

# Воспроизводимость эластографии сдвиговой волной при исследовании поверхностно расположенных органов (щитовидная железа)

В.В. Митьков, Т.В. Иванишина, И.М. Гогаева, М.Д. Митькова,  
Ю.А. Брюховецкий, Н.В. Заболотская, Г.Г. Рудько

ГБОУ ДПО “Российская медицинская академия последипломного образования”  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

Для оценки внутри- и межоператорской воспроизводимости эластографии сдвиговой волной при исследовании щитовидной железы было обследовано 16 пациентов с неизменной эхографической картиной щитовидной железы (32 доли) и 11 пациентов с очаговыми образованиями щитовидной железы (15 коллоидных узлов). Измерения модуля Юнга (кПа) (E<sub>тах</sub> и E<sub>теп</sub>) проводили на аппарате Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) с использованием линейного датчика (4–15 МГц). Измерения проводились двумя независимыми исследователями с одинаковым стажем работы в ультразвуковой диагностике. При оценке межоператорской воспроизводимости коэффициент внутригрупповой корреляции при измерениях E<sub>теп</sub> в неизменной паренхиме щитовидной

железы – 0,85 (0,63–0,95) (здесь и далее 95%-й доверительный интервал), коэффициент ранговой корреляции Спирмена – 0,84 (P = 0,0001) и коэффициент каппа – 0,58 (0,41–0,74); при оценке внутриоператорской воспроизводимости – 0,95 (0,86–0,98), 0,94 (P < 0,0001) и 0,73 (0,63–0,82) соответственно. При оценке меж- и внутриоператорской воспроизводимости при измерениях E<sub>тах</sub> в неизменной паренхиме щитовидной железы – 0,81 (0,53–0,93), 0,85 (P < 0,0001) и 0,54 (0,41–0,74); 0,95 (0,85–0,98), 0,89 (P < 0,0001) и 0,61 (0,45–0,78) соответственно. При оценке межоператорской воспроизводимости коэффициент внутригрупповой корреляции при измерениях E<sub>теп</sub> в коллоидных узлах – 0,93 (0,84–0,97), 0,85 (P < 0,0001) и 0,62 (0,47–0,77); при измерениях

В.В. Митьков – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой ультразвуковой диагностики ГБОУ ДПО “Российская медицинская академия последипломного образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации. Т.В. Иванишина – аспирант кафедры ультразвуковой диагностики ГБОУ ДПО “Российская медицинская академия последипломного образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации. И.М. Гогаева – аспирант кафедры ультразвуковой диагностики ГБОУ ДПО “Российская медицинская академия последипломного образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации. М.Д. Митькова – к.м.н., доцент кафедры ультразвуковой диагностики ГБОУ ДПО “Российская медицинская академия последипломного образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации. Ю.А. Брюховецкий – к.м.н., доцент кафедры ультразвуковой диагностики ГБОУ ДПО “Российская медицинская академия последипломного образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации. Н.В. Заболотская – д.м.н., профессор кафедры ультразвуковой диагностики ГБОУ ДПО “Российская медицинская академия последипломного образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации. Г.Г. Рудько – к.м.н., доцент кафедры ультразвуковой диагностики ГБОУ ДПО “Российская медицинская академия последипломного образования” Министерства здравоохранения Российской Федерации.

**Контактная информация:** 127299 г. Москва, ул. Новая Ипатовка, д. 3, Клинический госпиталь ФКУЗ “МСЧ МВД России по г. Москве”, кафедра ультразвуковой диагностики. Митьков Владимир Вячеславович. Тел.: +7 (499) 150-90-61. Факс: +7 (926) 200-75-81. E-mail: vv@mitkov.ru

