

# Эластография сдвиговой волной в оценке эндометрия и миометрия у здоровых женщин репродуктивного возраста

В.Н. Диомидова<sup>1,2</sup>, О.В. Захарова<sup>3</sup>, О.В. Петрова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВПО “Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова”, г. Чебоксары

<sup>2</sup> БУ “Городская клиническая больница №1” Министерства здравоохранения и социального развития Чувашской Республики, г. Чебоксары

<sup>3</sup> ГБОУ ВПО “Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

Цель нашего исследования – разработка нормативных значений модуля Юнга эндометрия и миометрия у женщин репродуктивного возраста. В исследование включены 45 женщин репродуктивного возраста, из них 22 были практически здоровые нерожавшие женщины, 23 – практически здоровые рожавшие (1 или 2 ребенка). Возраст обследованных – 24–48 лет. Ультразвуковое исследование матки в режиме эластографии сдвиговой волной проводилось на аппарате Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) с использованием внутривагинального трансвагинального датчика с диапазоном частоты 3–12 МГц. Значения модуля Юнга эндометрия колебались от 5,7 до 29,3 кПа (медиана 16,5 кПа) (Eteap), 7,7–33,7 кПа (17,6 кПа) (Eтах); эндоцервикса – 17,2–49,7 кПа

(33,1 кПа), 18,3–52,9 кПа (38,8 кПа) соответственно ( $P < 0,05$  для обоих сравнений). Значения модуля Юнга миометрия тела матки колебались от 7,0 до 41,8 кПа (22,3 кПа) (Eteap), 10,7–57,0 кПа (29,3 кПа) (Eтах); миометрия шейки матки – 17,2–83,7 кПа (42,3 кПа), 22,6–99,5 кПа (52,4 кПа) соответственно ( $P < 0,05$  для обоих сравнений). Установленные нормативные значения модуля Юнга для неизмененного эндометрия, эндоцервикса, миометрия тела и шейки матки могут быть использованы для практического применения в дифференциальной диагностике различной патологии матки.

**Ключевые слова:** ультразвуковая диагностика, ультразвуковая эластография, эластография сдвиговой волной, миометрий, эндометрий, эндоцервикс.

Диомидова В.Н. – д.м.н., профессор, заведующая кафедрой пропедевтики внутренних болезней с курсом лучевой диагностики ФГБОУ ВПО “Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова”; заведующая отделением ультразвуковой диагностики БУ “Городская клиническая больница №1” Министерства здравоохранения и социального развития Чувашской Республики. Захарова О.В. – к.м.н., врач акушер-гинеколог Университетской клинической больницы №2 ГБОУ ВПО “Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова” Министерства здравоохранения Российской Федерации. Петрова О.В. – врач ультразвуковой диагностики отделения ультразвуковой диагностики БУ “Городская клиническая больница №1” Министерства здравоохранения и социального развития Чувашской Республики.

**Контактная информация:** 428015 г. Чебоксары, Московский проспект, д. 15, Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, кафедра пропедевтики внутренних болезней с курсом лучевой диагностики. Диомидова Валентина Николаевна. Тел.: (835-2) 45-26-17. E-mail: diomidovavn@rambler.ru

## ВВЕДЕНИЕ

Алгоритм клинического обследования женщин при патологии матки и придатков значительно улучшился с внедрением доплеровских технологий при использовании трансвагинального доступа [1]. В последние годы возможности ультразвуковой диагностики значительно расширились еще и благодаря использованию новой технологии – ультразвуковой эластографии, позволяющей качественно и количественно оценить показатели механических свойств различных мягкотканых структур, скелетно-мышечной системы, железистых и паренхиматозных органов [2–4].

Эластография сдвиговой волной уверенно входит в клиническую практику гепатологии, маммологии, тиреологии, урологии, онкологии, педиатрии, так как неинвазивным способом позволяет оценить жесткость исследуемых структур [5–8]. Непрерывно растущее число публикаций результатов исследований последних лет позволили эластографии и эластометрии сдвиговой волной перейти из разряда экспериментального в разряд достаточно используемого в клинике метода [9, 10].

Основным аргументом в пользу использования эластографии с эластометрией сдвиговой волной в практическом здравоохранении стало внедрение данной технологии в клинику с целью расширения диагностического спектра и приобретения дополнительных возможностей для влияния на принимаемое решение в трудных диагностических ситуациях [10]. К примеру, установлено, что определение количественных значений жесткости обладает высокой информативностью в диагностике рака молочной железы (пороговое значение модуля Юнга 55,3 кПа характеризуется чувствительностью 97,7%, специфичностью 85,9% и  $AUC$  0,945) [8].

