing arterial insufficiency in patients with ischemic form of diabetic foot syndrome.

Materials and Methods. An analysis of the use of ultrasound Doppler and subtraction digital angiography in 51 patients who were hospitalized in the surgical inpatient unit of the Volyn Regional Hospital for War Veterans in the period from 2015 to 2019 was performed, with purulent-necrotic complications of diabetic foot syndrome and signs of arterial insufficiency. The Cohen's kappa coefficient was used to compare the effectiveness of each method.

Results. According to the results of comparative analysis of the use of Doppler and angiography according to the Cohen's kappa coefficient, the greatest coincidence was observed in the aorto-iliac and iliac-femoral segments, while the discrepancy was found in the diagnosis of distal segments, especially in obese patients and severe inflammatory changes.

Conclusions. Both methods of visualization of lesions of the arterial system are effective with a slight advantage of angiography in the diagnosis of lesions of the distal parts of the arterial system by the Cohen's kappa coefficient.

Key words: subtraction digital angiography; ultrasound dopplerography; Cohen's kappa coefficient.

ВСТУП

Серед основних причин незадовільних результатів лікування ускладнених форм синдрому діабетичної стопи (СДС) є недооцінка ступеня ураження артеріальної системи нижньої кінцівки [6, 7]. Використання таких методів, як реовазографія, визначення кісточково-плечового індексу, дає уявлення про стан периферійної артеріальної системи, проте має клінічні обмеження у встановленні оклюзійно-стенотичних уражень магістральних судин [3]. Тому УЗ-доплерографія та ангиографія залишаються найбільш ефективними методами діагностики багаторівневого захворювання артеріальної системи нижньої кінцівки [1]. За останні роки субтракційна цифрова ангиографія та транслюмінальні способи відновлення прохідності магістральних судин стали методом вибору в діагностиці та лікуванні гемодинамічно значимих стенозів та оклюзій артерій нижніх кінцівок у пацієнтів із гнійно-некротичними ускладненнями СДС [8, 9]. Тим паче, дифузне, багаторівневе, протяжне атеросклеротичне ураження в поєднанні з медіакальцинозом є прямим показанням до застосування ангиографічних методів дослідження з їх високою точністю та специфічністю [4].

Метою дослідження було порівняти ефективність методів діагностики артеріальної недостатності у пацієнтів з ішемічною формою синдрому діабетичної стопи.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Проведений аналіз використання УЗ-доплерографії та субтракційної цифрової ангиографії у 51 пацієнта, якого госпіталізували у хірургічний стаціонар Волинського обласного госпіталю ветеранів війни в період із 2015 до 2019 р. із гнійно-некротичними ускладненнями СДС та з ознаками артеріальної недостатності. Із них з критичною ішемією нижньої кінцівки було 32 (62,76 %) осіб. У 45 (39,13 %) осіб доопераційно проведено ультразвукову візуалізацію стану артеріальної системи за допомогою апарату «Philips Clear Vue 350». У хворих встановили тип уражень артеріальної системи: дифузне ураження без гемодинамічно значимих стенозів (переважно аорто-клубовий сегмент) – 20–49 %; стенози – 50–74 %, 75–99 %; оклюзії, звертали увагу на хід артерій, наявність кальцинозу стінки, стан кровотоку в зонах біфуркації, ступінь розвитку колатералей, щільність оклюзійних мас, діаметр прохідних артерій, пікову систолічну швидкість кровотоку, максимальну кінцеву діастолічну швидкість кровотоку, середню за часом максимальну швидкість кровотоку, індекс периферичного опору, індекс пульсації, об'ємну швидкість кровотоку. Ангіографічне обстеження виконано на апараті «Allura Xper FD20» (Philips). Оцінювали анатоміч-

ну будову та особливості артеріальної системи нижньої кінцівки, розташування магістральних судин та їх колатералей, протяжність та характер оклюзії, об'єм ревазуляризаційного втручання та можливі його наслідки. Для порівняльної оцінки ефективності вибраного методу було застосовано коефіцієнт Каппа – Коена [2].

РЕЗУЛЬТАТИ Й ОБГОВОРЕННЯ

Сонографічний аналіз розпочинали з проксимальних відділів артеріального русла ураженої кінцівки. Переважно спостерігали відносно інтактні клубові артерії без гемодинамічно значимих стенозів аорто-клубових сегментів. У 16 (35,56 %) випадках ми відмітили сонографічні ознаки нерівності контуру зовнішніх клубових судин, а також їх патологічну звивистість. У 7 (15,56 %) осіб такі зміни носили двобічний характер. У 10 (22,22 %) пацієнтів було виявлено кальциноз стінки. Проблеми УЗ-візуалізації аорто-клубового сегмента виникали переважно у зв'язку з технічними складнощами діагностики даної анатомічної ділянки тіла, особливо у пацієнтів з ожирінням (5 (11,11 %) випадків).