*Etax – 0,90 (0,77–0,96), 0,79 (P < 0,0001) и 0,55 (0,38–0,72) соответственно. Полученные результаты свидетельствуют о хорошей воспроизводимости и согласованности измерений. При измерении модуля Юнга в неизменной паренхиме щитовидной железы и коллоидных узлах показатели внутриоператорской воспроизводимости были выше по сравнению с межоператорской. При измерении Eтеап показатели внутриоператорской и межоператорской воспроизводимости были выше по сравнению с Etax. Все показатели, характеризующие воспроизводимость, при оценке коллоидных узлов и неизменной паренхимы щитовидной железы давали сопоставимые результаты.*

**Ключевые слова:** *ультразвуковая эластография сдвиговой волной, модуль Юнга, внутри- и межоператорская воспроизводимость, согласованность, коэффициент внутригрупповой корреляции, коэффициент ранговой корреляции Спирмена, коэффициент каппа, щитовидная железа.*

## ВВЕДЕНИЕ

Воспроизводимость – степень близости друг к другу независимых результатов измерений, полученных одним и тем же методом на идентичных объектах [1], – одна из важных характеристик любого диагностического метода. Оценка воспроизводимости направлена на стандартизацию метода, повышение его эффективности и объективизацию результатов исследования.

Известно, что ультразвуковое исследование является достаточно операторзависимой методикой, результат которой может зависеть от опыта врача. Это относится, в частности, и к ультразвуковой диагностике заболеваний щитовидной железы, где степень субъективности в дифференциальной диагностике узлов и диффузной патологии достаточно высока [2].

Появившиеся в последние годы новые диагностические приборы, оснащенные технологией эластографии сдвиговой волной, стали активно использоваться врачами ультразвуковой диагностики для дифференциации различных образований щитовидной железы. В основе эластографии сдвиговой

волной лежит измерение скорости сдвиговых (поперечных) акустических волн, генерируемых сфокусированным ультразвуковым лучом. Скорость распространения сдвиговой волны ( $c_s$ ) и модуль Юнга (E) связаны между собой формулой:

$$E \approx 3\rho c_s^2 \text{ (Па)},$$

где E – модуль Юнга (Па),  $\rho$  – плотность ткани ( $\approx 1000 \text{ кг/м}^3$ ),  $c_s$  – скорость сдвиговой волны (м/с). Значения скорости сдвиговой волны и модуля Юнга тем больше, чем жестче исследуемая ткань [3].

Поскольку эластография сдвиговой волной (в отличие от компрессионной эластографии) дает количественную оценку жесткости ткани, позволяя получать абсолютные значения оцениваемых параметров, большинство авторов считает этот метод менее операторзависимым [4, 5].

Изучение воспроизводимости эластографии сдвиговой волной при исследовании поверхностно расположенных органов продолжает оставаться актуальной проблемой, несмотря на то что опубликован ряд статей, в которых обсуждается этот вопрос.

Так, в работе К. Bhatia et al. (2012) [6] для оценки воспроизводимости эластографии сдвиговой волной (Aixplorer, Supersonic Imagine, Франция) одним и двумя специалистами (*intra- and interobserver reproducibility*) проведено обследование 135 пациентов со 176 различными образованиями в области шеи, среди которых было 40 опухолей щитовидной железы (6 (15%) из них злокачественные). Коэффициент внутригрупповой корреляции (*intraclass correlation coefficient*) при измерениях жесткости (модуль Юнга, кПа) всех 176 образований, проведенных одним исследователем, составил 0,78–0,85 (разброс при различных условиях измерения). Использовались средние значения модуля Юнга, рассчитанные из трех последовательных измерений. Те же вводные данные при оценке жесткости только щитовидной железы обеспечили значения коэффициента внутригрупповой корреляции в пределах 0,82–0,85. Наилучшие результаты были получены одним исследователем для слюнных желез (0,87–0,93), наихудшие – для лимфатических узлов (0,69–0,75). (Для интерпретации полученных результатов: <0,40 – плохая (слабая), 0,40–0,75 –

от неплохой (не критически слабой) до хорошей,  $>0,75$  – очень хорошая воспроизводимость [7]).