Исследования об использовании эластографии сдвиговой волной в диагностике гинекологической патологии на сегодняшний день единичные [11–16]. Среди них работа В.В. Митькова и соавт. (2011) [13], в которой дана оценка значений модуля Юнга миометрия при аденомиозе (при исследовании пациентов с подозрением на аденомиоз пороговое значение модуля Юнга 35 кПа характеризуется чувствительностью 92,2% и специфичностью

95,0%) (Aixplorer, SuperSonic Imagine, Франция).

В другом исследовании В.В. Митькова и соавт. (2011) [12] значения модуля Юнга для миометрия тела матки у женщин репродуктивного (медиана  $E_{mean}$  – 24,6 кПа,  $E_{max}$  – 29,4 кПа) и постменопаузального ( $E_{mean}$  – 16,9 кПа,  $E_{max}$  – 20,1 кПа) возрастов достоверно различаются (Aixplorer, SuperSonic Imagine, Франция). Также отмечено, что значения модуля Юнга неизменного миометрия не зависят от фазы менструального цикла женщины [12].

Интересно, что метод эластографии сдвиговой волной характеризуется хорошей воспроизводимостью при исследовании гинекологических органов и не требует дополнительных затрат времени на исследование [11].

В экспериментальном исследовании L.C. Carlson et al. (2014) [15] показано, что значения скорости сдвиговой волны возрастают от дистальных к проксимальным отделам шейки матки ( $P < 0,0001$ ). Также отмечено, что значения скорости сдвиговой волны в интактной шейке (средние отделы) в области передней стенки составляют  $3,45 \pm 0,95$  м/с ( $M \pm \sigma$ ), задней –  $3,56 \pm 0,92$  м/с; в шейке под воздействием Мизопростола –  $2,11 \pm 0,45$  м/с,  $2,68 \pm 0,57$  м/с соответственно ( $P < 0,001$  для обоих сравнений) (S2000, Siemens, Германия).

Е. Hernandez-Andrade et al. (2014) [16] в своей работе сравнивали значения скорости сдвиговой волны в области наружного и внутреннего зева на различной глубине (Aixplorer, SuperSonic Imagine, Франция). Количественная оценка проводилась при поперечном сечении шейки матки в передних, боковых, задних частях, а также в области эндоцервикса. Были обследованы 154 беременные в сроке 11–36 нед гестации. В области внутреннего зева скорость сдвиговой волны эндоцервикса была достоверно ниже по сравнению с другими локализациями только после 14 нед гестации. В области наружного зева скорость сдвиговой волны в передней части и эндоцервиксе была достоверно ниже при сравнении с другими локализациями. Как и в работе L.C. Carlson et al. [15], получены более высокие значения скорости сдвиговой волны в области внутреннего зева. Кроме того, Е. Hernandez-Andrade et al. [16] в своей ра-

боте описали достоверные обратные корреляции значений скорости сдвиговой волны и гестационного возраста, характерные для всех локализаций.

Цель нашего исследования – разработка нормативных значений модуля Юнга эндометрия и миометрия у женщин репродуктивного возраста.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведен анализ данных комплексного ультразвукового исследования матки у 45 женщин репродуктивного возраста, из них 22 были практически здоровые нерожавшие женщины, 23 – практически здоровые рожавшие (1 или 2 ребенка). Возраст обследованных колебался от 24 до 48 лет.

Программа обследования женщин включала в себя клиничко-анамнестические и лабораторно-инструментальные методы диагностики. Критериями включения в работу были: репродуктивный возраст пациентки; отсутствие в анамнезе и в момент исследования гинекологических, системных и эндокринных заболеваний, оперативных вмешательств и кесарева сечения; отсутствие приема гормональных и иных медикаментов; нормальная эхографическая картина матки и придатков; сроки не ранее 9 мес после последних родов и установления регулярных месячных после родов не менее 3 мес; информированное согласие женщины.

Ультразвуковые исследования матки и придатков проводились на аппарате Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) в различных режимах ультразвуковой визуализации с использованием конвексного трансабдоминального датчика с диапазоном частоты 1–6 МГц и внутриволостного трансвагинального датчика с диапазоном частоты 3–12 МГц.

