

Эластические характеристики шейки матки при беременности: современное состояние проблемы

Мунир Габдулфатович Тухбатуллин¹, Кристина Васильевна Янакова^{2*}

¹Казанская государственная медицинская академия, г. Казань, Россия;

²Городская клиническая больница №7, г. Казань, Россия

Реферат

Шейка матки во время беременности подвергается различным изменениям, которые характеризуются общим термином «ремоделирование». В частности, этот процесс включает изменение длины (укорочение) и консистенции (размягчение) шейки. Последнее с клинической точки зрения имеет значение не только для наблюдения беременных с нормальным ходом беременности, но и для прогнозирования таких состояний, как исход стимулирования родов или преждевременные роды. Традиционно, эластические характеристики шейки матки оценивались при помощи пальцевого исследования и шкалы Бишопа, однако в настоящее время доступны инструментальные методы исследования, которые являются более объективными и точными. Среди этих методов особое место занимает эластография.

Эластография позволяет измерять деформируемость тканей. Чем мягче ткань по консистенции, тем больше ее деформируемость под воздействием силы. В настоящее время существуют различные методики эластографии — от компрессионной эластографии, когда регистрируется деформация тканей под воздействием физиологических пульсаций или незначительной мануальной компрессии, до эластографии сдвиговой волной, когда измеряется скорость распространения сдвиговых волн в тканях.

Несмотря на количество эластографических методов исследования и перспективы их использования в акушерской практике, до настоящего момента не достигнуто единогласие относительно стандартизации этих методов. При эластографии шейки матки задача усложняется еще и тем, что отсутствует референсная ткань для сравнения, особенно это актуально при компрессионной эластографии.

Целью данной статьи является сравнительная характеристика методов, оценивающих эластичность шейки матки с обозначением существующих проблем с клинической точки зрения.

Ключевые слова: шейка матки, эластические характеристики шейки, компрессионная эластография шейки матки, эластография сдвиговой волны шейки матки.

Для цитирования: Тухбатуллин М.Г., Янакова К.В. Эластические характеристики шейки матки при беременности: современное состояние проблемы. *Казанский мед. ж.* 2018; 99 (6): 954–958. DOI: 10.17816/KMJ2018-954.

Cervical elasticity during pregnancy: current state of the problem

M.G. Tukhbatullin¹, K.V. Yanakova²

¹Kazan State Medical Academy, Kazan, Russia;

²City Hospital No 7, Kazan, Russia

Abstract

Uterine cervix undergoes various changes throughout the pregnancy, which are characterized by the general term “remodeling”. In particular, this process includes changes of the length (shortening) and consistency (softening) of uterine cervix. The latter from the clinical point of view is important not only for observation of pregnant women with normal course of pregnancy but also for predicting such states as an outcome of labor induction or preterm delivery. Traditionally, cervical elasticity has been estimated through digital examination and Bishop score, however, currently there are available imaging techniques, which are more objective and precise. Amongst these methods, elastography plays a special role. Elastography allows measuring the capacity of tissues to deform. The softer the tissues, the higher mentioned capacity under the applied pressure. Currently there are various methods of elastography, starting from real-time elastography, when the capacity to be deformed is registered under the influence of

physiologic movements or minimal manual pressure, to shear wave elastography, when the velocity of propagation of shear waves is measured. Although there are number of methods of elastography and perspectives of their use in obstetric practice, at the present time there is no consensus on standardization of these methods. In the cervical elastography this task is even more complicated, because there is no reference tissue to be compared with, especially this is true for strain elastography. The aim of this study was comparative analysis of methods estimating cervical elasticity and underlining current problems from the clinical point of view.

Keywords: uterine cervix, cervical elasticity, cervical strain elastography, cervical shear wave elastography.

For citation: Tukhbatullin M.G., Yanakova K.V. Cervical elasticity during pregnancy: current state of the problem. *Kazan medical journal*. 2018; 99(6): 954–958. DOI: 10.17816/KMJ2018-954.

Шейка матки (ШМ) — анатомическая структура, связывающая полость матки с влагалищем, во время беременности она претерпевает значительные изменения [1, 2]. Ее функция изменяется со сроком беременности. Так, если до родов шейка выполняет барьерную функцию и остается закрытой для обеспечения роста и развития плода внутри матки, то ближе к родам она сокращается и сглаживается с целью его изгнания [2, 3]. К моменту рождения окружность ШМ увеличивается в несколько раз для прохождения плода. Однако всего через несколько часов после родов ШМ уже имеет восстановленную консистенцию и закрывается [4].

