

Сравнение показателей эластографии и эластометрии объемных образований печени с данными, полученными при исследовании удаленного макропрепарата

Бердников С.Н.¹, Шолохов В.Н.¹, Патютко Ю.И.²,
Махотина М.С.¹, Чучуев Е.С.², Абиров К.Э.²

¹ Отделение ультразвуковой диагностики отдела лучевой диагностики и рентгено-хирургических методов лечения (зав. — проф. Г.Т. Синюкова),

² хирургическое отделение опухолей печени и поджелудочной железы (зав. — проф. Ю.И. Патютко) ФГБУ «Российский онкологический научный центр им. Н.Н. Блохина» РАМН (директор — акад. М.И. Давыдов), Москва, Российская Федерация

Цель. Совершенствование ультразвуковой диагностики новообразований печени при помощи сравнительного анализа механических свойств опухолевой и здоровой ткани.

Материал и методы. 36 больным с объемными образованиями печени до операции выполнено УЗИ с эластографией и эластометрией. В дальнейшем исследовали макропрепарат. У 26 больных выявлена первичная опухоль — гепатоцеллюлярный рак, гепатоцеллюлярная аденома, фокальная нодулярная гиперплазия, у 10 — метастазы колоректального рака.

Результаты. При эластографии в режиме ручной компрессии структура первичной опухоли печени в 12 (46,2%) наблюдениях была мягкой в центральных отделах и жесткой — по периферии. Структура метастазов колоректального рака в печени в 8 (80%) наблюдениях была жесткой. В режиме акустической импульсно-волновой эластографии первичные опухоли печени в 13 (50%) наблюдениях имели смешанную консистенцию, метастазы колоректального рака в 7 (70%) наблюдениях были жесткими. По данным эластометрии средняя скорость распространения поперечной волны в метастазах колоректального рака была высокой и составила $3,60 \pm 0,33$ м/с, в первичных опухолях печени — $2,14 \pm 0,76$ м/с.

Заключение. Выявлена корреляционная связь между результатами эластометрии и эластографии *in vivo* и на макропрепарате, достоверность — высокая ($p < 0,05$; $0,05 < R < 0,9$). Точность сочетанного использования УЗИ и технологий отображения механических свойств тканей в дифференциальной диагностике злокачественных новообразований печени составила 89%, чувствительность — 100%, специфичность — 66%.

Ключевые слова: гепатоцеллюлярный рак, эластография, эластометрия, ARFI (acoustic radiation force impulse), SWV (shear wave velocity), скорость распространения поперечной волны (СППВ).

Comparision of Elastography and Elastometry Data of Liver Focal Lesions and of Resected Tissue

Berdnikov S.N.¹, Sholokhov V.N.¹, Patyutko Yu.I.²,
Makhotina M.S.¹, Chuchuev E.S.², Abirov K.E.²

¹ Department of ultrasonic diagnostics of the division of beam diagnostics and roentgen-surgical methods of treatment (Head — prof. G.T. Sinyukova)

² Surgical department of the tumors of the liver and the pancreas (Head — prof. Yu.I. Patyutko) N.N. Blokhin Russian Cancer Research Center (RCRC) (Director — academician M.I. Davidov) of Russian Academy of Medical Science (RAMSci), Moscow, Russian Federation

Purpose. Development of the hepatic neoplasm diagnostics using comparison analysis of the tumor and normal tissue mechanical properties in the experimental study on gross specimens.

Materials and methods. 36 observations were included in the experimental group with ex vivo liver gross specimen examination: 26 cases of primary liver tumor (hepatocellular cancer, hepatocellular adenoma, focal nodular hyperplasia) and 10 cases of colorectal liver metastases.

Results. According to the data of manual compression elastography in 12 cases (46.2%) of the primary liver tumors its structure was soft in the central part and hard in the periphery; colorectal liver metastases in 8 (80.0%) cases were rigid lesions. In the acoustic radiation force impulse (ARFI) mode in 13 (50.0%) cases of the primary liver tumors they had mixed consistence, colorectal liver metastases in 7 (70%) cases were rigid. According to the elastometry data in the colorectal liver metastases, rate of spreading of a transverse wave (RSTW) in the tumor tissue was high — 3.6 m/sec, in the primary liver tumors RSTW was lower — 2.14 m/sec.

Conclusion. Informacity of the combine utilization of UST and imaging technologies of tissue mechanical properties in the differential diagnostics of the malignant space-occupying liver lesion was determined with 89% accuracy, 100% sensitivity and 66% specificity.

