

## ДИАГНОСТИКА ГЛУБИНЫ ОЖОГОВОГО ПОРАЖЕНИЯ МЕТОДОМ ЭЛАСТОГРАФИИ

Канд. мед. наук А. В. КРАВЦОВ

ГУ «Институт общей и неотложной хирургии им. В. Т. Зайцева НАМН Украины»,  
Харьков, Украина

**Эластография методами компрессионным и сдвиговой волны использована в диагностике глубины ожогов у больных при поступлении в стационар и в процессе лечения в течение первых суток. Установлены критические показатели жесткости ткани (в кПа), позволяющие с большой долей вероятности диагностировать поверхностные и глубокие ожоги и таким образом определять способы и объем местного и общего лечения.**

*Ключевые слова:* ожоги, диагностика, глубина поражения, эластография.

Актуальность проблемы ожогов определяется их частотой (3–4-е место в структуре травматизма), сложностью, длительностью, высокой стоимостью лечения. При лечении обширных глубоких ожогов отмечается значительное количество неудовлетворительных результатов [1]. Из двух факторов, определяющих тяжесть термической травмы, — площади и глубины ожога, последний является чрезвычайно сложной и окончательно нерешенной проблемой, особенно в динамике формирования ожогового поражения, несмотря на множество предложенных методов. Наиболее важна дифференциация поверхностных и глубоких ожогов, так как они принципиально различаются по местным и общим проявлениям и способам лечения [2, 3].

Одним из современных высокотехнологичных методов, позволяющих объективизировать состояние мягких тканей, является ультразвуковое исследование (УЗИ). В настоящее время в УЗИ появились новые диагностические технологии — эластография и эластометрия — методы качественного и количественного анализа упругих свойств тканей [4–6]. Термин «эластография» (от лат. *elasticus* — упругий) впервые предложили в 1991 г. исследователи из Хьюстона (США) [7].

Существуют различные виды эластографии, отличающиеся по физическим принципам, технике выполнения и возможностям оценки. Цветное картирование упругости, или цветовая эластография, характеризует изменение упругости изучаемого объекта в цветовых гаммах, варьируя от сине-голубого до красно-желтого или же наоборот (с учетом разработки фирмы-производителя шкалы мягкой ткани). Ультразвуковая эластография сдвиговой волной дает возможность получить количественные параметры упругости ткани в килопаскалях (кПа) или модуль Юнга. Это обеспечивает в реальном масштабе времени черно-белое представление органа в В-режиме и количественную цветовую карту жесткости области исследования [7–10].

Высокочастотные датчики позволяют визуализировать изменения в коже, при этом чувствительность выявления может достигать 100%, а специфичность оставаться на очень низком уровне. Метод дает возможность точно определить глубину поражения и характер васкуляризации [11]. Компрессионная эластография в настоящее время инкорпорирована в большинство современных ультразвуковых систем экспертного класса и достаточно широко распространена в клинической практике как качественный метод визуальной оценки объемной патологии близко расположенных органов и тканей с помощью высокочастотных линейных датчиков [7].

Компрессионная эластография — широкодоступный метод, позволяющий провести качественную оценку распределения упругости в тканях, единственным относительным количественным показателем компрессионной эластографии является коэффициент деформации SR (strain ratio). Данный показатель отражает степень сжимаемости ткани в зоне интереса по отношению к референтной ткани. Индуцированные смещения отслеживаются датчиком до и после компрессии и вычисляются специальной программой. Компрессия зависит от силы сжатия, которую прикладывает оператор, поэтому, чтобы оптимизировать разную силу, изображение генерируется в режиме реального времени на экране. Эта оценка жесткости тканей не является непосредственной и абсолютной, а представляет собой модуль Юнга, учитывающий субъективные данные. При использовании компрессионной эластографии информация может быть представлена либо графическим путем, либо с помощью цветного картирования [12, 13].

Эластография предусматривает получение изображения с двух- и трехмерным пространственным распределением цветовых пикселей в исследуемой области, кодирующих соответствующие значения жесткости тканей по шкале модуля Юнга в килопаскалях (кПа), что дает в реальном масштабе

времени качественную и количественную цветовую карту жесткости [14].

Таким образом, компрессионная эластография и эластометрия сдвиговой волны позволяют объективно оценить состояние мягких тканей в зоне термического поражения, уровень васкуляризации и относительную жизнеспособность исследуемого биологического материала.

Цель нашей работы — оценить возможность и достоверность метода эластометрии для определения глубины ожогового поражения на этапах раннего местного и инфузионно-медикаментозного лечения термической травмы.

