

УДК 616.379-008.64.7-005.4



М. Б. Горобейко

Український науково-практичний центр ендокринної хірургії, трансплантації ендокринних органів і тканин МОЗ України, Київ

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДЕБРИДМЕНТУ ДЛЯ МІСЦЕВОГО ЛІКУВАННЯ РАН БЕЗ АКТИВНОГО ІНФЕКЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ ЗА КРИТИЧНОЇ ІШЕМІЇ У ХВОРИХ ІЗ СИНДРОМОМ ДІАБЕТИЧНОЇ СТОПИ

Мета роботи — оцінити ефективність ультразвукового дебридменту для лікування хворих із синдромом діабетичної стопи з урахуванням ступеня ішемії тканин нижніх кінцівок.

Матеріали і методи. В дослідну групу (ДГ) залучено 42 пацієнтів, які отримували місцеве лікування у вигляді ультразвукового дебридменту, у контрольну групу (КГ) — 27 хворих, яким проводили традиційну гостру некректомію з адекватним дренажуванням. Хворих стратифікували за PEDIS. Для ультразвукової обробки використовували апарат Sonosa-180 із сонотродом «копитце». Обробку проводили з робочою частотою 25 кГц. Кризькірне визначення парціального тиску ($TcPO_2$) у тканинах нижньої кінцівки здійснювали апаратом TCM-400 (Radiometer, Данія) за стандартними методиками. Для об'єктивізації вимірів площі виразкового процесу застосовували цифрову фотокамеру та розроблений програмно-апаратний комплекс WoundVeiver. Оцінювали як абсолютну площу виразки, так і відносну швидкість загоєння (ВШЗ) за формулою $VШЗ = (1 - S_1/S_0) \cdot 100\%$, де S_1 — площа виразки через певний період лікування; S_0 — початкова площа виразки.

Результати та обговорення. При $TcPO_2 < 19$ мм рт. ст. ВШЗ у ДГ становила в середньому $(11,15 \pm 13,77)\%$ за 4 тиж проти $(8,83 \pm 5,58)\%$ у КГ ($p > 0,05$). Незначне загоєння досягається лише на тлі медикаментозної ревазуляризації. 9 хворим з ДГ та 7 — з КГ виконано ампутації на рівні стегна або гомілки протягом 1—7 міс після лікування. При $19 < TcPO_2 < 30$ мм рт. ст. різниця щодо величини ВШЗ між ДГ та КГ стає статистично значущою через 4 тиж лікування $((45,27 \pm 11,35)\%$ за 4 тиж у ДГ і $(28,02 \pm 8,80)\%$ за 4 тиж у КГ; $p < 0,01$). При застосуванні апарата не спостерігали жодних ускладнень. У 11 із 17 хворих ДГ (при $19 < TcPO_2 < 30$ мм рт. ст.) через 4 тиж лікування зафіксовано загоєння 50% площі виразки, тоді як у КГ — в 1 хворого з 12.

Висновки. Використання ультразвукового дебридменту достовірно поліпшує загоєння ран за умови мінімально достатнього кровопостачання. За початкового $TcPO_2$ менше ніж 19 мм рт. ст. достовірне загоєння спостерігається лише за умови одночасної медикаментозної ревазуляризації. За її неефективності загоєння неможливе.

■

Ключові слова: синдром діабетичної стопи, ультразвуковий дебридмент, загоєння рани, критична ішемія.

У зв'язку з переходом міжнародної медичної спільноти на засади доказової медицини актуальності набуває застосування на теренах України міжнародних принципів стратифікаційних класифікацій для визначення ефективності лікування складних симптомокомплексів. Прикладом такого симптомокомплексу є синдром діабетичної стопи, тяжкість якого було стратифіковано за PEDIS [1]. Оцінка ефективності місцевого лікування з позиції доказової медицини досить проблематична як через багатofакторність патогенезу виразкоутворення, так і через складну взаємодію елементів загоєння [6,

7, 9]. У літературі при оцінці ефективності методики місцевого лікування використовують такі показники, як абсолютна (зменшення площі виразки у квадратних сантиметрах) та відносна (у відсотках порівняно з певним періодом) швидкість загоєння, кількість перев'язок або процедур до повного загоєння. Практично немає оцінки ефективності методик з урахуванням ступеня ішемії.