Key words: *hepatocellular cancer, elastography, elastometry, ARFI (Acoustic radiation force impulse), SWV (Shear wave velocity), RSTW (rate of spreading of a transverse wave).*

● Введение

Внедрение в клиническую практику новых технологий УЗИ (эластографии и эластометрии) позволяет детально изучить состояние органов и тканей. Однако диагностическая ценность различных методов УЗИ в дифференциальной диагностике новообразований печени изучена недостаточно. Нет четких дифференциальных признаков новообразований печени по данным УЗИ, отсутствует сравнительный анализ как качественных, так и количественных методик. Диагностика и оценка характера очаговых изменений печени сопряжены с большими трудностями: необходимостью учета большого разнообразия заболеваний, сопровождающихся очаговыми изменениями печени; возможным сочетанием доброкачественных и злокачественных изменений, отсутствием высокоспецифичных признаков. Необходимость повышения эффективности диагностики опухолевых поражений печени обуславливает актуальность разработки новых методов и оценку их эффективности [1], что целесообразно изучить по сопоставлению данных эластографии и эластометрии объемных образований печени в дооперационном периоде и на макропрепарате [2]. При этом важно оценить структуру опухоли, ее эластичность по отношению к окружающей паренхиме.

Цель работы – совершенствование УЗИ новообразований печени при помощи сравнитель-

ного анализа механических свойств опухолевой и здоровой ткани.

● Материал и методы

В исследование включено 36 наблюдений. Всем пациентам проводили хирургическое лечение по поводу опухолевого поражения печени. Характер оперативных вмешательств зависел от распространенности опухолевого процесса. В 47,2% наблюдений выполнена правосторонняя гемигепатэктомия, в 25% – сегментарные резекции печени, в 11,1% – левосторонняя гемигепатэктомия, в 8,3% – расширенная правосторонняя гемигепатэктомия, 5,6% больным выполнены атипичные резекции и в 2,8% наблюдений – расширенная левосторонняя гемигепатэктомия [3].

При гистологическом исследовании в 22 (61,1%) наблюдениях выявлен гепатоцеллюлярный рак, в 10 (27,8%) – метастазы колоректального рака, у 3 (8,3%) пациентов – фокальная нодулярная гиперплазия и в 1 (2,8%) наблюдении – гепатоцеллюлярная аденома.

До операции оценивали размер опухоли и глубину ее расположения от поверхности кожи. У пациентов с первичными опухолями печени в 11 (42,3%) наблюдениях размеры опухолей были более 5 см, в 10 (38,5%) наблюдениях – менее 3 см, в 5 (19,2%) – 3–5 см. У пациентов с метастазами колоректального рака в 4 (40%)

Бердников Сергей Николаевич – аспирант отделения ультразвуковой диагностики отдела лучевой диагностики и рентгено-хирургических методов лечения ФГБУ РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН. *Шолохов Владимир Николаевич* – профессор, вед. науч. сотр. отделения ультразвуковой диагностики отдела лучевой диагностики и рентгено-хирургических методов лечения того же центра. *Патютко Юрий Иванович* – профессор, зав. отделением опухолей печени и поджелудочной железы того же центра. *Махотина Мария Сергеевна* – канд. мед. наук отделения ультразвуковой диагностики отдела лучевой диагностики и рентгено-хирургических методов лечения того же центра. *Чучуев Евгений Станиславович* – науч. сотр. отделения опухолей печени и поджелудочной железы того же центра. *Абиров Кубанычбек Эсеналиевич* – аспирант отделения опухолей печени и поджелудочной железы того же центра.

Для корреспонденции: Бердников Сергей Николаевич – 115409 Москва, ул. Москворечье, д. 31/1, кв. 143. Тел.: 8-916-990-79-07. E-mail: berdnikov_sn@mail.ru

Berdnikov Sergey Nikolaevich – graduate student of the department of ultrasonic diagnostics of the division of beam diagnostics and roentgen-surgical methods of treatment, N.N. Blokhin Federal Russian Cancer Research Center. *Sholokhov Vladimir Nikolaevich* – professor, chief scientific of the department of ultrasonic diagnostics of the division of beam diagnostics and roentgen-surgical methods of treatment, N.N. Blokhin Federal Russian Cancer Research Center. *Patyutko Yuriy Ivanovich* – professor, Head of the Department of Liver and Pancreas Tumors, N.N. Blokhin Federal Russian Cancer Research Center. *Makhotina Maria Sergeevna* – cand. of med. sci. of the department of ultrasonic diagnostics of the division of beam diagnostics and roentgen-surgical methods of treatment, N.N. Blokhin Federal Russian Cancer Research Center. *Chuchuev Evgeny Stanislavovich* – scientific worker of the department of the tumors of the liver and the pancreas, N.N. Blokhin Federal Russian Cancer Research Center. *Abirov Kubanychbek Esenalievich* – graduate student of the department of the tumors of the liver and the pancreas, N.N. Blokhin Federal Russian Cancer Research Center.

