

Ультразвуковая эластография: обзор методов и клиническое применение (Часть 1)



THERANOSTICS

Home | Editorial board | Author info | Submit a manuscript

[Theranostics](#), 2017; 7(5): 1303–1329.

Published online 2017 Mar 7. doi: [10.7150/thno.18650](#)

PMCID: PMC5399595

PMID: [28435467](#)

Ultrasound Elastography: Review of Techniques and Clinical Applications

[Rosa M.S. Sigrist](#),¹ [Joy Liao](#),¹ [Ahmed El Kaffas](#),¹ [Maria Cristina Chammas](#),² and [Juergen K. Willmann](#)^{1,✉}



Выполнила:
Мартынова Е.А.,
ординатор 1-го года обучения
специальности 31.08.11 «УЗД»



Актуальность

- Оснащенность ультразвукового аппарата дополнительными опциями помогает врачу диагностического отделения наиболее широко использовать возможности метода и получить более полную информацию о состоянии органов и систем
- Методы эластографии могут использоваться для дифференциальной диагностики доброкачественной и злокачественной патологии
- Эти методы основаны на изменении эластичности мягких тканей в результате определенных патологических или физиологических процессов для получения качественного и количественного анализа механических свойств тканей



Цель:

Оценка методов эластографии и их клинического применения для определения характера патологических образований печени, щитовидной железы, почек, предстательной железы и лимфатических узлов

Методы ультразвуковой эластографии

Эластография оценивает эластичность ткани, то есть способность ткани сопротивляться деформации под действием приложенной силы или восстанавливать свою первоначальную форму после снятия силы





Компрессионная эластография

По методу возбуждения:

1	2
Оператор вручную сдавливает ткань УЗ-датчиком	Смещение ткани вызывается внутренним физиологическим движением
Для поверхностных органов (молочная железа и щитовидная железа), однако сложно оценить эластичность более глубоко расположенных органов, таких как печень	Можно использовать для оценки более глубоко расположенных органов



Компрессионная эластография

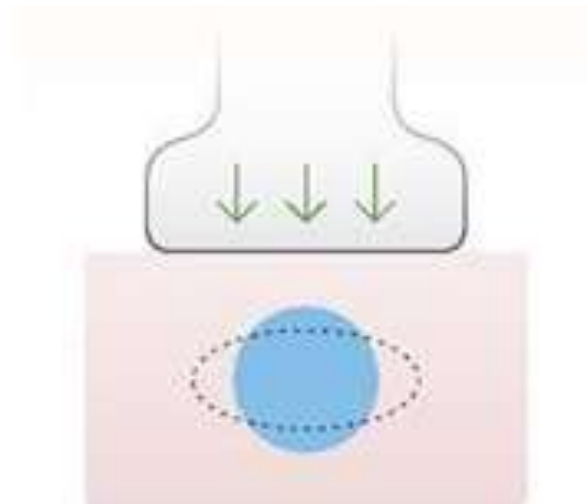
К ткани прикладывается нормальное
напряжение σ_n и измеряется нормальная
деформация ε_n