Відносні невисокі показники прогностичної цінності УЗ-дослідження на рівні клубово-стегнового сегмента пояснювалися меншою поширеністю гемодинамічно значимих стенозів на даному рівні, адже особливістю макроангіопатії у пацієнтів із цукровим діабетом (ЦД) 2 типу є ураження власне дистальних відділів артеріальної системи. Втім дифузне ушкодження атеросклеротичним процесом загальної стегнової артерії відмічено у 12 (26,67 %) випадків. У 8 (17,78 %) пацієнтів виявлено 40–50 % стенози, що згідно зі спектром доплерівського зсуву частот характеризувалися значним зменшенням вікна під систолічним піком.

У цих осіб процес переважно поширювався і на поверхневу стегнову артерію (ПСА) та на устя глибокої стегнової артерії (ГСА). При цьому в 6 (13,33 %) пацієнтів діагностовано стеноз (75–90 %) на рівні устя ГСА, що потребував ангиографічного обстеження та інтервенційного лікування. В цьому випадку спостерігали підвищення пікової систолічної швидкості в ділянці стенозу більше 2 м/с, а також від'ємні значення спектра доплерівського зсуву частот. Патологічні сонографічні зміни ПСА виявлено у 28 (62,22 %) пацієнтів. При цьому на тлі нерівності контуру судини у верхній її третині спостерігали переважно стенози 30–40 %. Гемодинамічно значимий критичний стеноз (75–99 %) виявлено переважно в середній та нижній третині цієї артерії у 17 (37,78 %) хворих. Спостерігалось поступове підвищення пікової систолічної швидкості вище 4,0 м/с, що поєднувалося з різкою деформацією форми спектра. У 15 (33,34 %) випадків стеноз поширювався на підколінну артерію (ПА). При вираженому стенозі ПСА ми виявляли колатералі басейну ГСА і постоклюзійного сегмента ПСА:

латеральна та медіальна огинаюча артерія стегна, перфорантні артерії. Кальциноз її виявлено у 12 (26,67 %) осіб. Відмічена знижена чутливість методу УЗ-сканування при діагностиці стану малогомілкової (МГА) та задньої великогомілкової артерії (ЗВГА). Причиною цього було глибоке анатомічне розташування та фасціальном'язові футляри, які затруднювали візуалізацію цих судин. До того жкість сонографічної візуалізації тібіальних артерій (ТА) зменшувалася і за рахунок вираженого кальцинозу їх судинної стінки, множинних протяжних атеросклеротичних бляшок. У даних випадках масивні ультразвукові акустичні тіні перекривали контури судини через втрату диференціації шарів артерії та «імітували» непрохідність її на даному рівні. Це все сприяло формуванню хибно-позитивних заключень. Такі випадки звичайно потребують агіографічного підтвердження або спростування наявності перешкоди погано візуалізованих ділянок. А вже після виконання останнього в частини пацієнтів 18 (51,43 %) було отримано контрастне підтвердження прохідності ТА.

Проте оцінюючи такі параметри доплерографії як форма спектра та величина периферичного опору, можна було дотично судити про наявність перешкоди кровотоку в погано візуалізованих ділянках гомілкових артерій. Попри виконання доплерографічного обстеження в певних режимах все ж майже у 25,0 % пацієнтів не було виявлено ознак кровотоку в ТА, що, у свою чергу, є важливим агіографічним підтвердженням їх оклюзії. Ще однією особливістю, що ускладнювала доплерографічну деталізацію ураження артеріальної системи нижніх кінцівок у пацієнтів із СДС та критичною ішемією, були комбіновані набряки стопи та гомілки, зумовлені як запальним компонентом, так і супутньою серцево-легеневою патологією, що проявлялася набряком гомілок.

У разі виявлення критичних стенозів доплерографічно діагностували значне та різке зростання швидкості кровотоку в ділянці стенозу та відповідно зниження пікової систолічної швидкості нижче цієї ділянки. Перед місцем стенозу реєстрували такі зміни артеріального кровотоку: зниження лінійної швидкості кровотоку, зростання індексу периферичного опору, зменшення розміру спектрального вікна. Ультразвукова доплерометрія засвідчила зниження сегментарного АТ до 80 мм рт. ст., відмічено у 28,89 % хворих із поширеними гнійно-некротичними ускладненнями; 50–80 мм рт. ст. – у 17,78 % та нижче 50 мм рт. ст. – у 15,56 % пацієнтів відповідно. Отже, сонографічно встановлено мультифокальне ураження артеріальної системи нижньої кінцівки.

