

КАЧЕСТВЕННАЯ ЭЛАСТОГРАФИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ARFI
В ДИАГНОСТИКЕ НОВООБРАЗОВАНИЙ ПЕЧЕНИ

Т.Ю. ДАНЗАНОВА, Г.Т. СИНЮКОВА, П.И. ЛЕПЭДАТУ, Е.А.ВИШЛЕНКОВА, Е.А. ГУДИЛИНА,
Л.А.КОСТЯКОВА

*Российский онкологический научный центр им. Н.Н. Блохина РАМН,
Каширское шоссе, 24, г. Москва, Россия, 115478*

Аннотация. Целью исследования являлось оценить жесткость новообразований печени с помощью компрессионной и ARFI эластографии. Компрессионная и ARFI эластография выполнялась для изучения цветового отображения жесткости в очагах печени у 69 и 81 пациентов соответственно. Зона интереса устанавливалась в самом образовании и на границе с окружающей паренхимой печени, чтобы оценить визуальное различие жесткости тканей. Больные были распределены по диагнозу: гепатоцеллюлярный рак – 36, холангиоцеллюлярный рак – 6, метастазы – 35, доброкачественные образования – 4 случая. Доброкачественные новообразования включали в себя две фокальные нодулярные гиперплазии, одну гепатоцеллюлярную аденому и одну кавернозную гемангиому больших размеров. При компрессионной эластографии повышенная жесткость образований по сравнению с окружающей паренхимой печени наблюдалась: при доброкачественных образованиях – в 100%, гепатоцеллюлярном раке – в 71,9%, холангиоцеллюлярном раке – в 80%, метастазах – в 72,4%. При ARFI эластографии повышенная жесткость отмечалась: при доброкачественных образованиях – в 100%, гепатоцеллюлярном раке – в 58,3%, холангиоцеллюлярном раке – в 100%, метастазах – в 85,7%. Качественная эластография улучшает определение четких границ новообразования, инфильтрации за пределы опухоли, но не позволяет дифференцировать злокачественные и доброкачественные новообразования. Чувствительность, точность, положительная прогностическая значимость при компрессионной эластографии составили: 73, 69, 94%, а при ARFI эластографии – 74, 70, 93% соответственно. Обе методики качественной эластографии дополняют друг друга, с уточнением внутренней структуры очагов и при совместном их применении чувствительность, точность, положительная прогностическая значимость в диагностике злокачественных новообразований составили: 83, 79, 95% соответственно. ARFI эластография совместно с компрессионной эластографией улучшают визуализацию злокачественных новообразований печени и могут использоваться в качестве дополнительного диагностического инструмента в онкогепатологии.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика, компрессионная эластография, ARFI эластография, новообразования печени.

QUALITATIVE ELASTOGRAPHY AND ARFI TECHNOLOGY IN THE DIAGNOSIS OF LIVER
TUMORS

T.YU. DANZANOVA, G.T. SINYUKOVA, P.I. LEPEDATU, E.A. VISHLENKOVA, E.A. GUDILINA,
L.A. KOSTJAKOVA

*N.N. Blokhin Russian Cancer Research Center of Russian Academy of Medical Science,
Kashirskoe shosse, 24, Moscow, Russia, 115478*

Abstract. The aim of this study was to evaluate the stiffness of liver tumors using compression and ARFI elastography. Compression and ARFI elastography was performed to study the color display rigidity in the foci of the liver in 69 and 81 patients, respectively. Area of interest was placed in the education and on the border with the surrounding liver parenchyma, to assess the visual difference tissue stiffness. Patients were divided by diagnosis: hepatocellular carcinoma – 36, cholangiocarcinoma – 6 metastases – 35, benign – 4 cases. Benign tumors included two focal nodular hyperplasia, hepatocellular adenoma and one cavernous hemangioma a large size. When compression elastography increased stiffness formations compared to the surrounding liver parenchyma was observed: in benign – 100%, hepatocellular carcinoma – in 71.9%, cholangiocarcinoma – 80%, metastases – in 72.4%. When ARFI elastography increased stiffness observed: in benign – 100%, hepatocellular carcinoma – 58.3%, cholangiocarcinoma – 100%, metastases – in 85.7%. Qualitative elastography improves the definition of clear boundaries neoplasm infiltration beyond the tumor, but can not differentiate between malignant and benign tumors. Sensitivity, accuracy, positive predictive value of the compressive elastography were as follows: 73, 69, 94%, and at ARFI elastography – 74, 70, 93%, respectively. Both techniques are qualitative elastography complement each other, with the specification of the internal structure of foci and their

Библиографическая ссылка:

Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т., Лепэдату П.И., Вишленкова Е.А., Гудилина Е.А., Костякова Л.А. Качественная эластография с применением технологии ARFI в диагностике новообразований печени // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 2-115. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4941.pdf> (дата обращения: 28.11.2014).

joint application sensitivity, accuracy, positive predictive value in the diagnosis of malignant tumors accounted for 83, 79, 95%, respectively. ARFI elastography in conjunction with compression elastography improves the visualization of malignant tumors of the liver and can be used as an additional diagnostic tool in oncohepatology.

Key words: Ultrasound, compression elastography, Acoustic radiation force impulse elastography, focal liver mass.