Мета роботи — оцінити ефективність ультразвукового дебридменту для лікування хворих із синдромом діабетичної стопи з урахуванням ступеня ішемії тканин нижніх кінцівок.

Горобейко Максим Борисович, к. мед. н., представник України в Міжнародній робочій групі з проблем синдрому діабетичної стопи
01021, м. Київ, Кловський узвіз, 13а. E-mail: maksymg@gala.net

© М. Б. Горобейко, 2014

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Для отримання об'єктивно-достовірних результатів ми використали класифікацію PEDIS, розроблену Міжнародною робочою групою з проблеми діабетичної стопи [1]. У дослідження залучено 69 пацієнтів з хронічними ранами без активного інфекційного процесу ($D1-2$; $I1$, S_1) з певними ознаками грануляції. В усіх пацієнтів рівень парціального тиску на тильному боці стопи ($TcPO_2$) був меншим за 30 мм рт. ст. Усі хворі отримували лікування з приводу цукрового діабету відповідно до протоколів МОЗ України [2].

42 пацієнти дослідної групи отримували місцеве лікування у вигляді ультразвукового дебридменту, 27 пацієнтів контрольної групи — стандартну «гостру» некректомію та вологі гіпертонічні пов'язки.

Крізьшкірне визначення парціального тиску в тканинах нижньої кінцівки проводили за допомогою апарата ТСМ-400 (Radiometer, Данія) за стандартними методиками.

Для низькочастотної ультразвукової обробки з використанням кавітаційних розчинів застосовували апарат SONOCA-180 із сонотродом «копитце» з ріжучою кромкою. При ультразвуковому дебридменті ран (UAW) використовуються кавітаційні ефекти для селективної дії на рани. Ефект кавітації виникає за рахунок ультразвукових коливань інструменту в рідині з частотою 25 кГц. Коливання ультразвукового інструменту UAW виникає за допомогою ультразвукового генератора та п'єзокераміки в інструменті UAW. Необхідний для іригації розчин подається безпосередньо крізь ультразвуковий інструмент UAW. Кавітаційні ефекти створюються під сонотродом інструменту. Ці ефекти забезпечують видалення відкладень, сторонніх частин та руйнування біомембран бактерій. На здорову тканину кавітаційні ефекти не впливають і тому безпечні для неї. Завдяки цьому стає можливою найретельніша обробка рани без пошкодження здорових структур. Це особливо важливо за необхідності постійного видалення біоплівки, при первинному дебридменті або при очищенні рани. Також є дані щодо антибактеріальної дії методики на глибину рани від 0,500 до 2,017 мм [3, 5, 8].

За критерій ефективності того чи того методу місцевого лікування рани ми обрали відносну швидкість зменшення площі рани, яка показує у відсотках, на скільки збільшується або зменшується площа виразки протягом тижня або іншого періоду. Для об'єктивізації вимірів площі виразкового процесу ми застосували цифрову фотокамеру та розроблений спільно із співробітниками Національного політехнічного університету України «КПІ» програмно-апаратний комплекс «Wound Viewer». Площа виразки визначається в квадратних сантиметрах до другого знаку після коми.

Оцінювали як абсолютну площу виразки, так і відносну швидкість загоєння (ВШЗ) за формулою:

$$\text{ВШЗ} = \left(1 - \frac{S_1}{S_0}\right) \cdot 100\%,$$

де S_1 — це площа виразки через певний період лікування (в нашому випадку — 7 днів); S_0 — початкова площа виразки.

Що вищим є значення ВШЗ, то кращим є процес загоєння. Від'ємне значення свідчить про збільшення площі виразки. Ми оцінювали ВШЗ у кінці першого та четвертого тижня лікування.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

На початку дослідження у дослідній групі середня площа виразки становила ($8,36 \pm 3,29$) см^2 ($2,57-17,52$ см^2), середній рівень глікованого гемоглобіну — 7,32%, середній рівень $TcPO_2$ — 16,27 мм рт. ст. ($7-26$ мм рт. ст.). У перший тиждень хворим проведено 3–4 ультразвукових дебридменти (у середньому — 3,41).