For correspondence: Berdnikov Sergey Nikolaevich – Apt. 143, 31/1, Moskvoreche Str., 115409. Phone: +7-916-990-79-07. E-mail: berdnikov_sn@mail.ru

наблюдениях очаги были размерами менее 3 см, в 3 – 3–5 см и в 3 – более 5 см. У пациентов с первичными опухолями печени в 15 (57,7%) наблюдениях опухоль располагалась на глубине 4–6 см, в 9 (34,6%) – на глубине 2–4 см, у 2 (7,7%) – на глубине более 6 см. У больных с метастазами колоректального рака в 6 (60%) наблюдениях очаги располагались на глубине 4–6 см, в 3 (30%) – на глубине 2–4 см, в 1 (10%) – на глубине более 6 см.

Всем пациентам проводили комплексное УЗИ: эластографию в режиме ручной компрессии, акустическую импульсно-волновую эластографию (acoustic radiation force impulse – ARFI) и акустическую импульсно-волновую эластометрию. При эластометрии оценивали средний скоростной показатель (скорость распространения поперечной волны – СРПВ). По данным эластометрии оценивали скоростной показатель жесткости опухолевой ткани и неизменной паренхимы печени до операции и на макропрепарате.

● Результаты и обсуждение

Эластография в режиме ручной компрессии. По данным эластографии с ручной компрессией (как на дооперационном этапе, так и в эксперименте на макропрепарате) нами было выделено 6 вариантов эластограмм с разной степенью жесткости опухолевой ткани: В1 – мягкой консистенции, В2 – мягкий центр и плотный ободок по периферии, В3 – мягкой консистенции с жесткими включениями, В4 – жесткой консистенции с мягкими включениями, В5 – жесткой консистенции, В6 – жесткий центр и мягкой консистенции по краю [4].

При исследовании до операции первичной опухоли печени у 12 (46,2%) больных структура опухоли была мягкой в центральных отделах и жесткой по периферии. В 7 (26,9%) наблюдениях опухоль имела жесткую структуру с мягкими включениями. У 5 (19,2%) пациентов опухоль была мягкой консистенции с плотными включениями и у 2 (7,7%) – мягкой консистенции.

В группе пациентов с метастазами колоректального рака в 8 (80%) наблюдениях очаги были жесткими, в 1 (10%) – имели жесткий центр и мягкий край и в 1 (10%) – мягкий центр и жесткий край.

При исследовании макропрепарата в 13 (50%) наблюдениях структура первичной опухоли была мягкой в центральных отделах и жесткой по периферии, в 6 (23,1%) – опухоль имела жесткую структуру с мягкими включениями, в 5 (19,2%) – была мягкой консистенции с плотными включениями и в 2 (7,7%) – мягкой консистенции. В группе с метастазами колоректального рака в печень в 7 (70%) наблюдениях очаги были жесткими, в 3 (30%) – имели жесткий центр и мягкий край.

Показатели информативности эластографии с ручной компрессией для первичных опухолей печени ($n = 26$) составили: чувствительность – 31,82%, специфичность – 100%, точность – 42,31%, прогностическая ценность положительного результата – 100%, прогностическая ценность отрицательного результата – 21,05%. Показатели информативности эластографии с ручной компрессией для метастазов в печень колоректального рака ($n = 10$): чувствительность – 90%, точность – 90%, прогностическая ценность положительного результата – 100%, прогностическая ценность отрицательного результата – 0%.

Акустическая импульсно-волновая эластография (ARFI). Как до операции, так и при исследовании макропрепарата было выделено 3 варианта эластограмм с разной степенью жесткости опухолевой ткани по отношению к неизменной паренхиме печени, что отмечают и другие авторы [4]: В1 – мягкой консистенции, В2 – жесткой консистенции, В3 – смешанной консистенции.

При исследовании до операции первичных опухолей печени в 13 (50%) наблюдениях опухоли имели смешанную консистенцию, в 10 (38,5%) – мягкую консистенцию и в 3 (11,5%) – жесткую. В группе с метастазами колоректального рака у 7 (70%) пациентов очаги были жесткими, в 3 (30,0%) наблюдениях – смешанной консистенции.

При исследовании макропрепарата в 14 (53,9%) наблюдениях опухоли имели смешанную консистенцию, в 9 (34,6%) – мягкую и в 3 (11,5%) – жесткую консистенцию. В группе с метастазами колоректального рака в 9 (90%) наблюдениях очаги были жесткими, в 1 (10%) наблюдении – смешанной консистенции.

Показатели информативности эластографии с технологией ARFI для первичных опухолей печени ($n = 26$): чувствительность – 40,91%, специфичность – 100%, точность – 50%, прогностическая ценность положительного результата – 100%, прогностическая ценность отрицательного результата – 23,53%. Показатели информативности эластографии с технологией ARFI для метастазов колоректального рака ($n = 10$): чувствительность – 100%, точность – 100%, прогностическая ценность положительного результата – 100%.