Визуализация злокачественных новообразований печени имеет важное значение на этапах диагностики и лечения пациентов, особенно во время интервенционных процедур. Точное размещение интервенционных устройств имеет жизненно важное значение для успеха выполнения биопсии и минимально инвазивных процедур абляции. Диагностика образований печени обычно выполняется с помощью *ультразвукового исследования (УЗИ), рентгеновской компьютерной томографии (РКТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ)*. Каждый из этих методов визуализации имеет свои преимущества и ограничения [4].

УЗИ является методом выбора во многих учреждениях как механизм навигации для получения диагностического материала, тем самым сокращая время установления диагноза по сравнению с применением других методов. Тем не менее, значительная часть пациентов имеет образования, которые трудно визуализировать при УЗИ. Поэтому возникла необходимость в поиске новых методик для улучшения диагностики новообразований печени. К таким методикам относится компрессионная эластография и эластография сдвиговой волной [5]. И если компрессионная эластография, основанная на различии упругих свойств тканей при сжатии, применяется уже давно, то новая технология ARFI – сравнительно недавно. Это метод ультразвуковой визуализации, который исследует деформацию ткани при прохождении усиленного точечного акустического импульса. По мере его прохождения ткань в зоне интереса смещается, и чем она эластичнее, тем смещение больше. Соответственно, смещение в жесткой, ригидной ткани почти не происходит. Преимущество ARFI заключается в отсутствии зависимости от выраженности компрессии и возможности воздействия только на избирательно выбранную зону интереса [2, 3, 7].

ARFI технология представлена двумя возможностями получения информации: качественная – Virtual Touch Tissue Imaging, с получением изображения жесткости ткани, количественная – Virtual Touch Tissue Quantification, с измерением скорости распространения поперечной волны [8]. В литературе только начинают появляться новые публикации, связанные с применением качественной ARFI эластографии для характеристики новообразований печени, чтобы оценить возможности новой методики.

Цель исследования – оценить жесткость новообразований печени с помощью компрессионной и ARFI эластографии.

Материалы и методы исследования. В исследование включены 44 мужчины и 37 женщины, со средним возрастом 53 года (диапазон: 19-77 лет). У всех больных при ультразвуковом исследовании определялись очаговые образования печени. По диагнозу больные были распределены следующим образом: *гепатоцеллюлярный рак (ГЦР) – 36, холангиоцеллюлярный рак (ХЦР) – 6, метастазы колоректального рака – 22, метастазы рака других локализаций – 13, доброкачественные образования – 4 случая.* Доброкачественные новообразования включали в себя две фокальные нодулярные гиперплазии, одну гепатоцеллюлярную аденому и одну кавернозную гемангиому больших размеров. Верификация диагноза была достигнута гистологическим исследованием материала, полученного при тонкоигольной аспирационной биопсии под ультразвуковым контролем, либо при оперативной резекции печени у 72 (89%) больных. У остальных 9 (11%) больных диагнозы, при наличии очаговых образований, подтверждался РКТ и МРТ с внутривенным контрастированием.

Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией (принятой в июне 1964г. (Хельсинки, Финляндия) и пересмотренной в октябре 2000 г. (Эдинбург, Шотландия)) и одобрено Этическим комитетом ФГБУ «РОНЦ имени Н.Н.Блохина». От каждого пациента получено информированное согласие. Компрессионная и ARFI эластография выполнялась на ультразвуковом аппарате Acuson S2000 (Siemens, Германия) при помощи конвексного датчика, для изучения цветового отображения жесткости в очагах печени у 69 и 81 пациентов соответственно. При обнаружении очаговых образований печени применялась компрессионная эластография с использованием небольшого давления на мягкие ткани над образованием и ARFI эластография – без компрессии, с задержкой дыхания при проведении исследования. Важным моментом являлось обязательное установление интересующего окна не только в самом образовании, но и на границе новообразования и окружающей паренхимы печени, чтобы оценить визуальное различие жесткости тканей.

Результаты и их обсуждение. На эластограммах светлые области соответствуют более упругим тканям, а темные области – жестким, ригидным тканям. Эластограммы были распределены в зависимости от жесткости по сравнению с окружающей паренхимой печени: на эластограмме образование аналогично паренхиме печени; образование темнее, то есть жестче паренхимы печени; образования светлее, то есть мягче паренхимы печени. Если же эластограмма представлена в цветном

Библиографическая ссылка:

Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т., Лепэдату П.И., Вишленкова Е.А., Гудилина Е.А., Костякова Л.А. Качественная эластография с применением технологии ARFI в диагностике новообразований печени // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 2-115. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4941.pdf> (дата обращения: 28.11.2014).

режиме, то красный цвет обозначает жесткую ткань, а синий – мягкую (рис. 1-4). Проведение эластографии позволяло более четко обрисовывать границы опухоли, тем самым улучшая её визуализацию, особенно при наличии изоэхогенных очагов, что продемонстрировано на рис. 1.