Рентгенконтрастну ангіографію виконано у 35 (77,78 %) пацієнтів зі сонографічно підтвердженими ознаками та вираженими клінічними симптома-

ми критичної ішемії нижніх кінцівок на тлі гнійно-некротичних ускладнень СДС. Проведений аналіз підтвердив дані сонографічного обстеження з переважанням ураження дистального артеріального русла – 30 (85,71 %). Втім у 19 (54,29 %) пацієнтів виявлено патологічні зміни стегново-підколінного сегмента, в 10 (28,57 %) – клубово-стегнового сегмента. В обстежуваних пацієнтів відсоток гемодинамічно значимих стенозів на рівні клубово-стегнового сегмента був невисокий (3 (8,57 %)). Переважно виявляли дифузний кальциноз стінки клубових артерій та загальної стегнової артерії (ЗСА). Інформативність діагностики стану ГСА у фронтальній проекції була утруднена через перекриття її ПСА. Проте при зміні проекції візуалізували порушення прохідності ГСА в ділянці біфуркації. Ангіографічна картина ураження ПА практично аналогічна такій при змінах ПСА: внутрішній діаметр судини був звужений, переважало число стенозів, проте вже частіше реєструвалися оклюзії на цьому рівні. Виявляли кальциноз ділянки артерії, що підтверджує сонографічно виявлені зміни, які часто імітували повну оклюзію артерії.

Втім, як було вказано раніше, найчастіше сонографічно виявляли оклюзію ТА та гемодинамічно значимі стенози гомілково-ступневого сегмента. Розповсюдження ураження артеріальної системи згідно з класифікацією Л. Граціані [5] показало, що у пацієнтів із ЦД 2 типу та критичною ішемією нижніх кінцівок були оклюзії 2–3 артерій гомілки, що відповідало 4–6 класу ураження за даною класифікацією.

Проте в частини пацієнтів (29 (64,44 %)) при порівняльній оцінці різних методів дослідження виявлено, що дуплексне УЗ-сканування констатувало відсутній кровотік по одній чи більше гомілкових артеріях, разом з тим, як рентгеноваскулярне дослідження дозволяло отримати контрастні їх зображення. Проте все ж найчастіше ми виявляли у цих пацієнтів ангіографічні ознаки оклюзії артерій гомілкового сегмента різного розповсюдження.

Аналіз частоти стенозів та оклюзій в різних сегментах артеріальної системи встановив переважання останніх над стенозами, особливо в гомілково-ступневому сегменті (передня великогомілкова артерія, задня великогомілкова артерія, малогомілкова артерія), що є типовим для макроангіопатії при ЦД (рис.).

За даними порівняльної оцінки відповідності УЗ-доплерографії та ангіографії для всіх артеріальних сегментів кінцівки встановлено, що найбільше співпадання відмічено в аорто-клубовому та клубово-стегновому сегментах. Натомість певну розбіжність результатів встановлено в діагностиці дистальних сегментів, особливо пацієнтів з ожирінням, і найбільше ТА, особливо верхньої та середньої третин передньої та ЗВГА. Така різниця в діагностиці артерій гомілки зумовлена

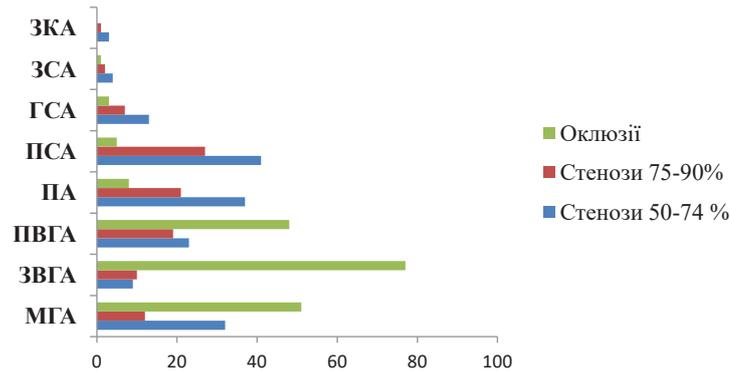


Рис. Поділ стенозів та оклюзій артерій нижніх кінцівок за даними рентгенконтрастної ангіографії.