Комплексное ультразвуковое исследование матки и придатков состояло из нескольких последовательно использованных режимов эхосканирования. По общепринятой стандартной технологии проводилась эхография матки и придатков в двухмерном серошкальном и доплерографических режимах с использованием стандартной схемы анализа нормы и патологии гинекологических органов трансабдоминальным

и трансвагинальным доступами для оценки морфофункционального состояния матки и яичников.

На следующем этапе после обязательного опорожнения мочевого пузыря с помощью трансвагинального датчика пациенткам проводилось исследование матки с использованием режима ультразвуковой эластографии сдвиговой волной. Переключение в режим эластографии производилось после получения оптимального эхоизображения всех структурных элементов матки в серошкальном В-режиме. Для получения качественной эластографической карты ультразвуковой датчик устанавливался без применения компрессии на исследуемый орган, использовался лишь легкий нажим такой силы, что был необходим для получения четкого изображения органов в В-режиме.

После стабилизации максимально окрашенной цветом эластографической карты в цветовом окне переходили к качественной визуальной характеристике эластограммы. В окне интереса оценивали качество эластографической карты и преобладающий цветовой фон по соответствующей цветовой шкале. Нами был использован тип цветовой эластографической карты, при котором происходило окрашивание более жестких структур в красный цвет, менее жестких – в синий, а различные оттенки желто-зеленого цвета давали ткани с промежуточной жесткостью.

Далее, устанавливая зону интереса (Q-box) в области тела и шейки матки, производили количественную оценку модуля Юнга (жесткости) исследуемого отдела (не менее чем в трех зонах миометрия, эндометрия и эндоцервикса с последующим усреднением полученных данных).

Размер цветового окна менялся в зависимости от исследуемого отдела. Диаметр Q-box при исследовании миометрия устанавливался от 3 до 10 мм, эндометрия – 2 мм. При этом глубина измерений и шкала значений модуля Юнга (180 кПа) соответствовали рекомендациям производителя.

В дальнейшем оценивались следующие количественные характеристики модуля Юнга: среднее (E<sub>mean</sub>) и максимальное (E<sub>max</sub>) значения и стандартное отклонение (SD). Полученные данные обрабатывались

**Таблица 1.** Значения модуля Юнга эндометрия и эндоцервикса у здоровых женщин репродуктивного возраста (n = 45)

Отдел матки	Модуль Юнга, кПа		
	Emean	Emax	SD
Эндометрий	16,5	17,6	1,0
	11,9–22,4	13,6–24,1	0,7–1,8
	6,4–26,2	8,5–30,3	0,5–3,2
	5,7–29,3	7,7–33,7	0,3–4,7
Эндоцервикс	33,1*	38,8*	1,9
	25,0–41,1	27,1–46,8	0,9–3,2
	21,3–44,6	22,6–51,5	0,6–4,8
	17,2–49,7	18,3–52,9	0,2–5,2

*Примечание.* Здесь и далее на первой строке представлена медиана, на второй – 25–75-й процентиля, на третьей – 2,5–97,5-й процентиля, на четвертой – минимальное–максимальное значения. \* – достоверность различий при сравнении жесткости эндометрия и эндоцервикса при  $P < 0,05$ .

**Таблица 2.** Значения модуля Юнга миометрия в области тела и шейки матки у здоровых женщин репродуктивного возраста (n = 45)

Отдел матки	Модуль Юнга, кПа		
	Emean	Emax	SD
Тело	22,3	29,3	1,7
	17,0–33,2	15,6–52,4	1,3–8,5
	8,4–40,5	12,8–55,8	0,9–9,6
	7,0–41,8	10,7–57,0	0,3–10,6
Шейка	42,3*	52,4*	3,2
	23,2–64,2	25,8–74,7	1,9–7,4
	21,8–72,1	23,3–87,4	1,6–9,0
	17,2–83,7	22,6–99,5	0,1–10,5

*Примечание.* Представление количественных параметров, как в табл. 1. \* – достоверность различий при сравнении жесткости миометрия в разных отделах при  $P < 0,05$ .