Глубина ожогового повреждения методом компрессионной эластографии изучена у 37 пациентов с термическими ожогами (23 — пламя, 14 — ожоги кипятком; площадь поражения составила от 3 до 12 % поверхности тела), поступивших в Харьковский ожоговый центр в первые 12 ч с момента травмы. Контингент обследованных составили 21 мужчина и 16 женщин в возрасте от 23 до 56 лет, площадь глубокого поражения — от 1 до 7 % при визуальном осмотре в момент поступления. При необходимости пациентам проводилась превентивная инфузионная и медикаментозная терапия в первые 6–12 ч. Уточнение диагноза проводилось с помощью УЗИ методом компрессионной эластографии (Real-time Tissue Elastography HI-RTE) и эластографии сдвиговой волны (Shear Wave Measurement SWM) на аппарате Hitachi Avius (Япония). Технология HI-RTE позволяет оценивать сравнительные величины смещения (деформации) отдельных участков исследуемой области после однократного сдавливания с последующим отображением результатов в реальном масштабе времени на мониторе ультразвукового сканера в виде оттенков серой шкалы либо с помощью цветового кодирования.

В технологии SWM по использованной методике главным измеряемым параметром является скорость распространения сдвиговой волны, которая напрямую зависит от жесткости ткани. Функция SWM производит измерение в малом контрольном объеме с отображением количественного значения, что позволяет получать не только результат, но и количественную оценку его качества. Данная особенность непосредственно способствует повышению точности диагностики и сокращает проведение повторных исследований.

При УЗИ оценка состояния обожженных тканей осуществляется с учетом происходящих в них процессов. В начале наблюдается отек тканей за счет повышенной проницаемости сосудистой стенки в зоне ожога и происходит выход жидкости из сосудистого русла в интерстициальное пространство. В дальнейшем развивается тотальный отек тканей, который приводит к повышенному внутритканевому давлению с дополнительным сдавливанием сосудов и нарушением кровотока. Формируется цепочка патофизиологических расстройств в термически пораженной зоне, сопровождающая

яся соответствующими патоморфологическими изменениями. Развившийся отечный синдром обуславливает расстройство микроциркуляции и в паранекротических тканях, что проявляется повышением их жесткости, определяемой при УЗИ. Микроциркуляторные расстройства, в свою очередь, способствуют ишемизации тканей как в зоне паранекроза, так и в зоне микроциркуляторных нарушений, что в итоге также может привести к некробиотическим изменениям нелетально пораженных тканей.

Нами установлены ранние признаки местного гипертензивного ишемического синдрома и терминальной ишемизации тканей (уже при поступлении больного в стационар) путем выполнения эластографического исследования всей поверхности ожогового поражения и выявления зон глубокого поражения по показателям жесткости тканей [15].

Разработанный способ диагностики глубины ожогового поражения, который включает оценку состояния тканей по данным эластографического УЗИ, позволяет избрать тактику консервативного или оперативного лечения и объема инфузионно-медикаментозной терапии. Эластографическое исследование проводят при поступлении больного как можно раньше в зависимости от клинической ситуации на всей зоне термического поражения. Вначале выполняют компрессионную эластографию, которая позволяет обнаружить предполагаемые участки глубокого ожога. В этих случаях верификация диагноза проводится методом эластографии сдвиговой волны. При достижении показателей жесткости поврежденных тканей  $35,42 \pm 2,17$  кПа для кожи,  $31,49 \pm 3,62$  кПа — для подкожной жировой клетчатки,  $49,37 \pm 4,29$  кПа — для мышечно-фасциальных футляров и  $138,7 \pm 3,8$  кПа — для костно-фасциальных структур и более диагностируют наличие компартмента (местного гипертензивно-ишемического синдрома (МГИС)) и устанавливают необходимость выполнения дренирующих операций — некро- и фасциотомий.

Оценка состояния тканей уже на самом раннем этапе выявляет зоны повреждения тканевых структур, уровень их отечности, объем поражения при субфасциальных ожогах.

Выполнение эластографического исследования позволяет определить состояние этих тканей в динамике некробиотических процессов, а также своевременно выявить усиление ишемии таких зон за счет повышения в них внутритканевого давления и установления показаний к выполнению дренирующих операций некро- и фасциотомии с целью декомпрессии (показатели зональной плотности указаны в таблице).

Избранные пределы показателей жесткости поврежденных тканей позволяют достоверно определять зоны ишемии для различных типов тканей.

Клинические наблюдения свидетельствуют об объективной диагностике глубины термического поражения описанным методом.