Для оценки изменений шейки матки при беременности классически применялась шкала Бишопа, оценивающая следующие характеристики при помощи пальцевого исследования: расположение, размягчение, сглаживание (истончение и укорочение), раскрытие цервикального канала и расположение плода (степень опускания в полость таза) [5, 6]. Однако в связи с субъективностью полученных данных, с неприятными ощущениями для беременных и с отсутствием данных о состоянии внутреннего зева приходилось искать альтернативные методы исследования.

Одним из таких методов является эластография, которая впервые была описана примерно 20 лет назад как дополнительная опция классического ультразвукового исследования.

Целью данной статьи является сравнительная характеристика методов, оценивающих эластичность шейки матки с обозначением существующих проблем с клинической точки зрения.

Способы оценки эластичности шейки матки современными методами исследования.

Размягчение шейки матки является одним из исходов процесса ремоделирования во время беременности и, более того, поддается количественному анализу современными диагностическими методами.

Методы, направленные на количественное определение модификаций физических харак-

теристик шейки матки при беременности, перечислены в табл. 1.

Как видно из таблицы, только исследования [7–9] относятся к первому триместру беременности, при этом, несмотря на различные способы исследования, большинство авторов сходятся во мнении, что жесткость шейки матки уменьшается с ранних сроков беременности и достигает минимума перед родами.

Описанные выше методики так и не стали популярными в клинической практике в отличие от эластографии.

Для применения в медицине эластография впервые была предложена в 1987 г. Т.А. Krouskop, D.R. Dougherty, F.S. Vinson, а принципы эластографии научно были сформулированы в скором времени (1991 г.) J. Ophir, I. Cespedes, H. Ponnekanti и соавторами [18, 19].

Эластография стала общедоступным клиническим методом исследования с 2005 г., когда при производстве ультразвуковых аппаратов данная опция становится обязательной частью их программного обеспечения. В настоящее время этот метод является информативным диагностическим инструментом при исследовании большинства очаговых и диффузных заболеваний. Эластография используется совместно с такими широко известными инструментальными методами обследования, как МРТ, УЗИ, рентгенография, системы оптических и акустических сигналов [19].

В основе эластографии лежит изучение вязкоэластических характеристик тканей. Эластичность материй характеризует их стремление к возвращению своего первоначального размера и формы после воздействия деформирующей силы или давления.

Методы эластографии отличаются друг от друга принципами генерирования импульса: наружная компрессия или внутренние искусственные источники. В зависимости от них различают компрессионную эластографию и эластографию сдвиговой волны. При компрессионной эластографии регистрируются характеристики тканей под воздействием ма-

Таблица 1. Краткая характеристика клинических исследований с изучением биомеханических характеристик шейки матки

Метод (ссылка)	Исследуемая популяция	Результаты
Электрический импеданс [10]	86 женщин перед стимулированием родов	Сопrotивляемость значительно ниже у пациентов с успешным стимулированием родов
Электрический импеданс [11]	205 женщин перед стимулированием родов	Сопrotивляемость ниже при вагинальных родах и выше при необходимости введения окситоцина
Электрический импеданс [12]	50 небеременных контролей и 90 беременных женщин	Импеданс снижается в первом триместре и увеличивается в третьем триместре
Колоскоп, светостимулированная флуоресценция (ССФ) [13]	Небеременные контроли и беременные (21–39 недель) перед стимулированием родов	Снижение ССФ со сроком беременности может прогнозировать роды в течение 24 ч, снижается также после назначения простагландинов
Максимальная деформируемость [8]	Беременные женщины (5–36 недель)	Способность к деформации увеличивается линейно по мере гестационного срока
Ослабление УЗ сигнала [7]	Беременные женщины (10–41 неделя)	Слабая корреляция между ослаблением сигнала и сроком беременности. Отмечен прогностический потенциал
Гистограмма в режиме серой шкалы УЗИ [14–15]	Беременные женщины с преждевременными родами (24–34 недели)	Определение средних значений на гистограмме в сочетании с определением фибронектина и с измерением длины ШМ улучшает прогнозирование исходов стимулирования родов
Гистограмма в режиме серой шкалы УЗИ [16]	Беременные женщины (27–30 недель)	Изменения в режиме серой шкалы в переднезаднем направлении коррелируют с консистенцией при пальцевом исследовании
Аспирация [9]	50 небеременных контролей, 50 беременных женщин (8–40 недель)	Жесткость ткани в области наружного зева уменьшается во время беременности
Инфракрасная спектроскопия [17]	Беременные женщины (6–41 неделя)	Слабая корреляция между оптическими характеристиками и сроком беременности

нуальной компрессии при помощи ультразвукового датчика или на основании внутренних движений пациента (дыхательные движения, пульсация крупных сосудов). Результат в основном отображается в цветовой гамме. Недостатком метода является невозможность получения цифровых значений эластичности тканей [4, 20].