У контрольній групі середня площа виразок дорівнювала ($7,45 \pm 2,00$) см^2 і статистично не відрізнялася ($p > 0,05$) від показника дослідної групи, середній рівень глікованого гемоглобіну — 8,01% ($p > 0,05$ щодо показника дослідної групи), середній рівень $TcPO_2$ — 18,73 мм рт. ст. ($6-28$ мм рт. ст.; $p > 0,05$ щодо показника дослідної групи).

Через тиждень лікування проведено визначення площі виразок. У 5 хворих із 42 площа була збільшена через проведення ретельнішої ревізії рани та широкої некректомії. Середня площа виразок у дослідній групі зменшилася до ($7,40 \pm 2,97$) см^2 і статистично не відрізнялася ($p > 0,05$) від показника на початку лікування та від показника в контрольній групі — ($6,94 \pm 2,15$) см^2 . Динаміка загоєння в контрольній групі була недостовірною щодо показника до початку лікування.

Середнє значення ВШЗ у дослідній групі становило ($11,31 \pm 11,84$)% на тиждень. Велике середнє квадратичне відхилення пояснюється неоднорідною динамікою ранового процесу — приріст площі виразки становив від $-28,45\%$ до $+30,77\%$, тобто в одного хворого з групи площа збільшилася, а в іншого зменшилася на третину. Збільшення площі виразки на $28,45\%$ спостерігали у хворого, в якого відкрили «приховані» кишні рани. ВШЗ у контрольній групі становила ($7,48 \pm 7,85$)% на тиждень. Абсолютне значення ВШЗ було гіршим за таке в дослідній групі ($p < 0,05$).

Через чотири тижні лікування середнє значення площі виразки в дослідній групі зменшилося до ($6,15 \pm 2,73$) см^2 ($1,99-9,16$ см^2). Це значення було достовірно кращим ($p < 0,01$) від значення на початку лікування, проте статистично не відрізнялося від показника контрольної групи ($2,94-9,21$ см^2 , середнє значення — ($6,23 \pm 2,13$) см^2). Показник у контрольній групі також був достовірно кращим ($p < 0,05$) від значення на початку лікування. ВШЗ становила у середньому ($24,96 \pm 20,74$)% ($2,4-53,85$ %) за 4 тиж в контрольній групі проти ($17,36 \pm 12,53$)% ($0,21-55,52$ %) у дослідній групі; $p = 0,057$). Загоєння як у

дослідній групі, так і в контрольній, можливо, пов'язане з ефективністю медикаментозної реvascularизації — середній рівень $TcPO_2$ у дослідній групі зріс з $(14,76 \pm 4,81)$ до $(18,03 \pm 6,17)$ мм рт. ст., а в контрольній — з $(16,03 \pm 5,22)$ до $(19,17 \pm 5,41)$ мм рт. ст. Зростання в обох групах було статистично вірогідним ($p > 0,05$).

Отримавши такі, досить непереконливі результати, було звернуто увагу на наглядну різницю в швидкості загоєння всередині групи критичної ішемії, тобто де $TcPO_2 < 30$ мм рт. ст., а саме, у хворих з $TcPO_2$ більшим за 20. Хворих дослідної групи було розподілено на дві підгрупи: підгрупа А (25 хворих), $TcPO_2 \leq 19$ мм рт. ст. та підгрупа Б (17 хворих), $TcPO_2 = 20-29$ мм рт. ст. За таким же принципом було розподілено пацієнтів контрольної групи (підгрупа А — 15 хворих, підгрупа Б — 12).

Дані щодо загоєння ран наведено в табл. 1 та 2.

При порівнянні значень як усередині груп у динаміці, так і між дослідною групою А та контрольною групою А, не виявлено статистично значущої різниці ($p > 0,05$). Площа виразок у дослідній групі А на початку лікування становила $2,57-17,52$ см², у контрольній групі А — $3,56-11,67$ см², через 4 тиж лікування — відповідно $1,99-13,96$ та $3,51-10,81$ см². В обох групах привертає увагу великий діапазон значень ВШЗ через тиждень лікування. У дослідній групі А від $-28,45$ до $25,88$ % на тиждень, а в контрольній групі А — від $-33,70$ до $33,38$ % на тиждень. Наприкінці чет-

вертого тижня лікування діапазон був значно меншим: у дослідній групі А — від $-12,29$ до $27,79$ % за 4 тиж, а в контрольній групі А — від $-2,41$ до $17,11$ % за 4 тиж.

