

## ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОМЕТРІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ГЛИБИНИ ОПІКІВ ШКІРИ

А. О. Коваленко

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця МОЗ України, м. Київ

## THERMOMETRY APPLICATION FOR ESTIMATION OF THE SKIN BURNS DEPTH

A. O. Kovalenko

Опіки поділяють на поверхневі, що епітелізуються самостійно, і глибокі, потребують хірургічного лікування, що передбачає видалення нежиттєздатних тканин та одночасну або відстрочену пластику шкіри. Глибина опікової рани та відновний потенціал є найбільш важливими детермінантами ефективності хірургічного лікування опіків, впливають на його тривалість та утворення післяопікових рубців. Найбільш часто глибину опікової рани оцінюють візуально. Деякі автори вважають таку оцінку точною лише у 60 — 75% потерпілих, навіть якщо її здійснює досвідчений опіковий хірург [1, 2]. Для більш об'єктивної оцінки глибини опікової рани застосовують такі методи: термографію, метод вітальних барвників, відеоангіографію, відеомікроскопію, лазерну доплерографію, біопсію, гістологічне дослідження [3]. Оцінка глибини опіку з використанням лазерної доплерографії є єдиною методикою, що дозволяє прогнозувати результат лікування рани з великою ймовірністю доказів тяжкості перебігу ранового процесу [4, 5]. Безконтактним методом дослідження вважають термографію, яка передбачає вимірювання температури на відстані з використанням спеціальної інфрачервоної оптики для визначення випромінювання тіла людини з перетворенням його в електричні сигнали, які або дають зображення на екрані електронно—променевої трубки або їх фіксують на спеціальному папері. Для застосування термографії потрібні рідкокристалічні або дистанційні інфрачервоні теплові датчики з спеціальними комп'ютер-

### Реферат

Визначення глибини опікової рани шляхом безконтактної інфрачервоної термометрії дозволяє прогнозувати тяжкість опікового ураження на основі виявлення різниці локальної, перифокальної температури та температури на відповідних неуразених ділянках поверхні тіла. Різниця температури ( $\Delta T$ ) понад  $1^\circ\text{C}$  є чітким критерієм наявності опіку шкіри. Граничною температурою для опіків шкіри визначено  $34^\circ\text{C}$ . Якщо температура опікової рани через 24 год після травми була нижче  $34^\circ\text{C}$  та  $\Delta T 2^\circ\text{C}$  і більше, це свідчило про наявність глибокого опіку шкіри. Встановлена висока (87%) чутливість термометричного тесту через 24 год після травми, специфічність — 96%. При епідермальних опіках температура опікових ран становила у середньому  $(35,9 \pm 0,3)^\circ\text{C}$ , при поверхневих опіках шкіри —  $(35,1 \pm 0,6)^\circ\text{C}$ , при глибоких —  $(33,6 \pm 0,8)^\circ\text{C}$ .

**Ключові слова:** опікове ураження шкіри; глибина опікової рани; температура рани; інфрачервона термометрія.

### Abstract

Determination of the burn wound depth, using noncontact infrared thermometry, permits to predict the burn affection severity, basing on the revealed difference between local, perifocal temperature and temperature in certain nonaffected areas of the body surface. The temperature difference ( $\Delta T$ ) over  $1^\circ\text{C}$  constitutes a strict criterion of the skin burn presence. The temperature  $34^\circ\text{C}$  have been considered a border one for the skin burns. If the burn wound temperature in 24 h after trauma was lower  $34^\circ\text{C}$  and  $\Delta T 2^\circ\text{C}$  and more, it have witnessed the presence of deep burn of the skin. High sensitivity (87%) and specificity (96%) of thermometric test in 24 h after trauma were established. In epidermal burns the temperature of the burn wounds have constituted  $(35.9 \pm 0.3)^\circ\text{C}$  at average, in superficial burns of the skin —  $(35.1 \pm 0.6)^\circ\text{C}$ , and in the deep burns —  $(33.6 \pm 0.8)^\circ\text{C}$ .

**Key words:** the burn affection of skin; the burn wound depth; temperature of the wound; infrared thermometry.

ними пристроями і теплобаченням [6, 7].

Для визначення глибини опікової рани у більшості опікових відділень лікувальних установ України застосовують метод візуалізації. У сучасних вітчизняних та зарубіжних опікових центрах використовують метод лазерної доплерівської флоуметрії. Проте, метод візуалізації — недостатньо об'єктивний, а метод лазерної доплерівської флоуметрії — надто дорогий для багатьох вітчизняних опікових клінік.