В отличие от компрессионной эластографии, при эластографии сдвиговой волны применяется генератор ультразвуковых волн. При этом первичный импульс приводит к распространению поперечных (сдвиговых) волн в тканях. При прохождении через ткани изменяется скорость волны в зависимости от жесткости тканей, что позволяет измерять жесткость в цифровых аналогах. Несмотря на то что эластография сдвиговой волны позволяет получить данные о жесткости тканей независимо от опыта исследователя, для изучения шейки матки при беременности техника пока не регламентирована [21].

В отличие от других областей применения эластографии, в частности от применения в онкологии, когда жесткость аномального очага

сравнивается с жесткостью окружающих (нормальных) тканей, при исследовании шейки матки отсутствует референсная ткань. Эта проблема особенно актуальна при компрессионной эластографии, потому что в ее основе лежит сравнение жесткости тканей. Что касается эластографии сдвиговой волны, то результаты исследования зависят от степени нажатия на ультразвуковой датчик и от места локализации датчика [22].

Большинство исследований шейки матки при беременности основаны на компрессионной эластографии, потому что до недавнего времени не хватало данных о безопасности применения эластографии сдвиговой волны для плода. Эластография шейки матки в основном применяется для оценки риска преждевременных родов и для прогнозирования исходов стимулирования родов [23–27].

Ограничениями метода эластографии при исследовании шейки матки при беременности являются:

– в отличие от исследований других органов и тканей, здесь отсутствует референсная ткань.

Невозможно получить данные о соотношении жесткости (strain ratio) нормальной и исследуемой ткани;

– в данном случае присутствуют множественные источники компрессии. Для получения стабильного изображения необходима одинаковая наружная компрессия, однако у беременной женщины помимо этого присутствуют еще дыхательные движения, пульсация сосудов, движения плода, а также движения рук исследователя. При таком количестве источников вибрации сложно определить точные характеристики жесткости тканей как при компрессионной эластографии, так и при эластографии сдвиговой волны. Для компрессионной эластографии возможным решением проблемы является применение «Способа отбора беременных женщин для проведения инвазивной диагностики хромосомных аномалий плода в первом триместре беременности методом качественной соноэластографии», описанного Тухбатуллиным М.Г., Янаковой К.В., Терегуловой Л.Е. (№ 2626144) в 2017 г., а для эластографии сдвиговой волны — «Способа отбора беременных женщин для проведения инвазивной диагностики хромосомных аномалий плода в первом триместре беременности методом соноэластографии сдвиговой волны» (Тухбатуллин М.Г., Янакова К.В., Терегулова Л.Е., № 2629236 от 28 августа 2017 г.) [28, 29];

– отсутствует стандартизация зоны интереса (ROI — Region of interest). Некоторые исследователи используют зону интереса крупных размеров, другие — намного меньше. Если ROI слишком большая, то цвет в области внутреннего зева получается негомогенным, что усложняет задачу определения основного цвета. Также сложно это делать при слишком маленькой ROI, потому что цвет одной точки не соответствует состоянию всей шейки матки. Были предложены несколько методик стандартизации ROI. Одни предлагают анализировать ROI в качестве цветовой шкалы, другие — количественный анализ пикселей на картине, чтобы характеризовать степень размягчения, третьи — конкретно анализировать первичное изображение.