стандартными методами статистики с представлением в виде медианы (50-й процентиль), 25–75-го и 2,5–97,5-го процентилей, минимального и максимального значений. При  $P \leq 0,05$  различия считались достоверными.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Визуальная качественная оценка эластограмм по соответствующей цветовой шкале производилась после полного окрашивания окна интереса в различных отделах матки. Необходимое время для стабилизации цветовой эластографической карты составляло около 4 с. При эластографии сдвиговой волной в цветовом окне как в области миометрия, так и эндометрия (эндоцервикса) определялся равномерно покрашенный однородный синий фон (шкала 180 кПа).

Значения модуля Юнга, полученные при исследовании здоровых женщин репродуктивного возраста, представлены в табл. 1 и 2. Значения Emean и Emax в области эндометрия и эндоцервикса, а также миометрия тела и шейки матки достоверно различались – более высокие значения характерны для эндоцервикса и миометрия шейки матки соответственно.

Как уже было отмечено выше, в доступной литературе имеются лишь единичные публикации о результатах применения технологии эластографии сдвиговой волной для оценки жесткости различных отделов матки. Причем некоторые из них сделаны *ex vivo* [14, 15]. В работе В.В. Митькова и соавт. (2011) [12] диапазон нормативных значений (2,5–97,5-й процентиля) жесткости (модуля Юнга) миометрия тела матки у женщин репродуктивного возраста колеблется от 17,8 до 33,0 кПа (медиана –

24,6 кПа) для Emean, от 21,4 до 36,5 кПа (медиана – 29,4 кПа) для Emax. Результаты нашей работы согласуются с этими данными при большем разбросе значений модуля Юнга (2,5–97,5-й процентиля для Emean – 8,4–40,5 кПа, для Emax – 12,8–55,8 кПа).

Как и в исследовании E. Hernandez-Andrade et al. (2014) [16], которые установили, что скорость сдвиговой волны эндоцервикса была достоверно ниже по сравнению с миометрием шейки матки, в нашей работе значения модуля Юнга эндоцервикса были ниже по сравнению с миометрием шейки матки ( $P < 0,05$ ). То же самое было нами установлено и для эндометрия и миометрия тела матки ( $P < 0,05$ ). Необходимо отметить, что E. Hernandez-Andrade et al. [16] обследовали беременных женщин в сроке 11–36 нед гестации, а для области внутреннего зева скорость сдвиговой волны эндоцервикса была достоверно ниже по сравнению с миометрием шейки матки только после 14 нед гестации.

Таким образом, в результате исследования здоровых женщин репродуктивного возраста при использовании технологии эластографии сдвиговой волной установлены нормативные значения модуля Юнга для неизмененного эндометрия, эндоцервикса, миометрия тела и шейки матки, которые могут быть использованы для практического применения в дифференциальной диагностике различной патологии матки. Клиническое значение данной технологии должно оцениваться в дальнейших исследованиях женщин с определенными характеристиками различных изменений матки.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федорова Е.В., Липман А.Д., Омеляненко А.И., Шакунова В.П. Исследования маточного и яичникового кровотока у пациенток с бесплодием при лечении методами вспомогательных репродуктивных технологий. I. Исследование кровотока яичников, фолликула и желтого тела // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2002. № 3. С. 133–141.
2. Зыкин Б.И., Постнова Н.А., Медведев М.Е. Эластография: анатомия метода // Променева диагностика, променева терапия. 2012. №№ 2–3. С. 107–113.
3. Митьков В.В., Васильева А.К., Митькова М.Д. Механические (упругие) свойства предстательной железы при эластографии сдвиговой волны // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2012. № 6. С. 16–20.
4. Митьков В.В., Иванишина Т.В., Митькова М.Д. Ультразвуковое исследование неизмененной щитовидной железы с применением технологии эластографии сдвиговой волной // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2014. № 6. С. 13–23.
5. Диомидова В.Н., Петрова О.В. Сравнительный анализ результатов эластографии сдвиговой волной и транзитной эластографии в диагностике диффузных заболеваний печени // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 5. С. 17–24.
6. Зыкин Б.И., Постнова Н.А. Значение цветового картирования жесткости печеночной ткани при проведении исследований с помощью эластографии сдвиговой волной у больных гепатитом С // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 5. С. 24–30.
7. Кабин Ю.В., Громов А.И., Капустин В.В. Первый опыт применения ультразвуковой эластографии сдвиговой волной в диагностике рака молочной железы // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 5. С. 79–84.
8. Митьков В.В., Чубарова К.А., Заболотская Н.В., Митькова М.Д., Яурова Н.В. Информативность ультразвуковой эластографии сдвиговой волной в диагностике рака молочной железы // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2014. № 1. С. 11–24.
9. Феоктистова Е.В., Пыков М.И., Амосова А.А., Тарасов М.А., Дубровин М.М. Применение ARFI-эластографии для оценки жесткости печени у детей различных возрастных групп // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 46. С. 46–52.
10. Вишленкова Е.А., Синокова Г.Т., Данзанова Т.Ю. Ультразвуковая эластометрия и эластография у пациентов с метастазами колоректального рака в печени на фоне химиотерапии перед операцией и в удаленном макропрепарате // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2014. № 4. С. 25–30.
11. Митьков В.В., Хуако С.А., Ампилогова Э.Р., Митькова М.Д. Оценка воспроизводимости результатов количественной ультразвуковой эластографии // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2011. № 2. С. 115–121.
12. Митьков В.В., Хуако С.А., Саркисов С.Э., Митькова М.Д. Количественная оценка эластичности миометрия в норме // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2011. № 5. С. 14–19.
13. Митьков В.В., Хуако С.А., Саркисов С.Э., Митькова М.Д. Возможности эластографии и эластометрии сдвиговой волны в диагностике аденомиоза // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2011. № 6. С. 22–28.
14. Митьков В.В., Хуако С.А., Цыганов С.Е., Кириллова Т.А., Митькова М.Д. Сравнительный анализ данных эластографии сдвиговой волной и результатов морфологического исследования тела матки (предварительные результаты) // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 5. С. 99–114.