Акустическая импульсно-волновая эластометрия (СРПВ). До операции у пациентов с метастазами колоректального рака в печень были зафиксированы самые низкие показатели СРПВ в неизменной паренхиме печени, значения варьировали от 1,06 до 3,02 м/с, в среднем – $1,78 \pm 0,59$ м/с, медиана – 1,75 м/с. СРПВ в опухолевой ткани была высокой – 3,12–4,22 м/с, в среднем $3,60 \pm 0,33$ м/с, медиана – 3,62 м/с.

У пациентов с первичными опухолями печени СРПВ в неизменной паренхиме была самой

высокой – 1,21–3,94 м/с, в среднем $2,28 \pm 0,8$ м/с, медиана – 1,95 м/с за счет выраженных дистрофических изменений. СРПВ в опухоли варьировала от 1,12 до 3,68 м/с, в среднем – 2,14 \pm 0,78 м/с, медиана – 2,05 м/с.

При изучении неизменной паренхимы макропрепарата печени низкая СРПВ была отмечена при метастазах колоректального рака: 1,27–2,52 м/с, в среднем $1,91 \pm 0,42$ м/с, медиана – 1,98 м/с. В макропрепарате с первичной опухолью печени СРПВ в неизменной паренхиме была высокой, 1,06–4,01 м/с, в среднем $2,36 \pm 0,82$ м/с, медиана – 2,16 м/с, в большинстве наблюдений – за счет фиброзных и цирротических изменений паренхимы печени на фоне вирусного гепатита.

В макропрепарате печени с метастазами колоректального рака скоростной показатель СРПВ в опухолевой ткани был высоким, 2,76–4,66 м/с, в среднем $3,63 \pm 0,66$ м/с, медиана – 3,51 м/с. В макропрепаратах с первичными опухолями печени СРПВ был ниже – 1,1–3,47 м/с, в среднем $2,08 \pm 0,76$ м/с, медиана – 1,97 м/с.

Для проведения эластографии и эластометрии самыми оптимальными считали опухоли размерами 2–5 см, располагавшиеся на глубине 2–6 см. В исследованиях на макропрепарате наиболее оптимальными были размеры опухолей 0,5–5 см. При проведении эластографии с ручной компрессией на макропрепарате печени предпочтительными считали размеры опухолей 1–5 см, с учетом того, что неизменной паренхимы вокруг опухоли должно быть не менее 0,5 см.

При проведении эластометрии печени и сопоставлении с результатами морфологического исследования было отмечено, что при вирусном поражении паренхимы (при нарастании фиброза) средняя СРПВ в опухоли печени в большинстве наблюдений всегда ниже СРПВ в неизменной паренхиме печени, что является критерием дифференциальной диагностики гепатоцеллюлярного рака [5, 6]. При гепатоцеллюлярном раке СРПВ в большинстве наблюдений увеличивался от центра опухоли к ее периферии, а при фокаль-

ной нодулярной гиперплазии – наоборот, от периферии к ее центру.

Для расчета информативности показателей эластометрии в дифференциальной диагностике злокачественных новообразований печени в эксперименте с макропрепаратом были выбраны пороговые значения СРПВ – 2,0 и 1,5 м/с. Наиболее информативными были показатели при пороговом значении 1,5 м/с: точность – 75%, чувствительность – 81%, специфичность – 25%, прогностическая ценность положительного результата – 90%, прогностическая ценность отрицательного результата – 14%.

Различия средней СРПВ опухолевой ткани *in vivo* между группами пациентов с первичными опухолями печени и метастазами колоректального рака в печень были достоверными ($p < 0,05$), а в неизменной паренхиме печени отмечалась тенденция к достоверности ($p = 0,089$). Средние СРПВ опухолевой ткани *in vitro* между в группах пациентов с первичными опухолями печени и метастазами колоректального рака в печень различались достоверно ($p < 0,05$).

Приводим клиническое наблюдение.

Пациентка, 37 лет, госпитализирована в отделение опухолей печени и поджелудочной железы в феврале 2012 г. Диагноз при госпитализации: новообразование печени. По данным МРТ с контрастным препаратом, выполненной в январе, – опухолевое образование печени, возможно вторичного характера (рис. 1). Исследование опухолевых маркеров: АФП 4,55 мМЕ/мл. Выполнено УЗИ с эластографией и эластометрией. Печень увеличена (КВР правой доли 16,5 см), контур правой доли ровный, контур левой доли бугристый. Структура с дистрофическими изменениями (СРПВ 1,71–1,96 м/с). На этом фоне во II–III сегментах определяется изоэхогенное образование $6,5 \times 5,7$ см. По данным эластографии и ARFI – мягкой консистенции с плотными участками, СРПВ в центральных отделах 3,09–4,14 м/с. В IV сегменте киста 0,8 см. Внутривенные желчные протоки не расширены (рис. 2–7). Заключение: объемное образование в левой доле печени больше соответствует фокальной но-