об'єктивними причинами: анатомічними особливостями їх розташування в фасціальній м'язових футлярах, протяжними оклюзіями артерій гомілки, вираженим їх кальцинозом, набряком м'яких тканин гомілки та стопи унаслідок запальних змін, спричинених гнійно-некротичними процесами. Проте УЗ-доплерографія є надійним та найголовніше неінвазивним скринінговим методом.

З іншого боку, існують певні діагностичні погіршення ангіографічного методу: використання монопроекційного обстеження не дає змогу повноцінно оцінити артеріальну систему через накладання рентгенконтрастних зображень, при полісегментарних оклюзіях та стенозах у стегново-підколінному сегменті візуалізація тібіальних артерій може бути незадовільною. В таких випадках різні режими УЗД можуть мати перевагу в скануванні дистальних відділів артеріальної системи.

На основі проведеного аналізу ефективності діагностики ураження артеріальної системи нижньої кінцівки ми кількісно оцінили показник зіставлення (коефіцієнт Каппа – Коена) між сонографічним та рентгенконтрастним обстеженням (табл. 1).

Як було вказано раніше, власне достовірно нижчі показники коефіцієнта для діагностики ураження загальної клубової артерії, зовнішньої клубової артерії, ТА, порівняно з артеріями (ГСА, ПСА, ПА), зумовлені технічними обмеженнями сонографічного моніторингу аорто-клубового сег-

Таблиця 1. Значення коефіцієнта Каппа – Коена між сонографічним та агіографічним дослідженнями

Артерія	Коефіцієнт Каппа – Коена
Загальна клубова артерія	0,62
Зовнішня клубова артерія	0,64
Загальна стегнова артерія	0,78
Глибока стегнова артерія	0,81
Поверхнева стегнова артерія	0,86
Підколінна артерія	0,87
Задня великогомілкова артерія	0,58
Передня великогомілкова артерія	0,62
Малогомілкова артерія	0,49
Тильна артерія стопи	0,61

мента, пов'язаного з наявним ожирінням (ІМТ >30 кг/м²), а в гомілковому сегменті – вираженим кальцинозом та протяжним оклюзійно-стенотичним процесом, особливістю проходження артерій в м'язово-фасціальних футлярах, набряком нижніх кінцівок. Тому в даних сегментах все ж артеріографічне обстеження є пріоритетним для візуалізації утруднення кровотоку по вказаних судинах. Втім чим менш виражені вказані особливості, тим вищі показники коефіцієнта Каппа – Коена (табл. 2), що свідчить про достовірність зіставлених результатів сонографічного та агіографічного обстежень.

Таблиця 2. Значення коефіцієнта Каппа – Коена залежно від обмежувальних факторів

Артерія	Ожиріння (ІМТ>30 кг/м ²)	Без ожиріння (ІМТ<30 кг/м ²)
Загальна клубова артерія	0,51	0,67*
Зовнішня клубова артерія	0,54	0,69*
	Наявність вираженого кальцинозу	Відсутність вираженого кальцинозу
Задня великогомілкова артерія	0,49	0,77*
Передня великогомілкова артерія	0,52	0,76*
Малогомілкова артерія	0,48	0,81*
	Набряк нижньої кінцівки (гомілки)	Відсутність набряку нижньої кінцівки
Тібіальні артерії	0,42	0,83*

Примітка. * – p<0,001.

ВИСНОВКИ

У зв'язку з технічними можливостями сонографічного методу та патогенетичними особливостями перебігу ішемічної форми СДС, гнійно-некротично ускладненої, даний метод все ж варто

застосовувати для первинного скринінгу та визначення рівня оклюзійно-стенотичного ураження артеріального русла. Поєднання його з агіографічним моніторингом дає змогу вибрати правильну діагностично-лікувальну тактику.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Predictive value of angiographic scores for the integrated management of the ischemic diabetic foot / L. Bargellini, A. Piaggese, A. Cicorelli [et al.] // *Journal of Vascular Surgery*. – 2013. – Vol. 57 (5). – P. 1204–1212. – Access mode : <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2012.10.104>.
2. Brennan R. L. Coefficient kappa: Some uses, misuses, and alternatives / R. L. Brennan, & D. J. Prediger // *Educational and Psychological Measurement*. – 1981. – Vol. 41 (3). – P. 687–699. – Access mode : <https://doi.org/10.1177/001316448104100307>.
3. Діденко С. М. Кровопостачання нижньої кінцівки у хворих на ішемічну форму синдрому стопи діабетика / С. М. Діденко // *Клінічна та експериментальна патологія*. – 2018. – Т. 17, № 3. – С. 29–32. – Режим доступу: <https://doi.org/10.24061/1727-4338XVII.3.65.2018.128>.
4. Dovell G. Algorithms for diabetic foot care: Vascular evaluation / G. Dovell, R. J. Hinchliffe // *The Foot in Diabetes*. – 2020. – P. 495–506. – Access mode : <https://doi.org/10.1002/9781119445821.ch30c>.
5. Graziani L. Vascular involvement in diabetic subjects with ischemic foot ulcer: a new morphologic categorization of disease severity / L. Graziani, A. Silvestro, V. Bertone // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* – 2007. – Vol. 33. – P. 453–460. – Access mode : <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2006.11.022>.