**Показатели зональной плотности тканей  
при местном гипертензивном ишемическом синдроме, кПа**

Плотность тканей по модулю Юнга	Кожа	Подкожно-жировая клетчатка	Мышечно-фасциальные футляры	Костно-фасциальные структуры
Показатели неповрежденных тканевых структур	16,83±1,53	9,27±2,38	28,13±1,76	91,4±9,47
МГИС с терминальной ишемизацией тканей	35,42±2,17	31,49±3,68	49,37±4,29	138,7±3,8



Рис. 1. Выполнение эластографического исследования у пациентки с ожогом

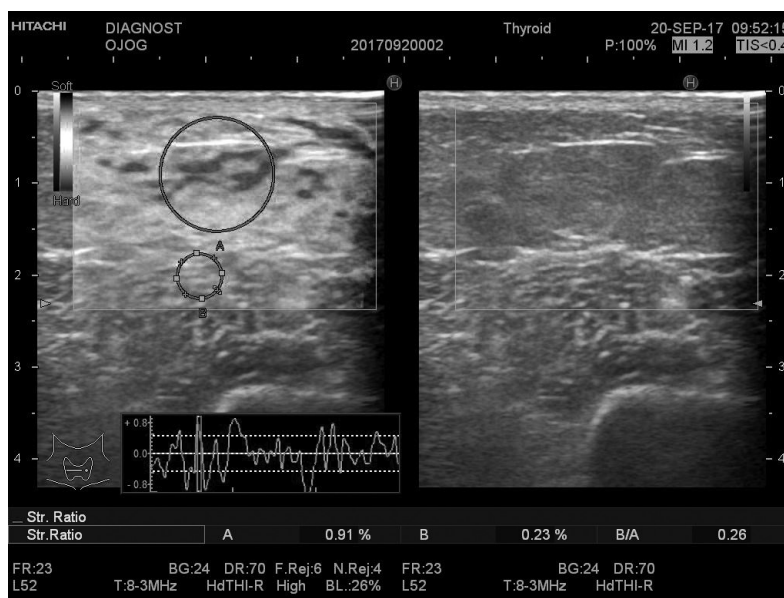


Рис. 2. Базовая (справа) и качественная (слева) оценка глубины ожога в режиме компрессионной эластографии

Больная С. доставлена в Харьковский ожоговый центр после ожога пламенем лица, туловища, левой верхней конечности. При визуальном осмотре установлен ожог II<sub>аб</sub>–III степени 12,4% поверхности тела. В ходе проведения превентивных противошоковых мероприятий больной было выполнено диагностическое эластографическое исследование участков глубокого повреждения (рис. 1, 2). Выяснилось, что в зоне повреждения по всей поверхности кожи жесткость тканей по модулю Юнга не превышает 32,0 кПа, что позволило исключить повреждения глубоких слоев кожи и подлежащих тканей и определить поверхностный ожог. Первичное местное лечение заключалось в секвенциальной некрэктомии поверхностных слоев обожженной кожи, ксенопластике модифицированными по нашей методике покрытиями [16]. При дальнейшем лечении поверхностный характер ожогов подтвердился, несмотря на визуальные признаки глубокого поражения, наблюдаемые при поступлении пациентки. Проведенное

лечение привело к спонтанной эпителизации ожоговой поверхности на 17-е сутки с момента травмы. Пациентка выписана из отделения с полной клинической и социальной реабилитацией.

Проведенное исследование позволяет сделать такие выводы:

1) с помощью ультразвуковой эластографии можно дифференцировать глубокие и поверхностные ожоги, в комплексе проводимых исследований повысить точность диагностики глубины ожогового поражения;

2) достоверная диагностика глубины ожога дает возможность выбрать оптимальный метод местного лечения (консервативный или хирургический), определить объем и качество инфузионной и медикаментозной терапии;

3) положительные качества метода – неинвазивность, возможность проведения экспресс-диагностики, достаточно высокая точность прогноза.

#### Список литературы

- Информационный бюллетень № 365. Ожоги. ВОЗ. Март 2018 г. – URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs365/ru/index.html>
- Коваленко О. М. Патогенетичне обґрунтування програм хірургічного лікування дітей з поширеними

опіками та вплив їх на перебіг раневого процесу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра мед. наук; СПЕЦ. 14.0.03 «Хірургія» / О. М. Коваленко. – К., 2012. – 40 с.