Уравнение $\sigma_n = E \cdot \varepsilon_n$

используется, чтобы обеспечить качественную
оценку модуля Юнга E

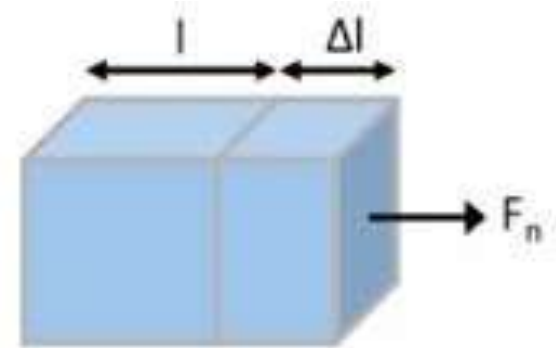
Компрессионная эластография

Измеряется смещение ткани Δl и оценивается деформация ε_n



Strain
 ε

Elastic
Moduli



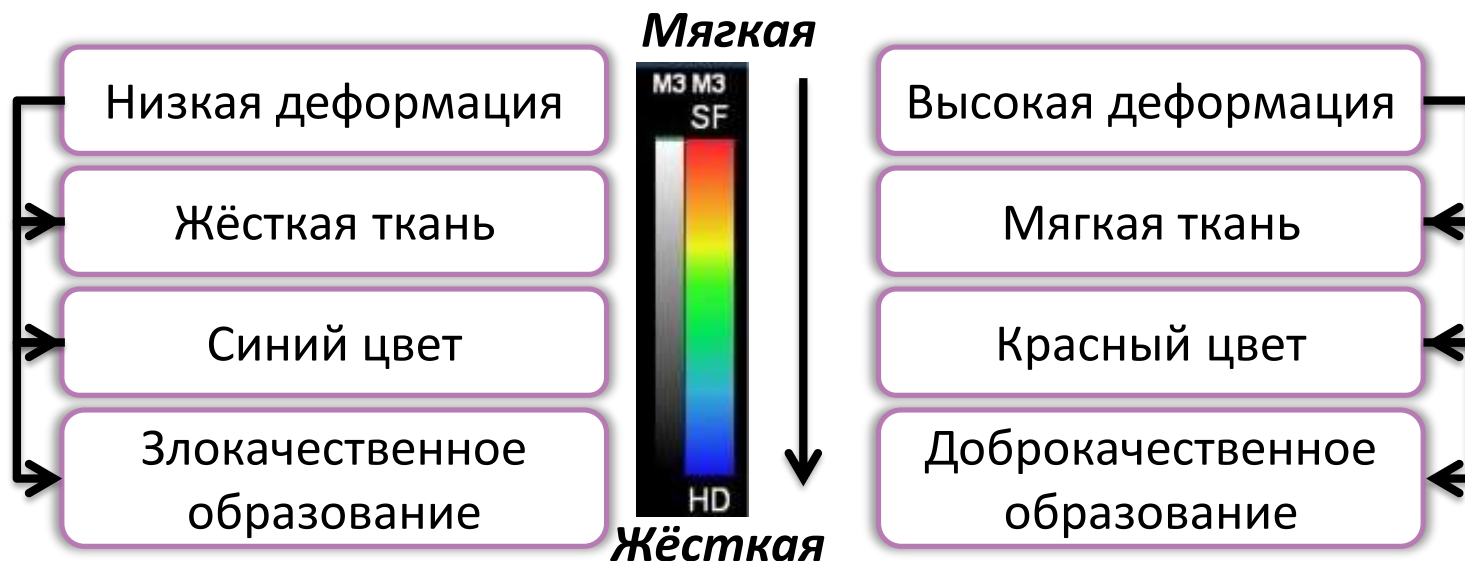
$$\varepsilon_n = \frac{\Delta l}{l}$$

$$\text{Young's Modulus} = E = \frac{\sigma_n}{\varepsilon_n}$$

Измеренная нормальная деформация ε_n обеспечивает качественную меру модуля Юнга E и, следовательно, эластичности ткани

Компрессионная эластография

Измерения деформации отображаются в виде эластограммы, накладываемой на изображение в В-режиме