При измерениях жесткости, проведенных двумя исследователями, с учетом оценки 58 патологических процессов различных локализаций коэффициент внутригрупповой корреляции при разных условиях измерения у первого врача был в пределах  $0,71-0,78$ , у второго –  $0,65-0,74$  (при использовании средних значений модуля Юнга, рассчитанных из трех последовательных измерений). При оценке межоператорской воспроизводимости с учетом одного (первого) измерения коэффициент внутригрупповой корреляции колебался от  $0,72$  до  $0,76$ , с учетом среднего значения (рассчитанного из трех последовательных измерений, проведенных каждым врачом) – от  $0,87$  до  $0,93$ . И, наконец, наилучшие результаты были получены при интерпретации записанных заранее видеоклипов: коэффициент внутригрупповой корреляции составил  $0,97-0,98$  [6].

Многофакторный регрессионный анализ показал, что доброкачественность образований ( $P < 0,0006$ ) является независимым предиктором высоких значений коэффициента внутригрупповой корреляции, в отличие от размеров образований ( $P = 0,19$ ) [6].

Количественная оценка эластических свойств щитовидной железы осуществляется и с использованием точечной эластографии сдвиговой волной. В исследование Y.F. Zhang et al. (2012) [8] были включены 142 пациента со 173 узлами щитовидной железы (44 доброкачественных образования и 129 злокачественных образований). Критериями включения стали размеры узла  $>7$  мм, солидная или солидно-кистозная ( $<25\%$  кистозного компонента) экоструктура образования. Воспроизводимость оценивалась при исследовании 30 пациентов двумя врачами с одинаковым опытом работы в ультразвуковой диагностике. Внутриоператорская разница абсолютных значений скорости сдвиговой волны составила  $0,28 \pm 0,20$  м/с ( $0,02-0,97$  м/с), межоператорская –  $0,32 \pm 0,26$  м/с ( $0,02-1,00$  м/с). Внутриоператорский коэффициент корреляции –  $0,904$  ( $P < 0,001$ ), межоператорский –  $0,864$  ( $P < 0,001$ ). (Для интерпретации полученных результатов:  $\leq 0,2$  – очень слабая, от  $0,2$  до  $0,5$  (последнее включительно)

но) – слабая, от  $0,5$  до  $0,7$  (последнее включительно) – средняя, от  $0,7$  до  $0,9$  (последнее включительно) – сильная, от  $0,9$  до  $1,0$  (последнее включительно) – очень сильная корреляция). Итак, помимо достоверной разницы значений скорости сдвиговой волны в доброкачественных и злокачественных образованиях щитовидной железы в работе была продемонстрирована высокая воспроизводимость полученных количественных результатов.

Интересные данные представляет работа N. Grazhdani et al. (2014) [9]. Два врача ультразвуковой диагностики с опытом работы 10 и 5 лет провели исследование щитовидной железы с применением точечной эластографии сдвиговой волной у 74 пациентов. В исследование было включено 82 узла, из которых 22 составили группу злокачественных новообразований (17 случаев папиллярного рака, 4 – медуллярного рака и 1 метастаз), 60 – группу доброкачественной патологии (48 случаев коллоидного зоба, 2 – тиреоидита Грейвса, 2 – зоба Хашимото, 4 – аденомы Пламмера и 7 геморрагических кист). Критерием включения стал размер узлового образования не менее 10 мм, критериями исключения – преимущественно кистозное строение узла и наличие макрокальцификации. Два врача ультразвуковой диагностики независимо друг от друга получали средние значения скорости сдвиговой волны, выполняя 5 измерений в области узла. Статистический анализ проводился с использованием ROC-анализа (оценка информативности) и коэффициента каппа Коэна (к) (мера согласованности). Первый исследователь для дифференциации злокачественных образований получил пороговое значение скорости сдвиговой волны  $2,455$  м/с (AUC –  $0,86$ , чувствительность –  $90\%$ , специфичность –  $75\%$ ), второй –  $2,365$  м/с ( $0,81$ ,  $90\%$  и  $72\%$ ) соответственно. Межоператорская согласованность была хорошей ( $0,75$ ), как и внутриоператорская ( $0,65$  для исследователя с опытом 10 лет и  $0,63$  для исследователя с опытом 5 лет). При оценке результатов измерения жесткости злокачественных образований  $k = 0,65$  для обоих исследователей. (Для интерпретации полученных результатов:  $<0,20$  – плохая (очень слабая),  $0,21-0,40$  – неплохая (слабая),  $0,41-0,60$  – умеренная (средняя),  $0,61-0,80$  – хорошая