- Critical Review of Burn Depth Assessment Techniques:

- Part I. Historical Review / A. D. Jaskille, J. W. Shupp, M. H. Jordan, J. C. Jeng // J. of Burn Care & Research.— 2009.— Vol. 30, № 6.— P. 937–947.
4. Определение диагностической эффективности современных методов визуализации / Н. В. Мартынова, Н. В. Нуднов, Н. А. Головина [и др.] // Медицинская визуализация.— 2005.— № 1.— С. 140–144.
  5. Garra B. S. Tissue elasticity imaging using ultrasound / B. S. Garra // Applied Radiology.— 2011.— № 40 (4).— P. 24–30.
  6. Hall T. J. Beyond the basics: Elasticity imaging with US / T. J. Hall // Radiographics.— 2003.— Vol. 23, № 23 (6).— P. 1657.
  7. Зыкин Б. И. Эластография: анатомия метода / Б. И. Зыкин, Н. А. Постнова, М. Е. Медведев // Променева діагностика, променева терапія.— 2012.— № 2–3.— С. 107–113.
  8. Роль цветовой эластографии в дифференциальной диагностике очаговых изменений в грудных железах / Р. Я. Абдуллаев, С. А. Пономаренко, Д. Ю. Гульченко, А. И. Мухомор // Український радіологічний журн.— 2014.— № 2.— С. 72–74.
  9. Ультразвукова еластографія: різноманітність та пастки / О. Б. Динник, Н. М. Кобиляк, О. М. Мішанич, О. М. Коричевський // IV конгрес Української асоціації фахівців ультразвукової діагностики, 14–16 травня 2012 р., м. Київ.— К., 2012.— С. 133–134.
  10. A meta-analysis of transient elastography for the detection of hepatic fibrosis / J. Stebbing, L. Farouk, G. Panos [et al.] // J. Clin. Gastroenterol.— 2010.— № 44.— P. 214–219.
  11. Ультрасонография мягких тканей опорно-двигательного аппарата / Р. Я. Абдуллаев, С. Г. Керимов, А. Н. Хвисьюк, В. Г. Марченко.— Харьков: Нове слово, 2012.— 148 с.
  12. Зыкин Б. И. Ультразвуковая эластография (обзор) / Б. И. Зыкин, Н. А. Постнова, М. Е. Медведев // Медицинский алфавит. Диагностическая радиология и онкотерапия.— 2013.— № 1–2.— С. 14–19.
  13. Ультразвуковая эластография — новый метод в дифференциальной диагностике новообразований различных локализаций. Оптимизация методов лечения рецидивов и метастазов рака различных локализаций / Н. А. Максимова, М. А. Арзамасцева, К. П. Бойко [и др.]; под ред. О. И. Кита.— Ростов-на-Дону: ЗАО «Ростиздат», 2012.— С. 149–153.
  14. Дынник О. Б. Сдвиговолновая эластография и эластометрия паренхимы печени. Методические аспекты / О. Б. Дынник, А. В. Линская, Н. Н. Кобыляк // Променева терапія.— 2014.— № 1–2.— С. 73–82.
  15. Пат. 118540 u UA; A61B 10/00 Спосіб діагностики тяжкості опікового ураження / О. В. Кравцов Ю. І. Козін, Т. А. Курбанов; ДУ «Інститут загальної та невідкладної хірургії ім. В. Т. Зайцева НАМН України».— u 2017 02354, Заявл. 14.03.2017; Опубл. 10.08.2017, Бюл. № 15.
  16. Пат. 104048 u UA; A61B 17/00 Спосіб біоактивації ліофілізованих ксенотрансплантатів / В. В. Бойко, Ю. І. Козін, О. В. Кравцов; ДУ «Інститут загальної та невідкладної хірургії ім. В. Т. Зайцева НАМН України».— u 2015 06609, Заявл. 06.07.2015; Опубл. 12.01.2016, Бюл. № 1.

## ДІАГНОСТИКА ГЛИБИНИ ОПІКОВОГО УРАЖЕННЯ МЕТОДОМ ЕЛАСТОГРАФІЇ

О. В. КРАВЦОВ

Еластографію методами компресійним і зсувної хвилі використано у діагностиці глибини опіків у хворих при надходженні до стаціонару й у процесі лікування протягом першої доби. Установлено критичні показники жорсткості тканини (у кПа), що дає змогу з великою часткою ймовірності діагностувати поверхневі та глибокі опіки і таким чином визначати способи та об'єм місцевого й загального лікування.

*Ключові слова:* опіки, діагностика, глибина ураження, еластографія.

## DIAGNOSIS OF BURN DEPTH WITH ELASTOGRAPHY

O. V. KRAVTSOV

Elastography with compression and shear waves was used to diagnose the depth of burns in patients both during admission and during treatment within the first 24 hours. Critical parameters of tissue stiffness (in kPa) allowing to diagnose superficial and deep burns with a high degree of probability and thereby determine the methods and extent of local and general treatment were established.

*Key words:* burns, diagnosis, depth of lesion, elastography.

Поступила 27.06.2018