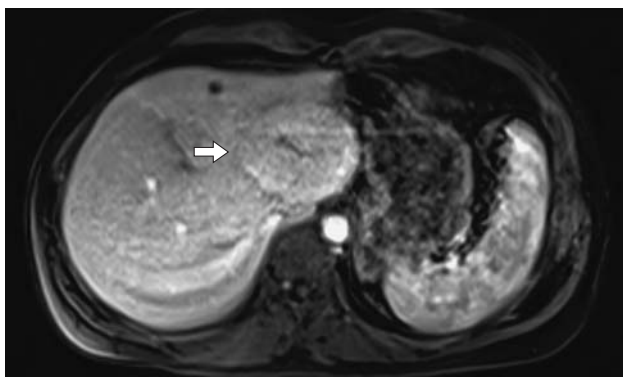


Рис. 1. Магнитно-резонансная томограмма. Объемное образование левой доли печени (стрелка). Исследование с контрастированием, артериальная фаза.

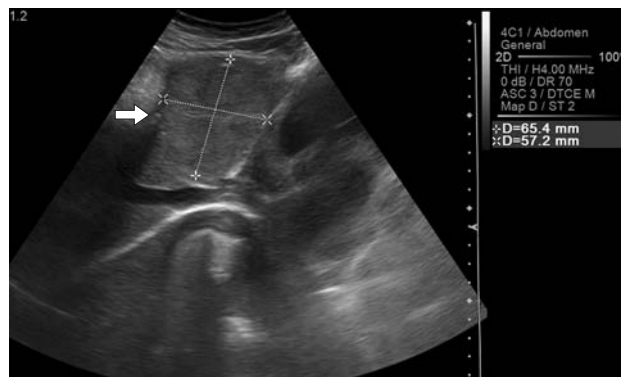


Рис. 2. Ультразвуковая сканограмма. Объемное образование левой доли печени (стрелка).

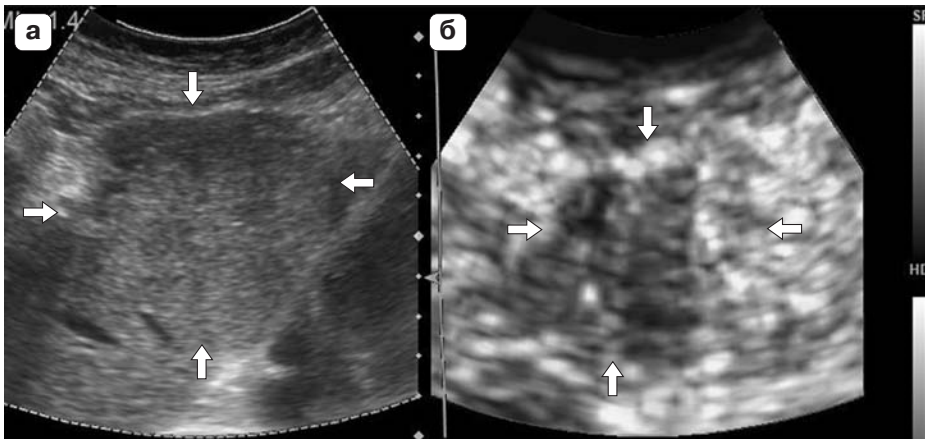


Рис. 3. Ультразвуковая сканограмма. Эластограмма в режиме ручной компрессии и серошкального кодирования. а – В-режим; б – эластограмма. По жесткости объемное образование в левой доле печени (стрелки) имеет такую же консистенцию, как и неизменная паренхима печени. В центральных отделах опухоли – жесткие включения (участки пониженной эхогенности).

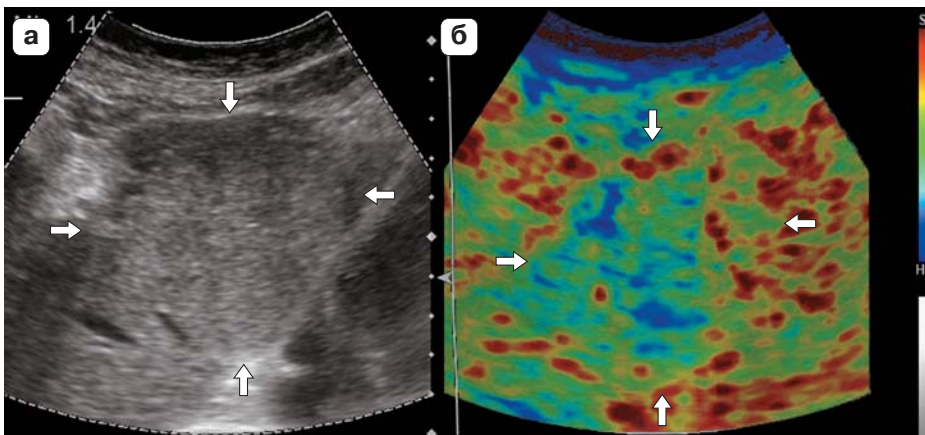


Рис. 4. Ультразвуковая сканограмма. Эластография с ручной компрессией в режиме цветового кодирования. а – В-режим; б – эластограмма. Объемное образование в левой доле печени мягкой консистенции с жесткими включениями. Вариант эластограммы №3.