Метою роботи є вивчення можливості використання методу безконтактної інфрачервоної термо-

метрії для об'єктивізації визначення глибини термічного ураження і вибору методу лікування.

### МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проаналізовані результати обстеження й лікування 95 потерпілих віком від 14 до 57 років, які з приводу опіків шкіри площею від 5 до 40% поверхні тіла госпіталізовані до Центру термічних уражень і пластичної хірургії Київської МКЛ № 2 у період 2010 — 2014 рр. Температуру опікової рани і неураженої шкіри визначали за допомогою безконтактного цифрового інфрачервоного термометра. Точність приладу

$\pm 0,1$  °C, тривалість вимірювання 0,5 с. Отримані результати порівнювали з температурою неушкодженої шкіри симетричної ділянки тіла і кінцівок. Оцінювали чутливість і специфічність методу. Хворі розподілені на дві групи. У 55 хворих (основна група) для визначення глибини ураження шкіри застосовували інфрачервону термометрію і метод візуалізації опікових ран шкіри; у 40 (група порівняння) — глибину ураження шкіри визначали візуально. Контрольні вимірювання проводили через 24, 36 і 48 год після травми.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Достовірна діагностична оцінка глибини опікової рани має важливе значення під час вибору методу лікування потерпілого. Загоєння ран супроводжується зміною температури пошкоджених тканин, що зумовлене ендо— та екзотермічними біохімічними реакціями ранового процесу, розладами центральної терморегуляції в ураженій ділянці тіла, порушенням кровообігу та іншими чинниками ранового запалення. Тому термометрію використовують в загальному комплексі об'єктивної оцінки стану ран. Динаміка локальної температури ран і перифокальної температури шкіри навколо них значною мірою відображає тяжкість перебігу ранового процесу, тому має певне діагностичне й прогностичне значення. Надзвичайно розвинена мережа судин в шкірі та підшкірному прошарку визначає стан поверхневого кровотоку і є важливим критерієм стану опікової рани. При ураженні кількох шарів шкіри відбуваються рефлекторні зміни поверхневого кровотоку, що супроводжується змінами тепловіддачі. Отже, основним чинником, що визначає температуру шкіри, є інтенсивність кровообігу. Під час виведення потерпілого

з стану шоку відзначають відновлення мікроциркуляції, крім ділянок, де рефлекторна ішемія необоротна.

У хворих групи порівняння під час госпіталізації візуально діагностовані поверхневі опіки шкіри, проведене консервативне лікування ран. На 21—шу добу лікування загоєння ран відзначено не в усіх хворих: у 8 (20%) — частина опіків не загоїлися, у них утворилися гранулюючі рани, що потребувало пересадження шкіри. Через  $(21,5 \pm 1,5)$  доби у цих хворих здійснено аутодермопластику на площі  $(5,3 \pm 1,1)\%$  поверхні тіла. Тривалість лікування хворих групи порівняння становила у середньому  $(25,3 \pm 6,1)$  доби, в тому числі за наявності поверхневих опіків —  $(19,1 \pm 2,1)$  доби, глибоких —  $(33,1 \pm 2,1)$  доби.

У хворих основної групи, крім візуалізації опікових ран через 24, 36 і 48 год після травми, застосований метод безконтактної термометрії, температура опікових ран становила від 32,3 до 36,6 °C. Через 24 год після травми у 15 хворих температура окремих ділянок опікової рани була нижче 34 °C,  $\Delta T$  2 °C і більше, що свідчило про наявність глибоких опіків шкіри. Площа опікового ураження, на якій температура була знижена, становила від 2 до 11% поверхні тіла. Після виведення цих хворих з стану опікового шоку через  $(2,8 \pm 1,1)$  доби здійснене висічення ушкодженої шкіри на визначеній площі глибокого ураження з одночасною аутодермопластикою. Тривалість лікування хворих становила у середньому  $(21,3 \pm 3,7)$  доби, в тому числі за наявності поверхневих опіків —  $(17,4 \pm 2,2)$  доби, глибоких —  $(25,3 \pm 1,6)$  доби.