15. Carlson L.C., Feltovich H., Palmeri M.L., Dahl J.J., Munoz del Rio A., Hall T.J. Estimation of shear wave speed in the human uterine cervix // *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2014. V. 43. No. 4. P. 452–458.
16. Hernandez-Andrade E., Auriolles-Garibay A., Garcia M., Korzeniewski S.J., Schwartz A.G., Ahn H., Martinez-Varea A., Yeo L., Chaiworapongsa T., Hassan S.S., Romero R. Effect of depth on shear-wave elastography estimated in the internal and external cervical os during pregnancy // *J. Perinat. Med.* 2014. V. 42. No. 5. P. 549–557.

## ***Endometrium and Myometrium Shear Wave Elastography in Healthy Women of Reproductive Age***

V.N. Diomidova<sup>1,2</sup>, O.V. Zakharova<sup>3</sup>, O.V. Petrova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary

<sup>2</sup> City Clinical Hospital No.1, Cheboksary

<sup>3</sup> First Sechenov Moscow State Medical University, Moscow

V.N. Diomidova – M.D., Ph.D., Professor, Director, Division of Internal Medicine and Radiology, Ulyanov Chuvash State University; Head of Ultrasound Diagnostics Department, City Clinical Hospital No.1, Cheboksary. O.V. Zakharova – M.D., Ph.D., University Clinical Hospital No.2, First Sechenov Moscow State Medical University. O.V. Petrova – M.D., Ultrasound Diagnostics Department, City Clinical Hospital No.1, Cheboksary.

*Aim of the study was to assess the endometrium and myometrium normative range of Young's modulus values in women of reproductive age. 45 women were included in to the study (22 healthy women were nullipara, 23 healthy women had 1 or 2 labours). Age varied between 24 and 48 years. Shear wave elastography was performed using Aixplorer scanner (Supersonic Imagine, France) equipped with endocavitational probe (3–12 MHz). Values of endometrium Young's modulus were in range from 5.7 up to 29.3 kPa (median 16.5 kPa) (E<sub>mean</sub>), 7.7–33.7 kPa (17.6 kPa) (E<sub>max</sub>); endocervix – 17.2–49.7 kPa (33.1 kPa), 18.3–52.9 kPa (38.8 kPa) respectively (P < 0.05 for both comparisons). Values of myometrium Young's modulus were in range from 7.0 up to 41.8 kPa (22.3 kPa) (E<sub>mean</sub>), 10.7–57.0 kPa (29.3 kPa) (E<sub>max</sub>); cervix myometrium – 17.2–83.7 kPa (42.3 kPa), 22.6–99.5 kPa (52.4 kPa) respectively (P < 0.05 for both comparisons). Young's modulus values of the normal endometrium, endocervix, uterus, and cervix myometrium can be used for differential diagnostics of different gynecological pathology.*

**Key words:** *ultrasound diagnostics, ultrasound elastography, shear wave elastography, myometrium, endometrium, endocervix.*