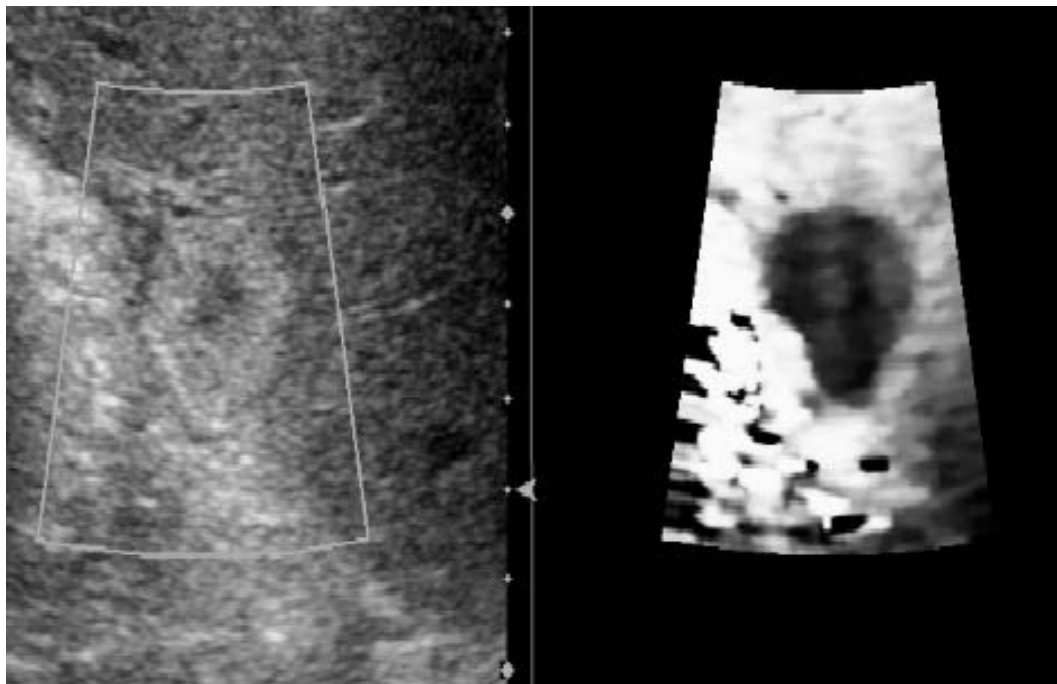


Рис.1. Эластограмма метастаза колоректального рака с признаками жесткой структуры – темного цвета. Четко контурируются границы образования за счет усиления контрастности по сравнению с паренхимой печени

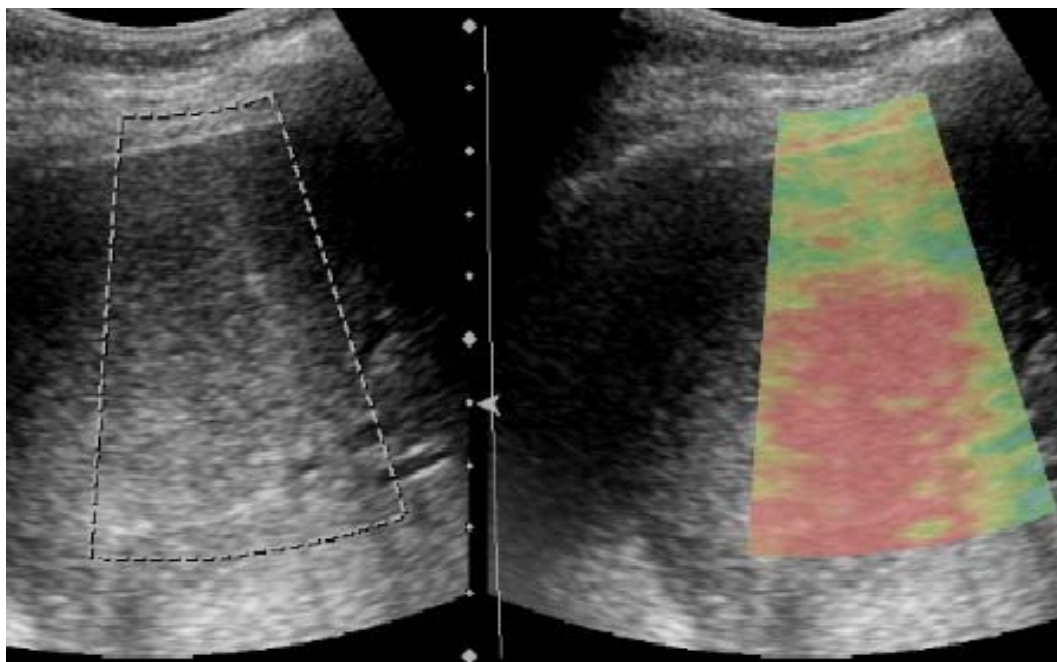


Рис.2. Эластограмма ХЦР, с признаками жесткой структуры при цветовом окрашивании – красного цвета

Библиографическая ссылка:

Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т., Лепэдату П.И., Вишленкова Е.А., Гудилина Е.А., Костякова Л.А. Качественная эластография с применением технологии ARFI в диагностике новообразований печени // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 2-115. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4941.pdf> (дата обращения: 28.11.2014).