ВЫВОДЫ

С клинической точки зрения добавление модуля эластографии к классическим ультразвуковым методам исследования шейки матки при беременности открывает новые горизонты для оценки риска преждевременных родов или исходов стимулирования родов. Метод является неинвазивным, достаточно комфортно

переносится беременными, позволяет получать объективные данные относительно эластических характеристик шейки матки в течение всей беременности. В то же время у метода наблюдаются определенные недостатки, такие как отсутствие референсной ткани, стандартизации силы и места компрессии, размеров зон интереса и т.д. Несмотря на наличие протоколов применения эластографии, рекомендованные международными сообществами, в них до сих пор не включены стандарты проведения эластографии шейки матки.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов по представленной статье.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айламазян Э.К. *Акушерство*: учебник для медицинских вузов. Изд. 7-е. СПб.: СпецЛит. 2010; 543 с. [Aylamazyan E.K. *Akusherstvo: uchebnik dlya meditsinskih vuzov. (Obstetrics: textbook for medical universities.)* 7th ed. Saint Petersburg: SpetsLit. 2010; 543 p. (In Russ.)]
2. House M., Kaplan D.L., Socrate S. Relationships between mechanical properties and extracellular matrix constituents of the cervical stroma during pregnancy. *Sem. Perinatol.* 2009; 20: 43–48. DOI: 10.1053/j.semperi.2009.06.002.
3. Carlson L.C., Hall T.J., Rosado-Mendez I.M., et al. Detection of Changes in Cervical Softness Using Shear Wave Speed in Early versus Late Pregnancy: An in Vivo Cross-Sectional Study. *Ultrasound Med. Biol.* 2018; 44 (3): 515–521. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2017.10.017.
4. Hyunjung K., Han Sung H. Elastographic measurement of the cervix during pregnancy: Current status and future challenges. *Obstet. Gynecol. Sci.* 2017; 60 (1): 1–7. DOI: 10.5468/ogs.2017.60.1.1.
5. Bishop E.H. Pelvic scoring for elective induction. *Obstet. Gynecol.* 1964; 24: 266–268. PMID: 14199536.
6. Poellmann M.J., Chien E.K., McFarlin B.L., Wagoner A.J. Mechanical and structural changes of the rat cervix in late-stage pregnancy. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* 2013; 17: 66–75. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2012.08.002.
7. Mazza E., Parra-Saavedra M., Bajka M., et al. In vivo assessment of the biochemical properties of the uterine cervix in pregnancy. *Prenatal Diagnosis.* 2014; 34: 33–41. DOI: 10.1002/pd.4260.
8. McFarlin B.L., Bigelow T.A., Laybed Y., et al. Ultrasonic attenuation estimation of the pregnant cervix: a preliminary report. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2010; 36: 218–225. DOI: 10.1002/uog.7643.
9. Parra-Saavedra M., Gomez L., Barrero A., et al. Prediction of preterm birth using the cervical consistency index. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2011; 38: 44–51. DOI: 10.1002/uog.9010.
10. Badir S., Mazza E., Bajka M. Cervical softening occurs early in pregnancy: characterization of cervical stiffness in 100 healthy women using the aspiration technique. *Prenat. Diagn.* 2013; 27: 143–153. DOI: 10.1002/pd.4116.
11. O'Connell M.P., Tidy J., Wisher S.J., et al. An in vivo comparative study of the pregnant and nonpregnant cervix using electrical impedance measurements; an objective measure of prelabor cervical change. *J. Matern. Fetal. Neonatal. Med.* 2003; 14 (6): 389–391. DOI: 10.1111/j.1471-0528.2000.tb10410.x.