(значительная), 0,81–1,00 – очень хорошая (отличная) согласованность [10].)

Следует отметить, что к ограничениям метода относятся невозможность адекватной оценки кистозных и кистозно-солидных (с малой долей солидного компонента) узлов, кальцификация и малые размеры образований [8, 9]. Последнее связано со стандартными размерами зоны интереса при использовании точечной эластографии сдвиговой волной.

Адекватная оценка результатов эластографии сдвиговой волной является актуальной задачей медицинской практики. В связи с этим целью нашей работы явилась оценка воспроизводимости измерений модуля Юнга одним (внутриоператорская воспроизводимость) и разными (межоператорская воспроизводимость) врачами ультразвуковой диагностики при исследовании такого поверхностно расположенного органа, как щитовидная железа.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки воспроизводимости измерений модуля Юнга при исследовании щитовидной железы было обследовано 27 пациентов (18 мужчин и 9 женщин) в возрасте от 25 до 80 лет. Это были 16 пациентов (11 мужчин и 5 женщин) с неизменной эхографической картиной щитовидной железы и 11 пациентов (7 мужчин и 4 женщины) с очаговыми образованиями щитовидной железы (15 коллоидных узлов). Все пациенты дали информированное добровольное согласие на проведение диагностической процедуры в соответствии с российским законодательством (Федеральный закон от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ “Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации”).

Всем пациентам проводилось ультразвуковое исследование в режиме эластографии сдвиговой волной на аппарате Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) с использованием широкополосного датчика, работающего в диапазоне частот от 4 до 15 МГц. Измерения проводились двумя независимыми исследователями с одинаковым стажем работы в ультразвуковой диагностике.

При планировании работы нами были четко определены условия проведения ис-

следования. Методика была стандартизована с предварительным согласованием мельчайших деталей протокола. При становлении методики сначала измерения осуществлялись последовательно обоими специалистами, участвующими в исследовании, затем – вслепую. Оба этапа проходили под контролем опытного эксперта для выявления ошибок, неточностей и непонимания.

Техника выполнения эластографии сдвиговой волной требовала от операторов плавных движений датчиком, не оказывающих дополнительной компрессии на исследуемые ткани. Цветовое окно располагалось на глубине не более 30 мм от поверхности датчика, что обусловлено техническими возможностями прибора. После выбора области интереса с целью стабилизации изображения производилась фиксация положения руки в течение 4 с.

Количественная оценка жесткости ткани (измерение модуля Юнга) проводилась в зонах интереса (Q-Box). Зоны интереса были одинаковы по размерам и по возможности располагались на одинаковой глубине. В каждой зоне интереса автоматически определялись следующие значения модуля Юнга (E): среднее значение (E<sub>mean</sub>), максимальное значение (E<sub>max</sub>), минимальное значение (E<sub>min</sub>) и стандартное отклонение (SD). В анализе участвовали только E<sub>mean</sub> и E<sub>max</sub>.