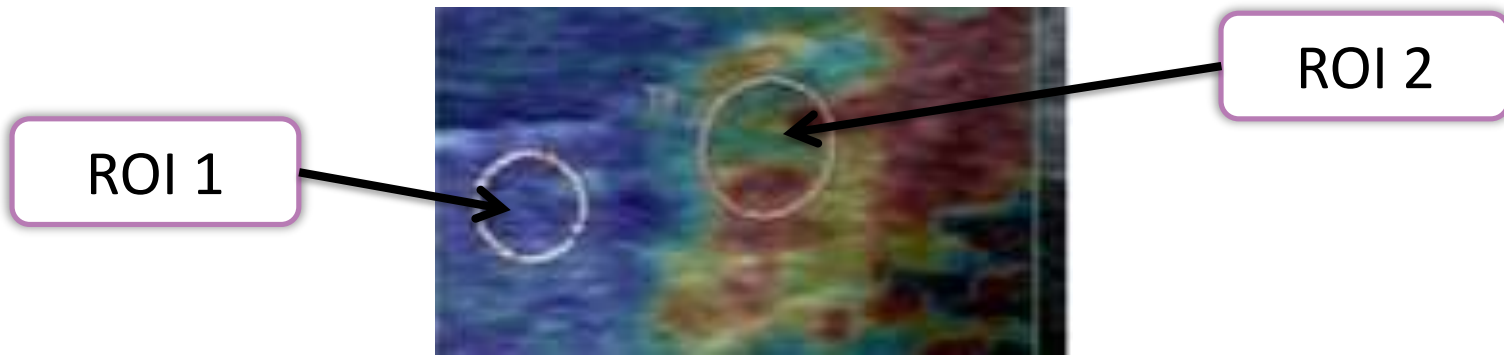


Цветовая шкала может варьироваться в зависимости от производителя УЗ-аппарата

Компрессионная эластография

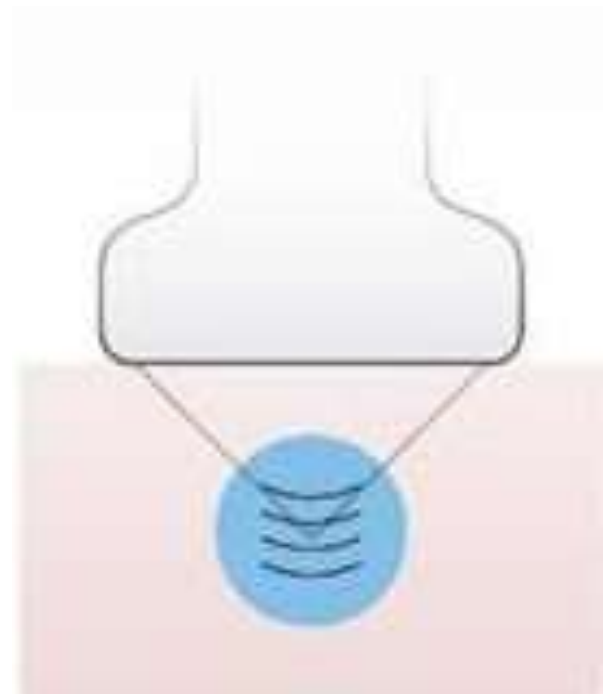
- **Полуколичественная оценка:** отношение деформации, измеренной в соседней (обычно нормальной) эталонной исследуемой области ткани (ROI 1), к деформации, измеренной в ROI 2 целевого поражения
- **Коэффициент деформации** > 1 указывает на то, что целевое поражение сжимается меньше, чем нормальная эталонная ткань, что указывает на меньшую деформацию и большую жесткость

$$\text{Strain Ratio} = \frac{\text{Жёсткость 1}}{\text{Жёсткость 2}}$$



ARFI

Измерение деформации с помощью импульса акустической радиационной силы (ARFI) – для смещения ткани используется сила акустического излучения





Эластография сдвиговой волны (SWI)

Измерение скорости поперечной волны дает
качественные и количественные оценки
эластичности ткани

*В настоящее время существует три технических
подхода к SWI:*

- 1) одномерная транзиентная эластография (1D-TE)
- 2) точечная эластография сдвиговой волны (pSWE)
- 3) двумерная эластография сдвиговой волны (2D-SWE)

1D транзистентная эластография

Первой коммерчески доступной системой SWI была система 1D-TE FibroScan™ (Echosens, Париж, Франция) для оценки состояния печени

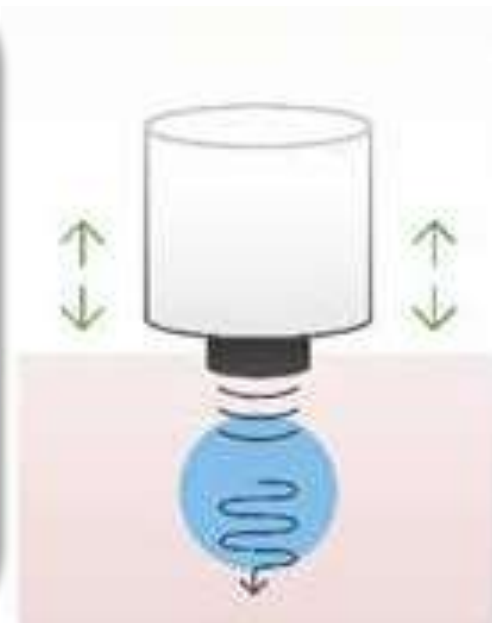
Зонд Fibroscan - устройство, содержащее как ультразвуковой преобразователь, так и механическое вибрирующее устройство