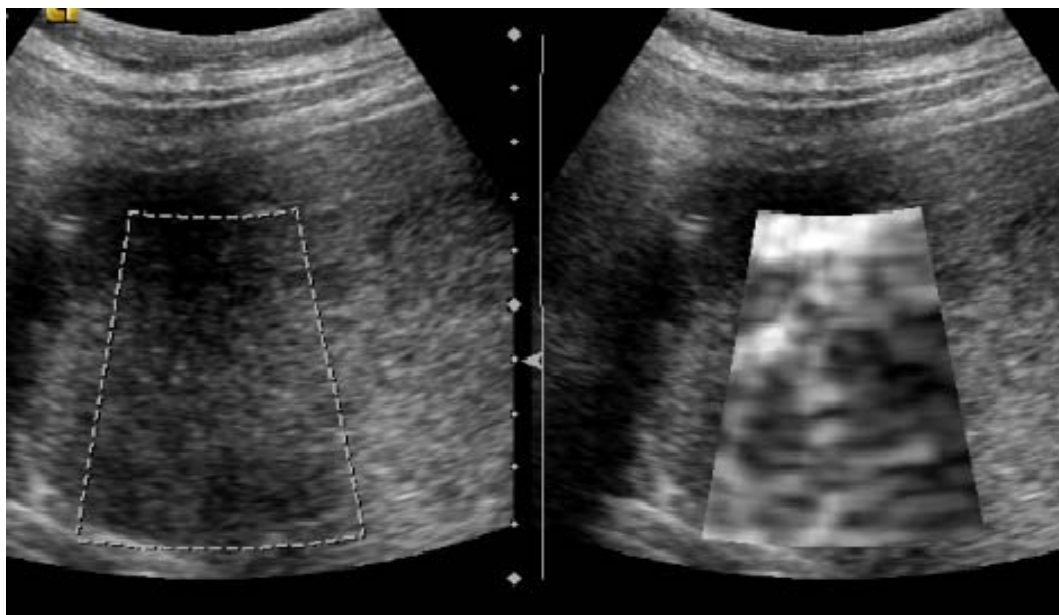


Рис.3. Эластограмма ГЦР без признаков повышения жесткости – по структуре аналогично паренхиме печени

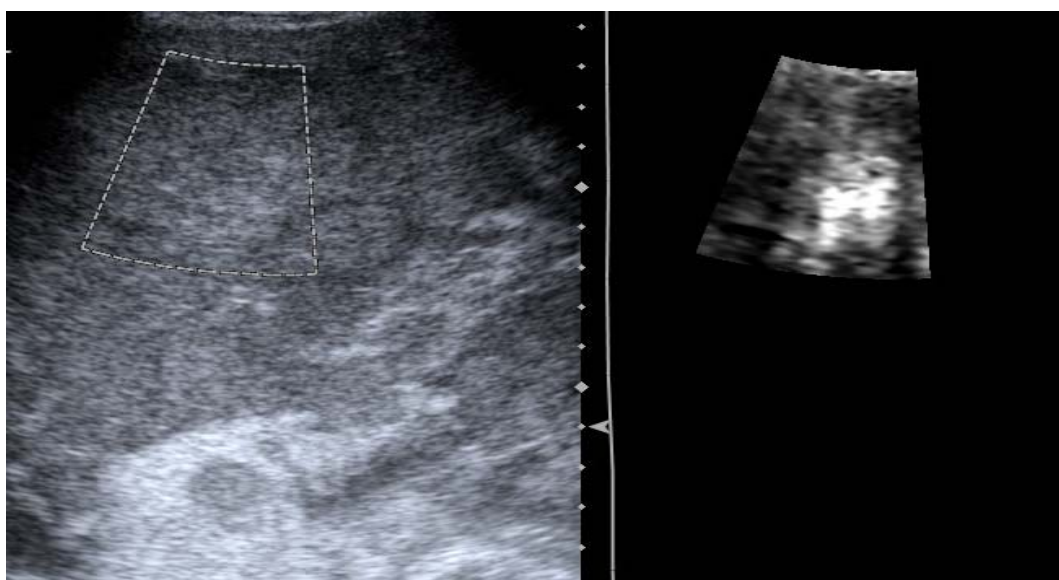


Рис.4. Эластограмма ГЦР без признаков повышения жесткости – мягкое по структуре – светлого цвета

Распределение больных в зависимости от жесткости образований при компрессионной и ARFI эластографии показано на рис. 5-6.

Большинство образований в печени, которые возможно было оценить с помощью эластографии, были жесткими. Также жесткими во всех 100% случаях были доброкачественные новообразования, если применялись эластографические методики (рис. 7,8).

При сопоставлении злокачественных и доброкачественных новообразований при ARFI эластографии уровень значимости был недостоверным ($p=0,07$), а при компрессионной эластографии – достоверным ($p=0,05$). Но возможно, что полученные данные обусловлены небольшим количеством больных в группе доброкачественных новообразований и отсутствием мелких капиллярных гемангиом. При сравнении двух методик для определения жесткости злокачественных новообразований разница не была достоверной ($p=0,7$), так как показатели в группах практически совпадали, что подтверждается значениями информативности.

Если за параметр истинноположительных результатов принималась повышенная жесткость обра-

Библиографическая ссылка:

Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Г., Лепэдату П.И., Вишленкова Е.А., Гудилина Е.А., Костякова Л.А. Качественная эластография с применением технологии ARFI в диагностике новообразований печени // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 2-115. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4941.pdf> (дата обращения: 28.11.2014).