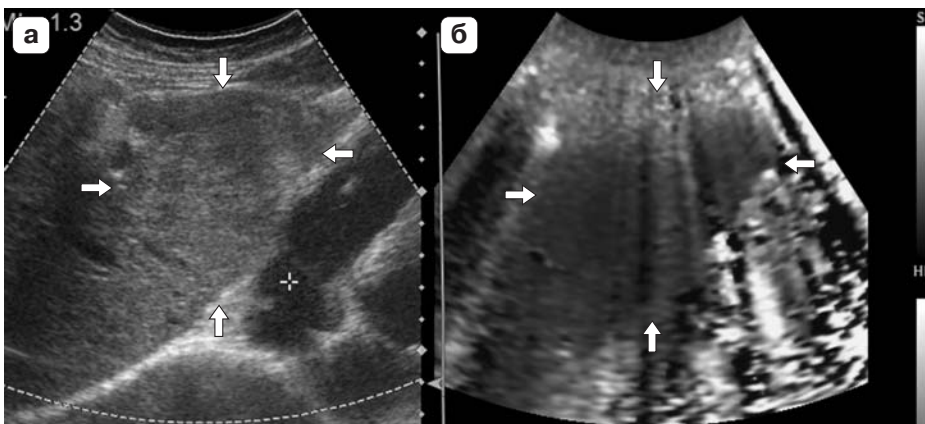


Рис. 5. Ультразвуковая сканограмма. Эластограмма с ARFI. а – В-режим; б – эластограмма. Объемное образование левой доли печени, по периферии – мягкой консистенции, в центральных отделах – жесткое. Вариант эластограммы №3.

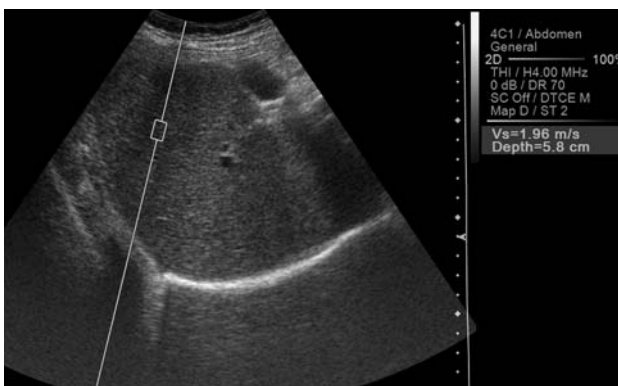


Рис. 6. Ультразвуковая сканограмма. Эластометрия неизменной паренхимы печени. СРПВ варьирует от 1,71 до 1,96 м/с. Дистрофические изменения паренхимы печени.



Рис. 7. Ультразвуковая сканограмма. Эластометрия объемного образования в левой доле печени. СРПВ в центральных отделах опухоли высокая – 3,09–4,14 м/с – за счет фиброзных изменений в центральных отделах ФНГ.

Рис. 8. Ультразвуковая сканограмма. Эластография с ручной компрессией на макропрепарате (в режиме серошкального кодирования). а – В-режим; б – эластограмма. Коэффициент компрессии $QF = 70$. Объемное образование печени мягкой консистенции, не отличается от неизменной паренхимы печени.

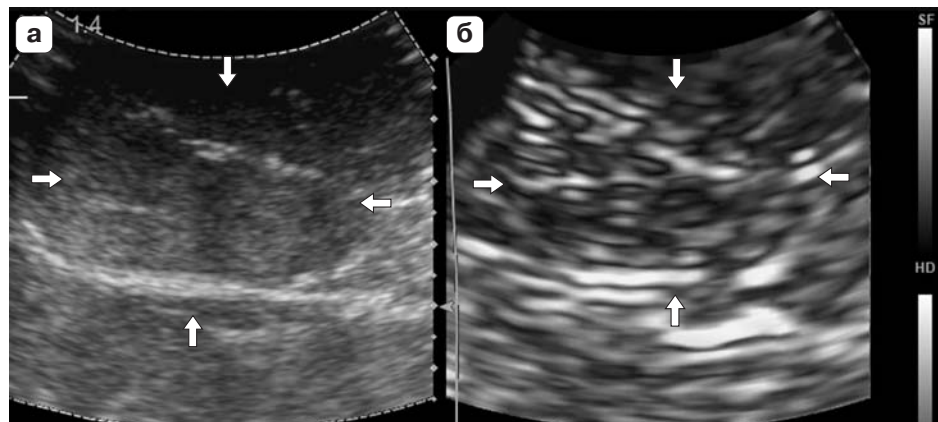


Рис. 9. Ультразвуковая сканограмма. Эластография с ручной компрессией на макропрепарате (в режиме цветового кодирования). а – В-режим; б – эластограмма. Объемное образование печени мягкой консистенции с жесткими включениями. Вариант эластограммы №3.