У різні строки 4 хворим дослідної групи А виконано ампутацію на рівні стегна, 5 — на рівні гомілки, 6 — на рівні стопи, зокрема 3 ампутації пальців. 2 хворих померли протягом одного року. У контрольній групі А 4 хворим виконано ампутацію на рівні стегна, 3 — на рівні гомілки, 3 — на рівні стопи. Протягом року помер один хворий. Дані досить показові, проте через малу вибірку та множинність причин ампутацій і летальних випадків коректний статистичний аналіз провести неможливо.

Площа виразок до лікування в дослідній групі Б становила $4,28-14,31$ см², у контрольній групі Б — $4,11-9,57$ см², через 28 днів — відповідно $2,34-12,17$ та $2,94-7,48$ см².

До лікування середній розмір виразки в дослідній групі Б був статистично більшим, ніж у контрольній групі Б, проте вже через 7 днів завдяки достовірно більшій середній швидкості загоєння в контрольній групі Б за середньою величиною площі виразок підгрупи статистично не відрізнялися. Ця тенденція зберігалася і на 28-му добу лікування. ВШЗ більш наочно демонструє позитивну тенденцію — діапазон значень у дослідній групі Б становив від $0,42$ до $30,77$ %, а в контрольній групі Б — від $-1,04$ до $22,01$ %. Спостерігали

Т а б л и ц я 1
Динаміка загоєння ран у хворих залежно від парціального тиску на тильному боці стопи

Група	Площа виразок, см ²		
	До лікування	7-ма доба	28-ма доба
Дослідна А (n = 25)	$7,87 \pm 3,34$	$7,27 \pm 2,98$	$6,91 \pm 2,73$
Контрольна А (n = 15)	$7,94 \pm 2,20$	$7,55 \pm 2,29$	$7,22 \pm 2,03$
Дослідна Б (n = 17)	$9,07 \pm 3,08$	$7,59 \pm 2,59$	$5,04 \pm 2,33^{\#}$
Контрольна Б (n = 12)	$6,85 \pm 1,28^*$	$6,18 \pm 1,42$	$4,99 \pm 1,29^{\#}$

* Різниця щодо значень показника дослідної групи Б статистично значуща ($p < 0,05$).

[#] Різниця щодо значень показника до лікування статистично значуща ($p < 0,01$).

Т а б л и ц я 2
Відносна швидкість загоєння ран у хворих залежно від парціального тиску на тильному боці стопи, %

Група	За 7 днів	За 28 днів
Дослідна А (n = 25)	$7,18 \pm 12,03$	$11,15 \pm 13,77$
Контрольна А (n = 15)	$4,96 \pm 8,09$	$8,83 \pm 5,58$
Дослідна Б (n = 17)	$17,37 \pm 10,08$	$45,27 \pm 11,35$
Контрольна Б (n = 12)	$10,62 \pm 5,23^*$	$28,02 \pm 8,80^{**}$

Різниця щодо значень показника дослідної групи Б статистично значуща: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

тенденцію до загоєння навіть після початкового збільшення площі виразок через повторну некректомію. Про це свідчить статистично значуща різниця ($p < 0,01$, $t_{\text{емп}} = 2,9$) у значеннях ВШЗ між підгрупами дослідної групи. Проте різниця значно збільшується при порівнянні через 4 тиж лікування ($p < 0,01$, $t_{\text{емп}} = 8,7$). ВШЗ у дослідній групі Б становила 14,95–55,52 % за 4 тиж, у середньому ($45,27 \pm 11,35$) % за 4 тиж. Ці показники достовірно кращі, ніж у контрольній групі Б ($p < 0,01$). При порівнянні контрольних підгруп за величиною ВШЗ встановлено, що різниця стає статистично значущою ($p < 0,01$) через 28 днів лікування, тоді як після першого тижня вона була на межі вірогідності ($p = 0,057$).

Одним із прогностичних критеріїв загоєння вважають зменшення на 50 % площі виразки протягом 4 тиж лікування [4]. У хворих дослідної групи А та контрольної групи А не спостерігали такої динаміки, тоді як таку динаміку відзначено в 11 із 17 (64,71 %) хворих у підгрупі, в якій проводи-

ли ультразвуковий дебридмент, та в 1 хворого з 12 (8,33 %) у контрольній підгрупі Б.