зований, то чувствительность, точность, положительная прогностическая значимость в диагностике злокачественных новообразований при компрессионной эластографии составили: 73, 69, 94%, а при ARFI эластографии – 74, 70, 93% соответственно. Специфичность и отрицательная прогностическая значимость не могла быть вычислена из-за отсутствия истинноотрицательных результатов. Результаты эластографии злокачественных новообразований печени, представлены в табл. 1.

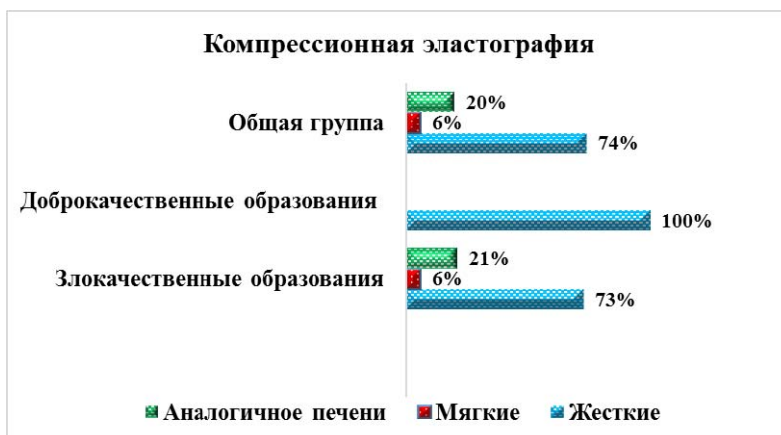


Рис. 5. Распределение больных в зависимости от жесткости образований при компрессионной эластографии

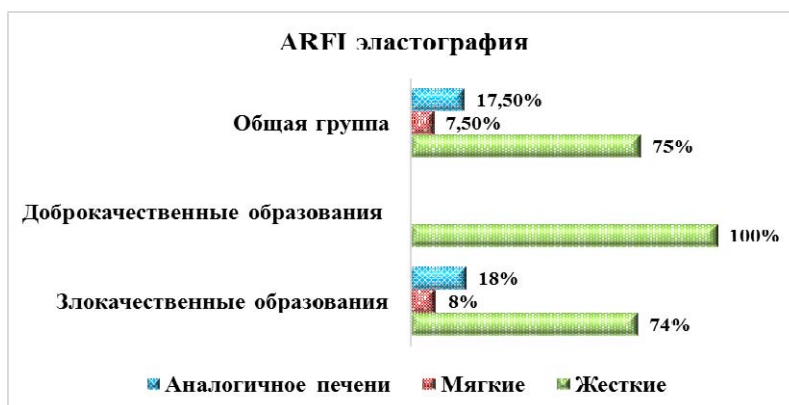


Рис. 6. Распределение больных в зависимости от жесткости образований при ARFI эластографии

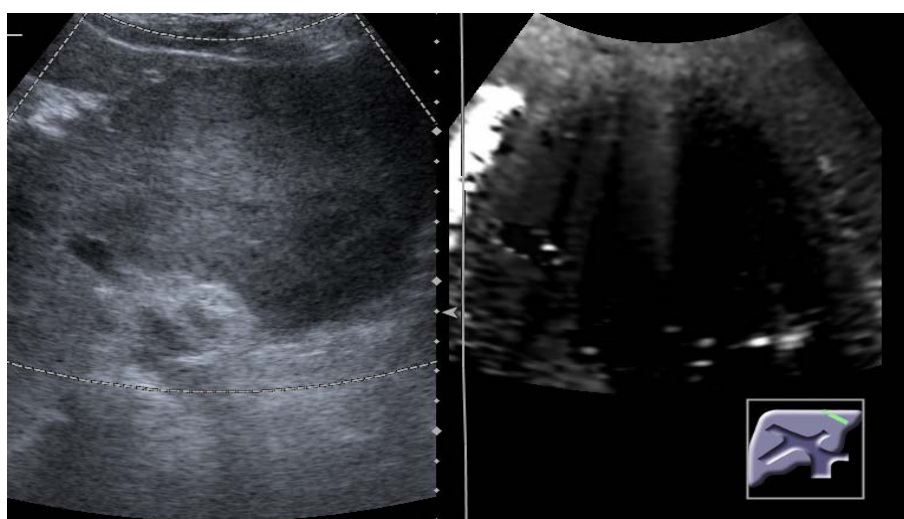


Рис. 7. Эластограмма аденомы печени в режиме ARFI, с признаками жесткой структуры

Библиографическая ссылка:

Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т., Лепэдату П.И., Вишленкова Е.А., Гудилина Е.А., Костякова Л.А. Качественная эластография с применением технологии ARFI в диагностике новообразований печени // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 2-115. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4941.pdf> (дата обращения: 28.11.2014).