12. Jokhi R.P., Brown B.H., Anumba D.O. The role of cervical electrical impedance spectroscopy in the prediction of the course and outcome of induced labor. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2009; 9: 40. DOI: 10.1590/2446-4740.05617.
13. Gandhi S.V., Walker D.C., Brown B.H., Anumba D.O.C. Comparison of human uterine cervical electrical impedance measurements derived using two tetrapolar probes of different sizes. *Biomed Eng. Online*. 2006; 5: 62. DOI: 10.1186/1475-925X-5-62.
14. Maul H., Mackay L., Garfield R. Cervical ripening: biochemical, molecular, and clinical considerations. *Clin. Obstet & Gynecol*. 2006; 49: 70–76. DOI: 10.1097/00003081-200609000-00015.
15. Tekesin I., Wallwiener D., Schmidt S. The value of quantitative ultrasound tissue characterization of the cervix and rapid fetal fibronectin in predicting preterm delivery. *J. Prenat. Med*. 2005; 33 (5): 383–391. DOI: 10.1515/JPM.2005.070.
16. Kuwata T., Matsubara S., Taniguchi N., et al. A novel method for evaluating uterine cervical consistency using vaginal ultrasound gray-level histogram. *J. Perinat. Med*. 2010; 38 (5): 451–567. DOI: 10.1515/JPM.2010.079.
17. Hornung R., Spichigt S., Banos A., et al. Frequency-domain near-infrared spectroscopy of the uterine cervix during regular pregnancies. *Laser Med. Sci*. 2011; 26: 205–212. DOI: 10.1007/s10103-010-0832-7.
18. Krouskop T.A., Dougherty D.R., Vinson F.S. A pulsed Doppler ultrasonic system for making non-invasive measurements of the mechanical properties of soft tissue. *J. Rehabil. Res. Dev*. 1987; 24: 1–8. PMID: 3295197.
19. Ophir J., Céspedes I., Ponnekanti H., et al. Elastography: a quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues. *Ultrason. Imag*. 1991; 13: 111–134. DOI: 10.1177/016173469101300201.
20. Янакова К.В., Тухбатуллин М.Г. Эластичность шейки матки у беременных группы высокого риска по хромосомной патологии плода. *Практическая медицина*. 2016; (9): 131–141. [Yanakova K.V., Tukhbatullin M.G. Elastichnost' sheyki matki u beremennykh gruppy vysokogo riska po khromosomnoy patologii ploda. *Prakticheskaya meditsina*. 2016; 9: 131–141. (In Russ.)]
21. Sarvazyan A., Hall T.J., Urban M.W., et al. An overview of elastography — an emerging branch of medical imaging. *Curr. Med. Imaging Rev*. 2011; 7 (4): 255–282. DOI: 10.2174/157340511798038684.
22. Hernandez-Andrade E., Maymon E., Luewan S., et al. A soft cervix, categorized by shear-wave elastography, in women with short or with normal cervical length at 18–24 weeks is associated with a higher prevalence of spontaneous preterm delivery. *J. Perinat. Med*. 2018; 6 (5): 489–501. DOI: 10.1515/jpm-2018-0062.
23. Swiatkowska-Freund M., Traczyk-Los A., Preis K., et al. Prognostic value of elastography in predicting premature delivery. *Ginekol. Pol*. 2014; 85: 204–207. DOI: 10.17772/gp/1714.
24. Wozniak S., Czuczwar P., Szkodziak P., et al. Elastography in predicting preterm delivery in asymptomatic, low-risk women: a prospective observational study. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2014; 14: 238. DOI: 10.1186/1471-2393-14-238.
25. Hernandez-Andrade E., Romero R., Korzeniewski S.J., et al. Cervical strain determined by ultrasound elastography and its association with spontaneous preterm delivery. *J. Perinat. Med*. 2014; 42: 159–169. DOI: 10.1515/jpm-2013-0277.
26. Hernandez-Andrade E., Garcia M., Ahn H., et al. Strain at the internal cervical os assessed with quasi-static elastography is associated with the risk of spontaneous preterm delivery at ≤ 34 weeks of gestation. *J. Perinat. Med*. 2015; 43: 657–666. DOI: 10.1515/jpm-2014-0382.
27. Sabiani L., Haumonte J.B., Loundou A., et al. Cervical HI-RTE elastography and pregnancy outcome: a prospective study. *Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod. Biol*. 2015; 186: 80–84. DOI: 10.1016/j.ejogrb.2015.01.016.
28. Патент РФ №0002626144, 21.07.2017. Способ отбора беременных женщин для проведения инвазивной диагностики хромосомных аномалий плода в первом триместре беременности методом качественной соноэластографии. Патент России №2626144. 2017. Бюл. №21, Тухбатуллин М.Г., Янакова К.В., Терегулова Л.Е. [Patent RF №0002626144 issued on 21.07.2017. Method of selection of pregnant women for invasive diagnosis of fetal chromosomal anomalies in the first trimester by qualitative sonoelastography. Patent of Russia № 2626144. 2017. Byul. № 21, Tukhbatullin M.G., Yanakova K.V., Teregulova L.E. (In Russ.)]
29. Патент РФ №0002629236, 28.08.2017. Способ отбора беременных женщин для проведения инвазивной диагностики хромосомных аномалий плода в первом триместре беременности методом соноэластографии сдвиговой волны. Патент России №2629236.2017. Бюл. №22, Тухбатуллин М.Г., Янакова К.В., Терегулова Л.Е. [Patent RF №0002629236 issued on 28.08.2017. Method of selection of pregnant women for invasive diagnosis of fetal chromosomal anomalies in the first trimester by shear wave sonoelastography. Patent of Russia № 2629236.2017. Byul. №22, Tukhbatullin M.G., Yanakova K.V., Teregulova L.E. (In Russ.)]