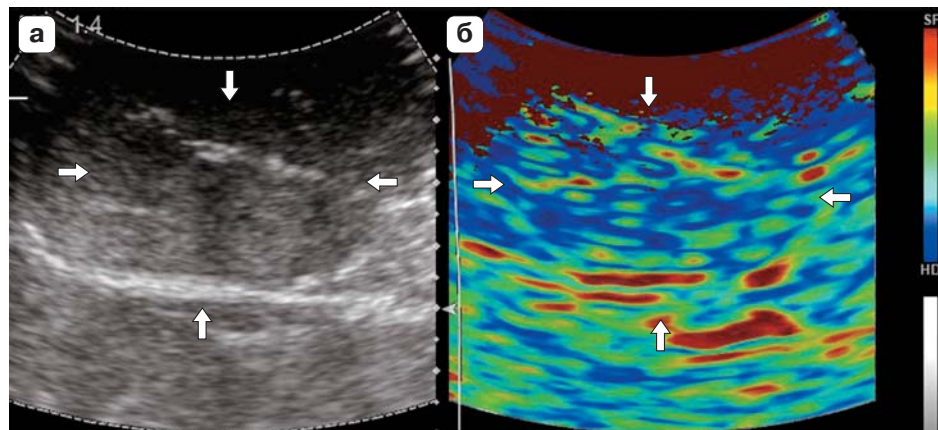


Рис. 10. Ультразвуковая сканограмма. Эластография с ARFI на макропрепарате. а – В-режим; б – эластограмма. Объемное образование печени мягкой консистенции с жесткими включениями. Вариант эластограммы №3.

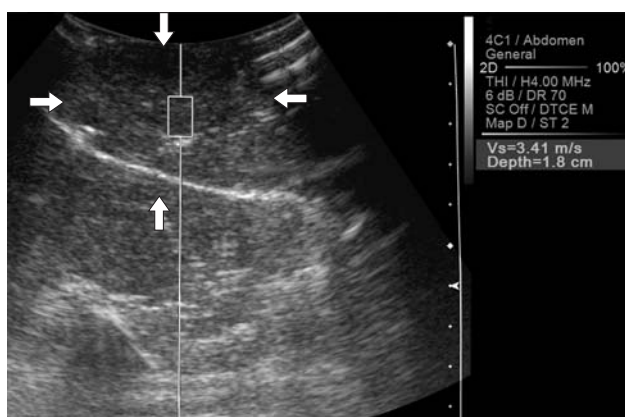
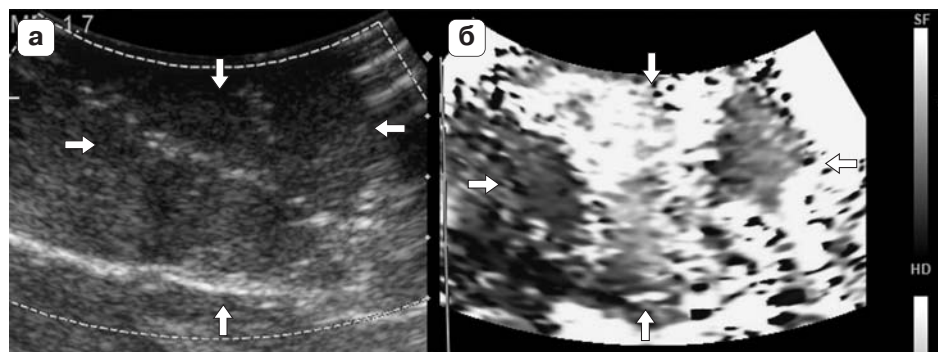


Рис. 11. Ультразвуковая сканограмма. Эластометрия объемного образования печени на макропрепарате. СРПВ в центральных отделах опухоли 3,38–3,96 м/с – фиброзные изменения в центральных отделах ФНГ.

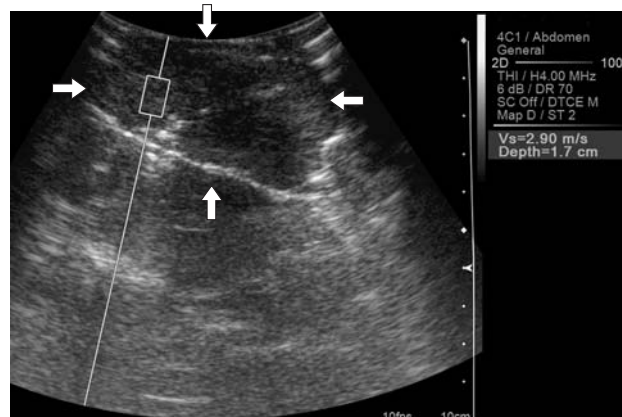


Рис. 12. Ультразвуковая сканограмма. Эластометрия объемного образования печени на макропрепарате. СРПВ в периферических отделах опухоли 2,41–2,90 м/с.