Застосування апарата для ультразвукового дебридменту засвідчило його селективність (вплив лише на некротизовані тканини без видалення здорових). Жодних ускладнень при проведенні місцевого лікування не виявлено.

ВИСНОВКИ

Використання ультразвукового дебридменту достовірно поліпшує загоєння ран за умови мінімально достатнього кровопостачання.

За початкового $TcPO_2$ менше ніж 19 мм рт. ст. достовірно загоєння спостерігається лише у разі одночасного застосування медикаментозної ревааскуляризації. За її неефективності загоєння було неможливим.

Оцінювати динаміку ранового процесу доцільніше після першого тижня місцевого лікування, коли після неодноразової некректомії можна визначити реальний розмір та глибину виразки.

Література

1. Горобейко М. Б., Гирявенко О. Я. Класифікація діабетичної стопи, затверджена Міжнародною робочою групою з діабетичної стопи IDF та ВООЗ // Клін. ендокринолог. та ендокрин. хірург. — 2004. — № 1(6). — С. 83–87.
2. Протокол надання медичної допомоги хворим із синдромом діабетичної стопи № 356 від 22.05.2009 р. / МОЗ України.
3. Baba-Akbari Sari A., Flemming K., Cullum N. A., Wollinga U. Therapeutic ultrasound for pressure ulcers // Cochrane Database Syst. Rev. — 2006. — CD001275.
4. Coerper S., Beckert S., Küper M. A. et al. Fifty percent area reduction after 4 weeks of treatment is a reliable indicator for healing-analysis of a single-center cohort of 704 diabetic patients // J. Diabetic Complications. — 2009. — Vol. 23, N 1. — P. 49–53.
5. Herberger K., Franzke N., Blome C. et al. Efficacy, tolerability and patient benefit of ultrasound-assisted wound treatment versus surgical debridement: a randomized clinical study // Dermatology. — 2011. — Vol. 222, N 3. — P. 244–249.
6. Leaper D. Sharp technique for wound debridement // World Wide Wounds 2002. — Mode of access: www.worldwidewounds.com/2002/december/Leaper/Sharp-Debridement.html.
7. Pressure ulcer prevention and treatment. Health care protocol // National Guideline Clearinghouse Institute for Clinical Systems Improvement (ICSI). — Bloomington, Institute for Clinical Systems Improvement, 2010. — 69 p.
8. Quian Z., Sagers R. D., Pitt W. G. The effect of ultrasonic frequency upon enhanced killing of *P. aeruginosa* biofilms // Ann. Biomed. Eng. — 1997. — Vol. 25. — P. 69–76.
9. Schultz G. S., Sibbald R. G., Falanga V. et al. Wound bed preparation: a systematic approach to wound management // Wound Rep. Regen. — 2003. — Vol. 11, suppl 1. — P. 1–28.

М. Б. Горобейко

Український науково-практичний центр ендокринної хірургії, трансплантації ендокринних органів і тканин МЗ України, Київ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДЕБРИДМЕНТА ДЛЯ МЕСТНОГО ЛЕЧЕНИЯ РАН БЕЗ АКТИВНОГО ИНФЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА ПРИ КРИТИЧЕСКОЙ ИШЕМИИ У БОЛЬНЫХ С СИНДРОМОМ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ

Цель работы — оценить эффективность ультразвукового дебридмента для лечения больных с синдромом диабетической стопы с учетом степени ишемии тканей нижних конечностей.

Материалы и методы. В опытную группу (ОГ) вошли 42 пациента, которые получали местное лечение в виде ультразвукового дебридмента, в контрольную с адекватным дренированием. Больных стратифицировали согласно классификации PEDIS. Для ультразвуковой обработки использовали аппарат Sonosa-80 с сонотродом «копытце». Обработку проводили с рабочей частотой 25 кГц. Чрескожное определение парциального давления ($TcPO_2$) в тканях нижней конечности осуществ-

вляли при помощи аппарата ТСМ-400 (Radiometer, Дания) по стандартным методикам. Для объективизации измерений площади язвенного процесса использовали цифровую фотокамеру и разработанный программно-аппаратный комплекс «WoundVeiver». Оценивали как абсолютную площадь язвы, так и относительную скорость заживления (ОСЗ) по формуле $ОСЗ = (1 - S_1/S_0) \cdot 100\%$, где S_1 — это площадь язвы через определенный период лечения, S_0 — начальная площадь язвы.