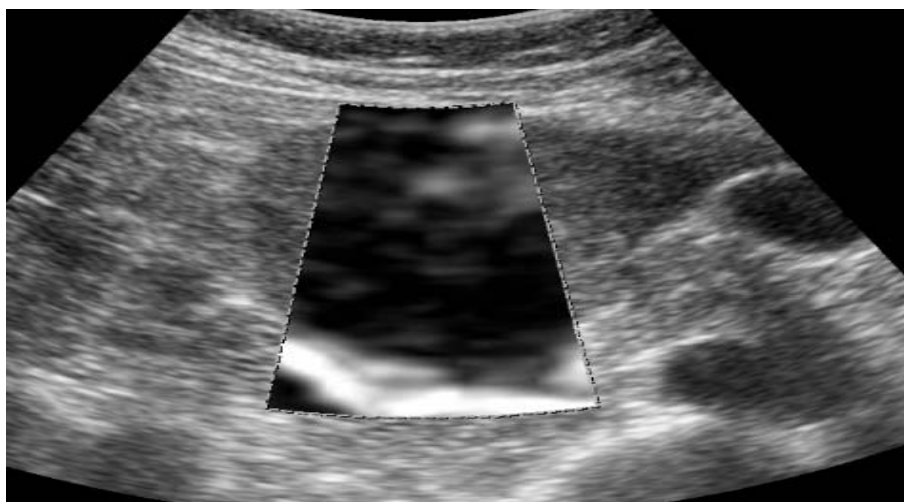


Рис. 8. Эластограмма фокальной нодулярной гиперплазии в режиме компрессионной эластографии, с признаками жесткой структуры

Таблица 1

Результаты эластографии в зависимости от вида злокачественных новообразований печени

Группы		ГЦР	ХЦР	Метастазы	
Компрессионная эластография	Жесткие	абс.	23	4	21
		отн.	71,9%	80%	72,4%
	Мягкие	абс.	3	1	1
		отн.	9,4%	20%	3,5%
	Аналогичные паренхиме печени	абс.	6	-	7
		отн.	18,7%	-	24,1%
ARFI эластография	Жесткие	абс.	21	6	30
		отн.	58,3%	100%	85,7%
	Мягкие	абс.	5	-	1
		отн.	13,9%	-	2,9%
	Аналогичные паренхиме печени	абс.	10	-	4
		отн.	27,8%	-	11,4%

Из табл. 1 следует, что большинство образований при ХЦР и метастазах были жесткими в обеих группах сравнения. Использование ARFI эластографии более точно позволяет определять жесткость структуры образований. Гепатоцеллюлярный рак по ожиданиям должен быть мягким, и именно методика ARFI показала меньшее количество жестких образований по сравнению с мануальной эластографией. ХЦР, напротив, должен быть весьма жестким, так как его рост сопровождается высокой десмопластической реакцией. ARFI эластография продемонстрировала 100% жесткость данных новообразований. Разница в частоте жестких образований при компрессионной и ARFI эластографии статистически значима для определения ГЦР ($p=0,04$) и метастазов ($p<0,0001$), но отличия в методиках не были достоверны при диагностике ХЦР из-за небольшого количества больных ($p=0,07$), хотя отмечалась тенденция к улучшению точности при ARFI эластографии. При использовании обеих методик качественного изображения жесткости, полученные данные могут дополнять друг друга. Так, при компрессионной эластографии получали контрастные однородные изображения, затем выполнялась ARFI эластография, которая продемонстрировала, что в образовании имеются разграничения на периферическую жесткую и центральную мягкую зоны (рис.9). Также при помощи эластографии было возможно определить распространение опухоли ГЦР за капсулу, которое отчетливо не было видно при осмотре в В-режиме (рис. 10-11).

Библиографическая ссылка:

Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т., Лепэдату П.И., Вишленкова Е.А., Гудилина Е.А., Костякова Л.А. Качественная эластография с применением технологии ARFI в диагностике новообразований печени // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 2-115. URL: <http://www.medsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4941.pdf> (дата обращения: 28.11.2014).