При дослідженні температури відповідних неуражених сегментів  $\Delta T$  на окремих ділянках становив 0,5°C, 1°C і 2°C. При подальшому спостереженні за перебігом ранового

процесу відзначено, що зони опікових ран, в яких температура в перші 24 год становила  $(35,9 \pm 0,3)$ °C, загоювалися протягом  $(8,5 \pm 3,2)$  доби,  $(35,1 \pm 0,6)$ °C, — протягом  $(16,5 \pm 3,5)$  доби.

У нормі кожна ділянка поверхні тіла має характерний "тепловий рельєф". Над великими кровоносними судинами температура вище, ніж у навколишніх ділянках. Вища температура у зонах інтенсивної васкуляризації, наприклад, у ділянках чола, очних ямок, навколо рота, у верхній частині грудних залоз. Температура шкіри, як правило, однакова на симетричних ділянках тіла, різниця не перевищує 0,3 — 0,5°C. Фізіологічна асиметрія температури на кінцівках становить від 0,3 до 0,8°C, на передній черевній стінці — 1°C. Різниця температури протягом доби понад 1°C з чіткими межами (крім вушних раковин та обличчя) свідчить про наявність патологічного стану, за якого порушений нормальний малюнок судин, реєструють термоасиметрію шкіри.

Термометрія застосована як кількісний метод оцінки глибини опікової рани на основі різниці теплових властивостей уражених тканин. Для обчислення теплової постійної для кожного ступеня опіку проведена серія досліджень (120 вимірювань температури). Значення параметрів порівнювали з оцінкою глибини опіку. За даними гістологічних і клінічних досліджень встановлено, що протягом 24 год температура опікових ран, що епітелізувалися за 3 тиж, становила у середньому  $(35,5 \pm 0,4)$ °C, тих, що не загоїлися у ці строки —  $(33,6 \pm 0,8)$ °C.

Метод безконтактної інфрачервоної термометрії швидкий, неінвазивний, недорогий, потребує подальших клінічних досліджень для підтвердження результатів. За наявності епідермальних опіків темпера-

Температура ураженої поверхні тіла потерпілих за різної тяжкості опіку

Опіки, ступеня	Тактильна чутливість	Больова чутливість	Температура рани, °C ( $\bar{x} \pm m$ )						
			неураженого сегмента	перифокального сегмента	мін	макс	сер.	мода	$\Delta T$
I	+	+	$36,3 \pm 0,3$	$36,5 \pm 0,3$	35,4	36,8	$35,9 \pm 0,3$	35,7	0,7
II А	+	+	$36,2 \pm 0,5$	$36,0 \pm 0,5$	34,0	36,4	$35,1 \pm 0,6$	34,8	1,1
II Б	—	—	$35,6 \pm 0,2$	$34,8 \pm 0,6$	32,3	35,3	$33,6 \pm 0,8$	33,8	2

тура опікових ран протягом 24 год становила у середньому ( $35,9 \pm 0,3$ ) °C, поверхневих опіків шкіри — ( $35,1 \pm 0,6$ ) °C, глибоких — ( $33,6 \pm 0,8$ ) °C (див. таблицю).

Для діагностичних цілей важливо отримати не стільки абсолютне значення температури опікових ран, скільки інформацію про температуру над симетричними ділянками неураженої шкіри тіла і кінцівок. Різниця температури відповідних неуражених сегментів понад 1°C є чітким критерієм наявності опіку шкіри; 2°C і більше — свідчить про наявність глибокого ураження шкіри. Граничною температурою для диференціювання глибоких і поверхневих опіків шкіри вважали 34°C.

Вивчена чутливість термометричного тесту у строки спостереження 24, 36 і 48 год після травми. Достовірними виявилися дані, отримані через 24 год після травми. Відзначена висока чутливість термометричного тесту у ці строки, тобто частка хворих, у яких правильно встановлений діагноз. Вірогідність діагностування глибини опікової рани через 24 год після травми при використанні термометричного тесту становила 87%, специфічність — 96%. У подальшому чутливість тесту зменшувалася. В клінічній практиці тест з високою чутливістю є корисним для виключення діагнозу, якщо результат негативний, тобто, якщо температура опікової поверхні через 24 год після травми перевищувала 34°C,  $\Delta T$  становив 1,1°C, і менше, така рана буде загоюватися самостійно у 96% потерпілих під рано-

вими покриттями; якщо температура менше 34°C і  $\Delta T$  2°C і більше, у 87% потерпілих рана самостійно не загоїться або процес триватиме більше 3 тиж, що потребує оперативного втручання — пересадження шкіри і може завершитися утворенням гіпертрофічного рубця. Наводимо спостереження.