Сигнал на поверхность тела, чтобы генерировать поперечные волны, распространяющиеся через ткань



Эластография в А-режиме для измерения скорости поперечной волны (вычисляется модуль Юнга)



Измерения оценивают объем ткани примерно 1 см в ширину и 4 см в длину, что более чем в 100 раз превышает средний объем образца биопсии

Точечная эластография сдвиговой волны

Используется импульс акустической радиационной силы,
чтобы вызвать смещение ткани



Часть генерируемых продольных волн преобразуется в
поперечные волны за счет поглощения акустической энергии



Измеряется скорость поперечных волн, перпендикулярных
плоскости возбуждения, которая преобразуется в модуль
Юнга E для количественной оценки эластичности ткани



Преимущества pSWE по сравнению с 1D-TE:

- Выполняется с использованием стандартного УЗ-датчика для визуализации печени в В-режиме, чтобы выбрать однородную область паренхимы печени без крупных сосудов или расширенных желчных протоков
- В 1D-TE поперечные волны создаются возбуждением на поверхности тела, а pSWE создает поперечные волны, которые возникают локально внутри печени

Двумерная (2D) эластография сдвиговой волны

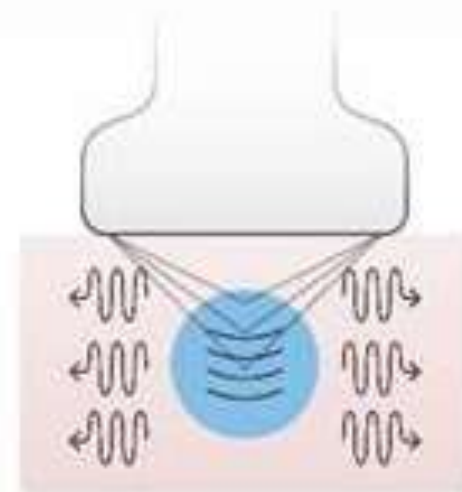
Сразу несколько фокальных зон анализируются в быстрой последовательности (быстрее, чем скорость поперечной волны)



Это создает почти цилиндрический конус поперечной волны, позволяющий в реальном времени контролировать поперечные волны в 2D-режиме



Измерение скорости поперечной волны или модуля Юнга E и генерация количественных эластограмм



Преимущество метода: визуализация в режиме реального времени цветной количественной эластограммы, наложенной на изображение в В-режиме, что позволяет оператору ориентироваться как на анатомическую информацию, так и на информацию о жесткости ткани



Технические ограничения ультразвуковой эластографии

- Оценка более глубоких тканей и органов ограничена (ослабление УЗ-сигнала в зависимости от глубины)
- Жидкость или подкожный жир также ослабляют распространение внешнего раздражителя, воздействующего на поверхность кожи
- Системные настройки и параметры (зависит от производителя УЗ-аппаратов)
- Измерения имеют субъективный характер, поскольку величину приложенного напряжения трудно контролировать с помощью ручного сжатия, зависящего от оператора и присущей изменчивости физиологического движения (выбор ROI также зависит от оператора)



Выводы:

- Использование ультразвуковой эластографии позволяет получить дополнительную информацию к УЗИ в В-режиме для дифференциации доброкачественных и злокачественных образований
- Эластография имеет большой потенциал для клинического применения, и дальнейшее развитие приведет к широкому использованию методов эластографии в ближайшие годы



Список литературы:

Sigrist R. M. S. et al. Ultrasound elastography: review of techniques and clinical applications //Theranostics. – 2017. – Т. 7. – №. 5. – С. 1303



**Спасибо за
внимание!**