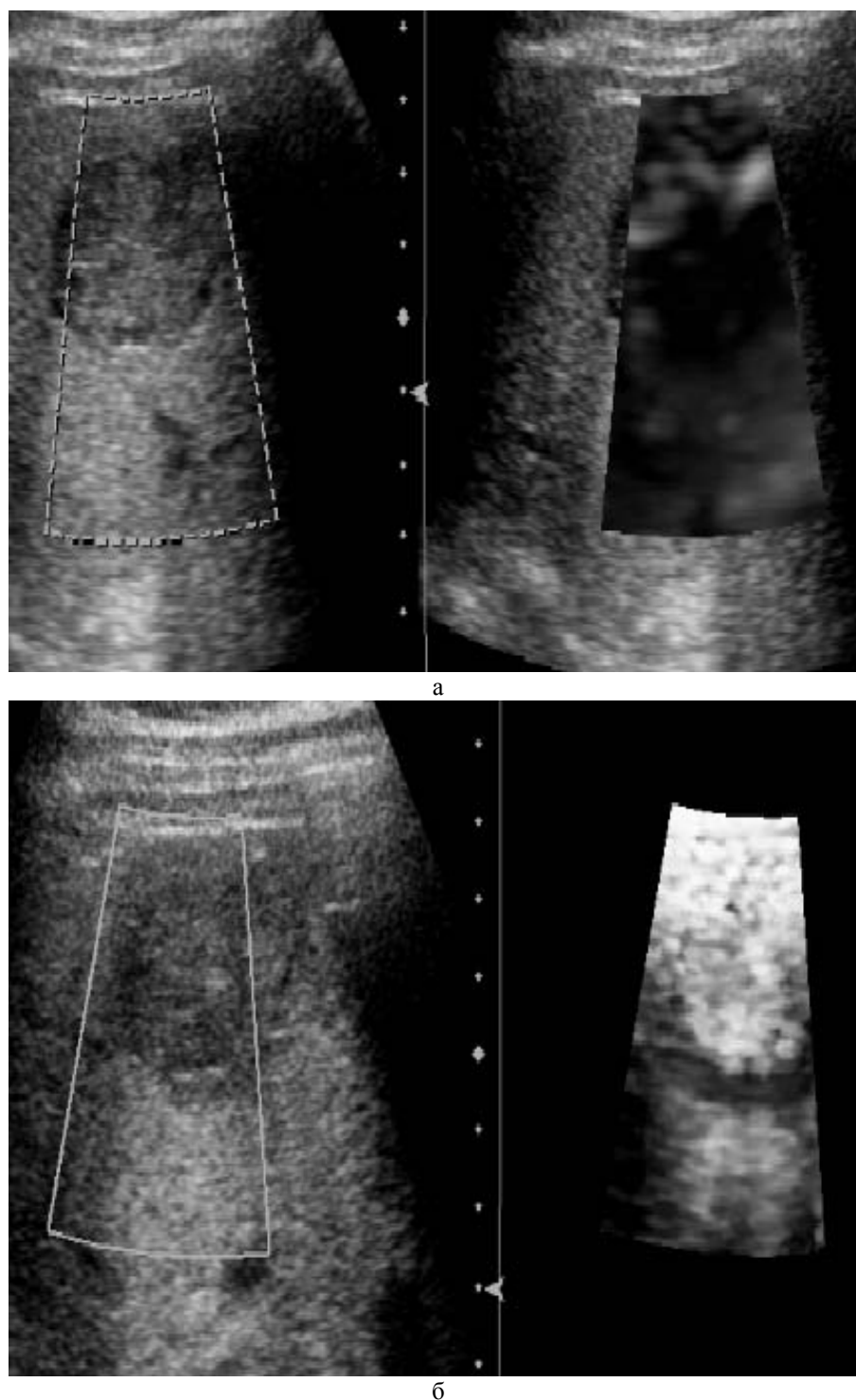


Рис. 9. Эластограммы ГЦР: а – в режиме компрессионной эластографии, однородно жесткое по структуре; б – в режиме ARFI эластографии, видно разграничение по жесткости структуры. По периферии имеется темный, жесткий ободок, в центре светлые, мягкие структуры

Поэтому обязательно следует проводить эластографию не только самого образования, но и окружающей паренхимы печени. Это необходимо для сравнения жесткости образования, а также для определения распространения опухолевого процесса за пределы образования. При применении обеих методик чувствительность, точность, положительная прогностическая значимость в диагностике злокачественных новообразований составили: 83, 79, 95 соответственно. Показатели информативности были выше, чем если бы использовалась только одна из методик.

Библиографическая ссылка:

Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Г., Лепэдату П.И., Вишленкова Е.А., Гудилина Е.А., Костякова Л.А. Качественная эластография с применением технологии ARFI в диагностике новообразований печени // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 2-115. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4941.pdf> (дата обращения: 28.11.2014).

ARFI эластография была предложена в качестве новой технологии оценки не только ригидности печени, но и очагов в ней. Так, в исследовании Cho S.H. и др. повышенную жесткость по сравнению с паренхимой печени имели 72% метастазов и узлов ХЦП, 52% узлов ГЦП и 35% гемангиом. Но между группами не было статистически значимых различий с точки зрения жесткости опухоли. 68% больных продемонстрировали более четкие границы на ARFI эластограммах по сравнению с УЗ-томограммами в В-режиме. Изображения, полученные с помощью ARFI эластографии, предоставили дополнительную информацию относительно жесткости и контуров опухолей печени [1]. В работе Shuang-Ming T. и др. предоставили информацию, что 83,8% злокачественных и 55,0% доброкачественных очагов печени были жестче по сравнению с окружающей паренхимой печени на эластографических изображениях со статистическими значимыми различиями ($p < 0,05$) [8]. Наши результаты показали аналогичную или большую частоту жестких по структуре образований в зависимости от нозологии.

Интересен опыт использования ARFI эластографии в диагностике рецидива ГЦП после проведения абляции. До абляции узлы ГЦП имели вариабельную жесткость, после неё, в месте очагов визуализировались темные, весьма жесткие структуры в 100% случаях, что объясняется развитием постнекротического фиброзного рубца. В случае рецидива ГЦП в месте абляции появляются наряду с рубцом светлые участки, которые лучше контурировались методом эластографии по сравнению с В-режимом УЗИ, то есть структура рецидивного опухолевого участка была более мягкой относительно области раннего воздействия. Поэтому ARFI эластография будет полезна для выявления продолженного роста опухоли после абляции и навигации для повторной лечебной процедуры [6].