Результаты и обсуждение. При $TcPO_2 < 19$ мм рт.ст. ОСЗ в ОГ составляла в среднем $(11,15 \pm 13,77)\%$ за 4 нед против $(8,83 \pm 5,58)\%$ в КГ ($p > 0,05$). Незначительное заживление достигается только на фоне медикаментозной реваскуляризации. 9 больным ОГ и 7 — КГ выполнены ампутации на уровне бедра или голени в течение 1—7 мес после лечения. При $19 < TcPO_2 < 30$ мм рт.ст. различия в ОСЗ между ОГ и КГ стали статистически значимыми через 4 нед лечения ($(45,27 \pm 11,35)\%$ за 4 нед в ОГ и $(28,02 \pm 8,80)\%$ за 4 нед в КГ; $p < 0,01$). При применении аппарата не наблюдали никаких осложнений. У 11 из 17 больных ОГ (при $19 < TcPO_2 < 30$ мм рт.ст.) через 4 нед лечения зафиксировано заживление 50% площади язвы, тогда как в КГ — у 1 из 12.

Выводы. Использование ультразвукового дебридмента достоверно улучшает заживление ран при условии минимально достаточного кровоснабжения. При начальном $TcPO_2$ менее 19 мм рт.ст. достоверное заживление наблюдается только при условии одновременной медикаментозной реваскуляризации. При ее неэффективности заживление было невозможным.

Ключевые слова: синдром диабетической стопы, ультразвуковой дебридмент, заживление раны, критическая ишемия.

M. B. Gorobeiko

Ukrainian Scientific and Practical Center for Endocrine Surgery,
Transplantation of Endocrine Organs and Tissues of MOH of Ukraine, Kyiv

THE ULTRASOUND DEBRIDEMENT EFFECTIVENESS FOR WOUND LOCAL TREATMENT WITHOUT ACTIVE INFECTION AND A CRITICAL ISCHEMIA IN DIABETIC FOOT SYNDROME

The aim — to estimate the ultrasound debridement effectiveness for diabetic foot syndrome treatment depends on the lower limbs tissue ischemia degree.

Materials and methods. The research group (RG) consisted of 42 patients who received ultrasound debridement as a local treatment, control Group (CG) consisted of 27 patients with adequate drainage. Patients were classified according to PEDIS. For ultrasonic treatment, the Sonoca-180 device with the «hoof» sonotrode was used. Treatment was performed with an operating frequency of 25 kHz. Transcutaneous determination of partial pressure ($TcPO_2$) in the lower extremity tissues was conducted by TCM-400 (Radiometer, Denmark) according to standard methods. Digital camera and a specially — designed hardware-software complex «WoundVeiver» was used for ulcer area measurement objectification. An absolute ulcer area and the relative healing rate (RHR) determined by the formula: $RHR = (1 - S_1/S_0) \cdot 100\%$, where S_1 — area ulcer after treatment period, S_0 — the initial ulcers area were evaluated.

Results and discussion. When $TcPO_2 < 19$ mmHg, the RHR in the RG was $11.15 \pm 13.77\%$ in 4 weeks versus $8.83 \pm 5.58\%$ in the CG ($p > 0.05$). An insignificant wound healing was achieved only as result of medicament revascularization. In 9 RG patients and 7 CG patients an amputation at the thigh or calf level the in 1—7 months after treatment was performed. When $TcPO_2$ ranges from 20 to 29 mmHg the difference of RHR between the RG and the GC becomes statistically significant in 4 weeks ($45.27 \pm 11.35\%$ in RG vs $28.02 \pm 8.80\%$ in CG, $p < 0.01$). There was any complications when using the device. In 11 of 17 RG patients (at $19 < TcPO_2 < 30$ mmHg) 50% ulcers healing was observed within 4 weeks of treatment, compared to 1 of 12 patients in CG.

Conclusions. Using of ultrasound debridement significantly improves wound healing provided minimally sufficient blood supply. In cases of the initial $TcPO_2$, less than 19 mmHg significant healing occurs only under conditions of parallel medical revascularization. With its inefficiency, healing was impossible.

Key words: diabetic foot syndrome, ultrasonic debridement, wound healing, critical ischemia.