6. Guidelines on diagnosis, prognosis, and management of peripheral artery disease in patients with foot ulcers and diabetes (IWGDF 2019 update) / R. J. Hinchliffe, R. O. Forsythe, J. Apelqvist [et al.] // *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*. – 2020. – Vol. 36. – P. e3276. – Access mode : <https://doi.org/10.1002/dmrr.3276>.
7. Khammash M. R. Prevalence of ischemia in diabetic foot infection / M. R. Khammash, K. A. Obeidat // *World Journal of Surgery*. – 2003. – Vol. 27 (7). – P. 797–799. – Access mode : <https://doi.org/10.1007/s00268-003-6889-8>.
8. Digital Subtraction Angiography Prior to an Amputation for Critical Limb Ischemia (CLI): An Expert Recommendation Statement From the CLI Global Society to Optimize Limb Salvage / J. A. Mustapha, F. A. Saab, B. J. Martinsen [et al.] // *Journal of Endovascular Therapy*. – 2020. – Access mode : <https://doi.org/10.1177/1526602820928590>.
9. Functional imaging of the foot with perfusion angiography in critical limb ischemia / J. A. Reekers, M. J. Koelemay, H. A. Marquering, E. T. van Bavel // *CardioVascular and Interventional Radiology*. 2016. – Vol. 39 (2). – P. 183–189. – Access mode : <https://doi.org/10.1007/s00270-015-1253-6>.

REFERENCES

1. Bargellini I, Piaggese A, Cicorelli A, Rizzo L, Cervelli R, Iacopi E. Predictive value of angiographic scores for the integrated management of the ischemic diabetic foot. *Journal of Vascular Surgery*. 2013;57(5): 1204-12. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2012.10.104>.
2. Brennan RL, Prediger DJ. Coefficient kappa: Some uses, misuses, and alternatives. *Educational and psychological measurement*. 1981;41(3): 687-99. Available from: <https://doi.org/10.1177/001316448104100307>.
3. Didenko SM. [Blood supply of the lower extremity in patients with ischemic form of diabetic foot syndrome]. *Klinichna ta eksperymentalna patolohiia*. 2018;17(3): 29-32. Available from: <https://doi.org/10.24061/1727-4338XVII.3.65.2018.128>. Ukrainian.
4. Dovell G, Hinchliffe RJ. Algorithms for diabetic foot care: vascular evaluation. *The Foot in Diabetes*. 2020; 495-506. Available from: <https://doi.org/10.1002/9781119445821.ch30c>.
5. Graziani L, Silvestro A, Bertone V. Vascular involvement in diabetic subjects with ischemic foot ulcer: a new morphologic categorization of disease severity. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2007;33: 453-60. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2006.11.022>.

6. Hinchliffe RJ, Forsythe RO, Apelqvist J, Boyko EJ, Fitridge R, Hong JP, Venermo M. Guidelines on diagnosis, prognosis, and management of peripheral artery disease in patients with foot ulcers and diabetes (IWGDF 2019 update). *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*. 2020; 36, e3276. Available from: <https://doi.org/10.1002/dmrr.3276>.
7. Khammash MR, Obeidat KA. Prevalence of ischemia in diabetic foot infection. *World Journal of Surgery*. 2003;27(7): 797-9. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00268-003-6889-8>.
8. Mustapha JA, Saab FA, Martinsen BJ, Pena CS, Zeller T, Driver VR, Michael P. Digital Subtraction Angiography Prior to an Amputation for Critical Limb Ischemia (CLI): An Expert Recommendation Statement From the CLI Global Society to Optimize Limb Salvage. *Journal of Endovascular Therapy*. 2020;27(4): 540-6. Available from: <https://doi.org/10.1177/1526602820928590>.
9. Reekers JA, Koelemay MJ, Marquering HA, van Bavel ET. Functional imaging of the foot with perfusion angiography in critical limb ischemia. *CardioVascular and Interventional Radiology*. 2016;39(2): 183-9. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00270-015-1253-6>.

Отримано 03.08.20