ARFI эластография позволяет совершенствовать визуализацию опухоли печени благодаря улучшению её контрастности и в сочетании с обычным УЗИ её рекомендуют для обнаружения, характеристики опухоли и навигации в интервенционных процедурах. Комбинированная система УЗИ/ARFI может потенциально уменьшить зависимость от более дорогих и сложных методов диагностики, без увеличения требований к стоимости или времени процедуры. Её также можно использовать в качестве скрининга опухоли на фоне цирроза печени для раннего выявления заболевания [4]. В нашем исследовании мы также определяли более четкие границы опухоли, а также более детальную структуру опухоли в зависимости от жесткости тканей при выполнении ARFI эластографии.

Заключение. Таким образом, качественная эластография улучшает определение четких границ новообразования, инфильтрации за пределы опухоли. В нашем анализе методом эластографии было невозможно дифференцировать злокачественные и доброкачественные новообразования. Если используются обе методики качественной эластографии, то они могут дополнять друг друга, с уточнением внутренней структуры очагов. Важным условием проведения эластографии является осмотр непосредственно самого образования и окружающей паренхимы печени для сравнения жесткости, установления распространения опухоли.

Представленные данные показывают, что качественная эластография ARFI совместно с компрессионной эластографией улучшают визуализацию злокачественных новообразований печени и могут использоваться в качестве дополнительного диагностического инструмента в онкогепатологии.

Литература

1. In vivo visualization of abdominal malignancies with acoustic radiation force elastography / Fahey B.J., Nelson R.C., Bradway D.P. [et al.] // *Phys Med Biol*. 2008. V. 53. N1. P. 279–293.
2. Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) ultrasound imaging of solid focal liver lesions / Gallotti A., D'Onofrio M., Romanini L. [et al.] // *Eur J Radiol*. 2012. 81. P. 451–455.
3. Characterization of focal liver masses using acoustic radiation force impulse elastography / Park H., Park JY., Kim do Y. [et al.] // *World J Gastroenterol*. 2013. V. 19. N2. P. 219–226.
4. Liver elastography, comments on EFSUMB elastography guidelines 2013 / Cui X.W., Friedrich-Rust M., De Molo C. [et al.] // *World J Gastroenterol*. 2013. V. 19. N38. P. 6329–6347.
5. Doherty J.R., Trahey G.E., Nightingale K.R., Palmeri M.L. Acoustic radiation force elasticity imaging in diagnostic ultrasound // *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control*. 2013. V. 60. N4. P. 685–701.
6. Usefulness of acoustic radiation force impulse imaging in the differential diagnosis of benign and malignant liver lesions / Shuang-Ming T., Ping Z., Ying Q. [et al.] // *Acad Radiol*. 2011. V. 18. N7. P. 810–815.
7. Cho S.H., Lee J.Y., Han J.K., Choi B.I. Acoustic radiation force impulse elastography for the evaluation of focal solid hepatic lesions: preliminary findings // *Ultrasound Med Biol*. 2010. V. 36. N2. P. 202–208.
8. Acoustic radiation force impulse elastography for hepatocellular carcinoma-associated radiofrequency ablation / Kwon H.J., Kang M.J., Cho J.H. [et al.] // *World J Gastroenterol*. 2011. V. 17. N14. P. 1874–1878.

Библиографическая ссылка:

Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т., Лепэдату П.И., Вишленкова Е.А., Гудилина Е.А., Костякова Л.А. Качественная эластография с применением технологии ARFI в диагностике новообразований печени // *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. 2014. №1. Публикация 2-115. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4941.pdf> (дата обращения: 28.11.2014).

References

1. Fahey BJ, Nelson RC, Bradway DP, et al. In vivo visualization of abdominal malignancies with acoustic radiation force elastography. *Phys Med Biol.*2008;53(1):279-93.
2. Gallotti A, D'Onofrio M, Romanini L, et al. Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) ultrasound imaging of solid focal liver lesions. *Eur J Radiol.*2012;81:451-5.
3. Park H, Park JY, Kim do Y, et al. Characterization of focal liver masses using acoustic radiation force impulse elastography. *World J Gastroenterol.*2013;19(2):219-26.
4. Cui XW, Friedrich-Rust M, De Molo C, et al. Liver elastography, comments on EFSUMB elastography guidelines 2013. *World J Gastroenterol.*2013;19(38):6329-47.
5. Doherty JR, Trahey GE, Nightingale KR, Palmeri ML. Acoustic radiation force elasticity imaging in diagnostic ultrasound. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control.*2013;60(4):685-701.
6. Shuang-Ming T, Ping Z, Ying Q, et al. Usefulness of acoustic radiation force impulse imaging in the differential diagnosis of benign and malignant liver lesions. *Acad Radiol.* 2011;18(7):810-5.
7. Cho SH, Lee JY, Han JK, Choi BI. Acoustic radiation force impulse elastography for the evaluation of focal solid hepatic lesions: preliminary findings. *Ultrasound Med Biol.* 2010;36(2):202-8.
8. Kwon HJ, Kang MJ, Cho JH, et al. Acoustic radiation force impulse elastography for hepatocellular carcinoma-associated radiofrequency ablation. *World J Gastroenterol.* 2011;17(14):1874-8.

Библиографическая ссылка:

Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Г., Лепэдату П.И., Вишленкова Е.А., Гудилина Е.А., Костякова Л.А. Качественная эластография с применением технологии ARFI в диагностике новообразований печени // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 2-115. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4941.pdf> (дата обращения: 28.11.2014).