Хворий В., 15 років, госпіталізований до відділення інтенсивної терапії з діагнозом: опік гарячою їжею 25% поверхні тіла, опіковий шок середньої тяжкості. Протягом 24 год проводили протишокову інфузійну терапію. Внутрішньовенно вводили розчини кристалоїдів і колоїдів. З використанням методу візуалізації встановлений діагноз: опік гарячою їжею I—IIA—IIБ ступеня 25% поверхні тіла (IIБ ступеня — 10%). Після госпіталізації на рани накладені пов'язки з водними розчинами антисептиків. Через 24 год після травми проведено безконтактну інфрачервону термометрію з визначенням градієнту температури шкіри відповідного неураженого сегмента, температури рани в різних ділянках, перифокальної температури. Визначені ділянки тіла, на яких знижена температура у порівнянні з такою на відповідних неуражених сегментах і інших ділянках поверхні опіку.

За даними термометричних досліджень, градієнт температури різних ділянок опікової рани становив від 0,5 до 3,5°C у порівнянні з таким інтактної шкіри. Встановлено, що рани, в яких  $\Delta T$  перевищував 3,5°C, становили 7% поверхні тіла, тобто, площа глибоких опіків не 10%, а

7% поверхні тіла. Після цього проведена корекція клінічного діагнозу: опік гарячою їжею I — IIA — IIБ ступеня 25% поверхні тіла (IIБ ступеня — 7%).

Через 2 доби хворому здійснена операція — рання некректомія на площі 7% поверхні тіла з одночасною аутодермопластиком. За даними гістологічного дослідження некротизованих тканин, видалених під час операції, підтверджені результати термометричного тесту щодо площі глибокого некрозу шкіри. Пацієнт виписаний на 17-ту добу, результат лікування хороший.

Таким чином, застосування запропонованого способу дозволило визначити глибину опікового ураження протягом 24 год після травми, своєчасно усунути ураження шкіри, раціонально використати існуючі методи лікування, зменшити тривалість лікування хворих з приводу глибоких опіків шкіри на 8 дб.

## ВИСНОВКИ

1. Визначення глибини опікової рани шляхом безконтактної інфрачервоної термометрії дозволяє прогнозувати глибину опікового ураження на основі різниці локальної, перифокальної температури та температури відповідної неураженої ділянки поверхні тіла.

2. Різниця температури понад 1°C є чітким критерієм наявності опіку шкіри. Граничною температурою для опіків шкіри є 34°C. Температура рани нижче 34°C і градієнт 2°C і більше через 24 год після травми свідчить про наявність глибокого опіку шкіри.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Коваленко О. М. Патогенетичне обґрунтування програм хірургічного лікування дітей з поширеними опіками та вплив їх на перебіг ранового процесу: автореф. дис. ... д—ра мед. наук: спец. 14.01.03 — хірургія / О. М. Коваленко; Нац. мед. ун—т. — К., 2012. — 40 с.
2. Assessment of burn depth and burn wound healing potential / S. Monstrey, H. Hoeksema, J. Verbelen [et al.] // *Burns*. — 2008. — Vol. 34, N 6. — P. 761 — 769.
3. Accuracy of early burn depth assessment by laser Doppler imaging on different days post burn / H. Hoeksema, K. Van de Sijpe, Th. Tondou [et al.] // *Ibid.* — Vol. 35, N 1. — P. 36 — 45.
4. Early depth assessment of local burns by videomicroscopy: 24 h after injury is a critical time point / K. Mihara, H. Shindo, M. Ohtani [et al.] // *Ibid.* — 2011. — Vol. 37, N 6. — P. 986 — 993.
5. Early depth assessment of local burns by videomicroscopy: A novel proposed classification / K. Mihara, H. Shindo, H. Mihara [et al.] // *Ibid.* — 2012. — Vol. 38, N 3. — P. 371 — 377.
6. Пат. РФ 2144308. Способ диагностики ожогов IIIа степени (тепловизор и реополиглюкин) / М. А. Прилучный, А. В. Аминев, С. Н. Колесов, В. А. Аминев (РФ). — Заявл. 21.10.98; опубл. 20.01.2000.
7. Пат. РФ 2339300. Способ диагностики глубины ожоговой раны (с помощью тепловизионного исследования) / П. В. Кислицин, В. А. Аминев, М. А. Прилучный, С. Н. Колесов (РФ). — Заявл. 18.06.07; опубл. 27.11.08.