Рис. 13. Макрофото. Нодулярная гиперплазия печени с участками фиброза в центральных отделах.

дулярной гиперплазии. Пациентка оперирована. Выполнена срединная лапаротомия. При ревизии в брюшной полости в левой доле печени в проекции II–III сегментов определяется опухоль до 6 см, плотно-эластичной консистенции. Дополнительная левая печеночная артерия отходит от левой желудочной артерии. Других изменений в печени и брюшной полости нет. С предварительным пережатием печеночно-двенадцатиперстной связки выполнена сегментэктомия II–III. Культи печени дополнительно прошита, перитонизирована остатками серповидной связки. Время пережатия печеночно-двенадцатиперстной связки 13 мин. Кровопотеря 300 мл. Выполнено исследование макропрепарата печени. По данным эластографии и ARFI объемное образование печени мягкой консистенции с жесткими включениями. При эластометрии СРПВ в центральных отделах опухоли была 3,38–3,96 м/с, в периферических отделах – 2,41–2,90 м/с. СРПВ неизменной паренхимы печени варьировала от 1,74 до 1,80 м/с (рис. 8–12). Макропрепарат: фрагмент ткани печени 9 × 3 × 3,5 см, на расстоянии 2,5 см от края резекции образование овальной формы 6 × 5 × 2,5 см, в капсуле, плотной консистенции, бледно-коричневого цвета с тяжами плотной белесоватой ткани. Гистологическое исследование: в крае резекции элементов опухолевого роста не обнаружено, образование в печени морфологически соответствует очаговой узловой гиперплазии (рис. 13). Заключительный диагноз: нодулярная гиперплазия печени.

● Заключение

Показатели эластометрии и эластографии, полученные при исследовании опухоли печени

на дооперационном этапе, совпадали с данными эластографии и эластометрии, измеренными на удаленном макропрепарате. Новые технологии УЗИ позволяют дать качественную и количественную оценку строению опухоли, что подтверждается при сопоставлении с результатами морфологического исследования. Полученные результаты сопоставимы с данными мировой литературы. Комплексное УЗИ, дополненное эластометрией и эластографией, позволяет повысить уровень неинвазивной диагностики первичных опухолей печени.

● Список литературы

1. Шифф Ю.Р., Соррел М.Ф., Меддрей У.С. Болезни печени по Шиффу под ред. Ивашкина В.Т. М.: GEOTAR-Медиа, 2010. С. 151–191.
2. Nightingale K., McAleavey S., Trahey G. Shear-wave generation using acoustic radiation force: in vivo and ex vivo results. *Ultrasound. Med. Biol.* 2003; 29 (12): 1715–1723.
3. Лекции по гепатопанкреатобилиарной хирургии. Под ред. Э.И. Гальперина, Т.Г. Дюжевой. М.: Видар-М, 2011. С. 253–271.
4. Garra B.S. Imaging and estimation of tissue elasticity by ultrasound. *Ultrasound. Q.* 2007; 23 (4): 255–268.
5. Friedrich-Rust M., Oug M.F., Martens S., Sarrazin C., Bojunga J., Zeuzem S., Herrmann E. Performance of transient elastography for staging of liver fibrosis: a meta-analysis. *Gastroenterology.* 2008; 134 (4): 960–974.
6. Борсуков А.В. Эластография в клинической гепатологии. Смоленск: Смоленская городская типография, 2011. 215 с.

● References

1. Schiff J.R., Sorrel M.F., Meddrei U.S. Diseases of the liver according to Schiff. Ivashkin V.T. Editor. Moskva: GEOTAR-Media, 2010. P. 151–191. (in Russian)
2. Nightingale K., McAleavey S., Trahey G. Shear-wave generation using acoustic radiation force: in vivo and ex vivo results. *Ultrasound. Med. Biol.* 2003; 29 (12): 1715–1723.
3. Lectures on hepatopancreatobiliary surgery. Eds. E.I. Galperin, T.G. Dyuzheva. Moskva: Vidar-M, 2011. P. 253–271. (in Russian)
4. Garra B.S. Imaging and estimation of tissue elasticity by ultrasound. *Ultrasound. Q.* 2007; 23 (4): 255–268.
5. Friedrich-Rust M., Oug M.F., Martens S., Sarrazin C., Bojunga J., Zeuzem S., Herrmann E. Performance of transient elastography for staging of liver fibrosis: a meta-analysis. *Gastroenterology.* 2008; 134 (4): 960–974.
6. Borsukov A.V. Elastography in clinical hepatology. Smolensk: Smolenskaya gorodskaya tipografiya, 2011. 215 p. (in Russian)