При исследовании неизменной паренхимы щитовидной железы каждым врачом (врач 1 и врач 2) независимо друг от друга проводилось по 9 измерений E<sub>mean</sub> и E<sub>max</sub> в каждой доле (по три измерения на уровне верхней, средней и нижней трети долей) при сканировании в поперечном сечении (рис. 1). Далее для 9 измерений вычислялись средние значения E<sub>mean</sub> и E<sub>max</sub>. При анализе межоператорской воспроизводимости (врач 1 и врач 2) сравнивали именно средние значения E<sub>mean</sub> и E<sub>max</sub>, полученные из 9 измерений. При анализе внутриоператорской воспроизводимости сравнивали первое и второе измерения E<sub>mean</sub> и E<sub>max</sub> на уровне средней доли щитовидной железы, проведенные врачом, имеющим максимальный опыт в исследовании органа (врач 1). При наличии узловых образований врач 1 и врач 2 производили по 3 измерения E<sub>mean</sub> и E<sub>max</sub> в наиболее жестких зонах узла (рис. 2, 3). При анализе межопе-

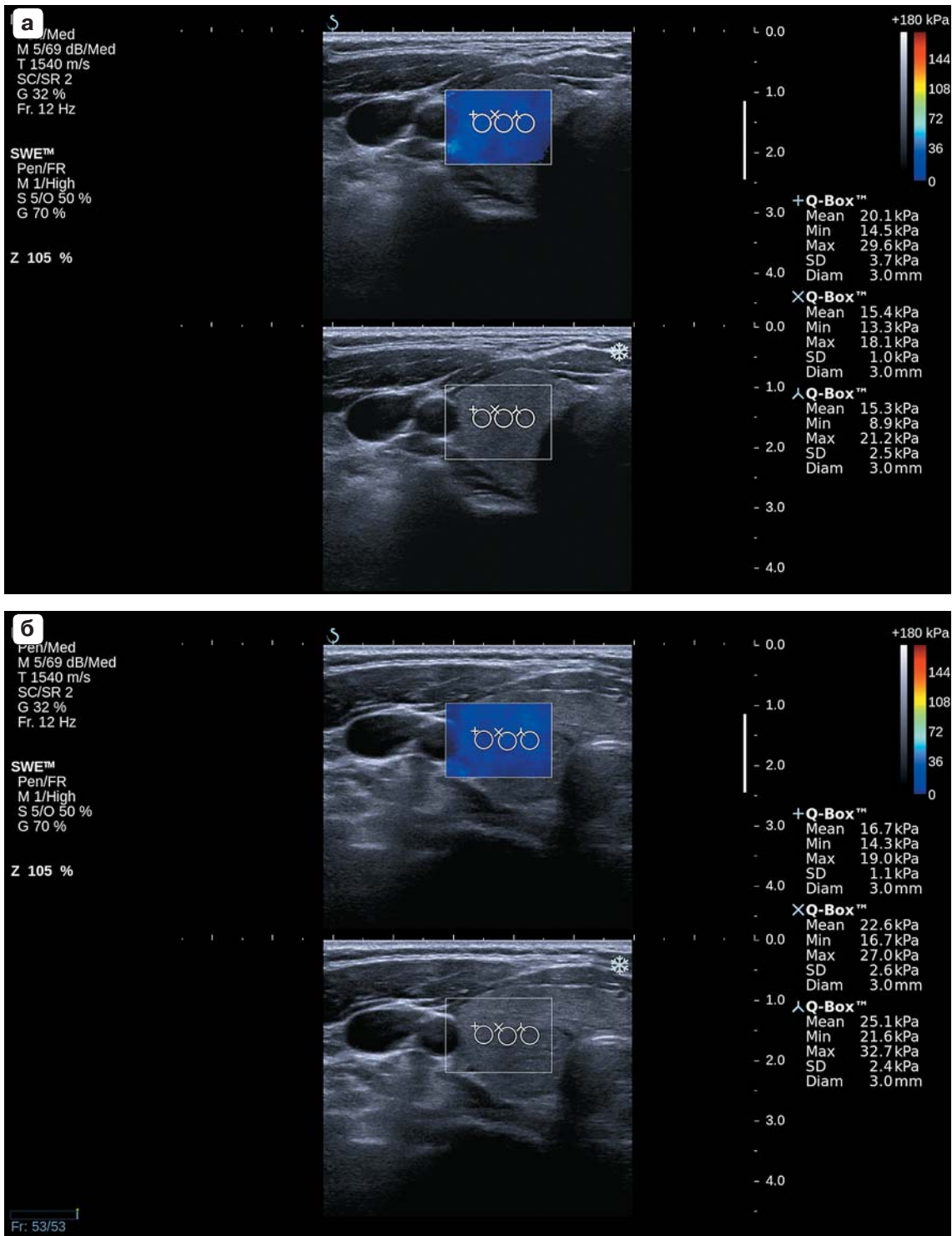


Рис. 1. Двумерная эластография сдвиговой волной. Результаты измерения значений модуля Юнга в трех зонах интереса одного размера, расположенных на одинаковой глубине, на уровне верхней (а) и средней (б) третей правой доли неизменной щитовидной железы.

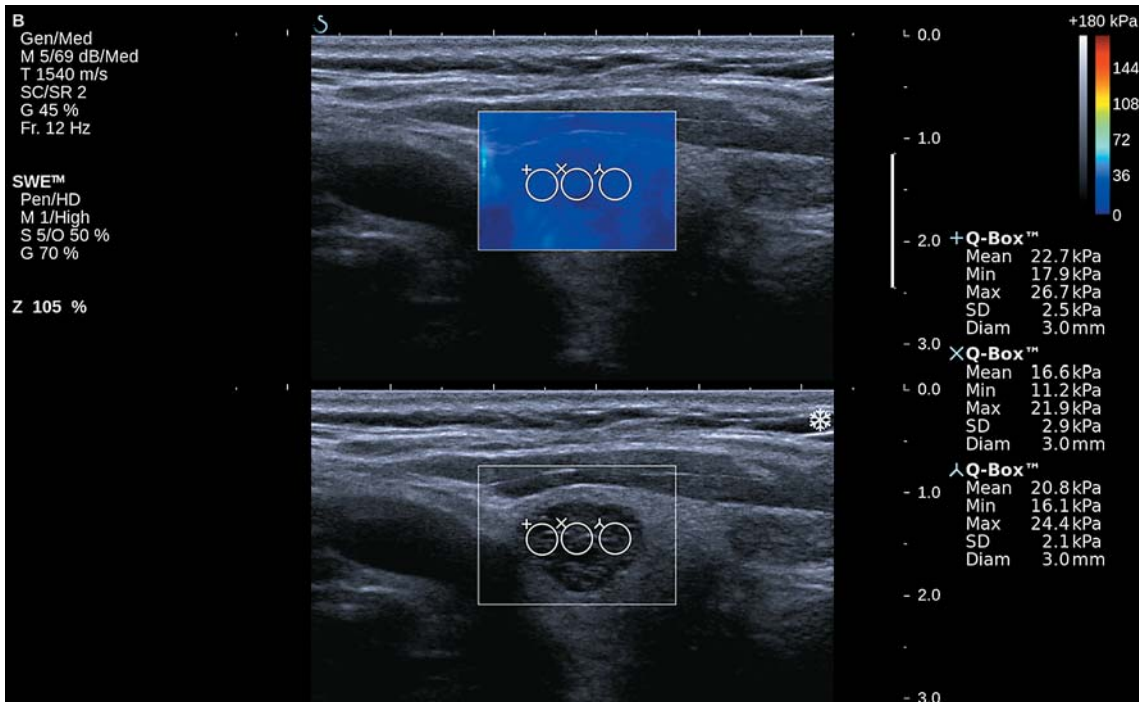


Рис. 2. Двумерная эластография сдвиговой волной. Результаты измерения значений модуля Юнга в трех участках коллоидного узла (три зоны интереса одного размера, расположенные на одинаковой глубине) при однородной жесткости образования.

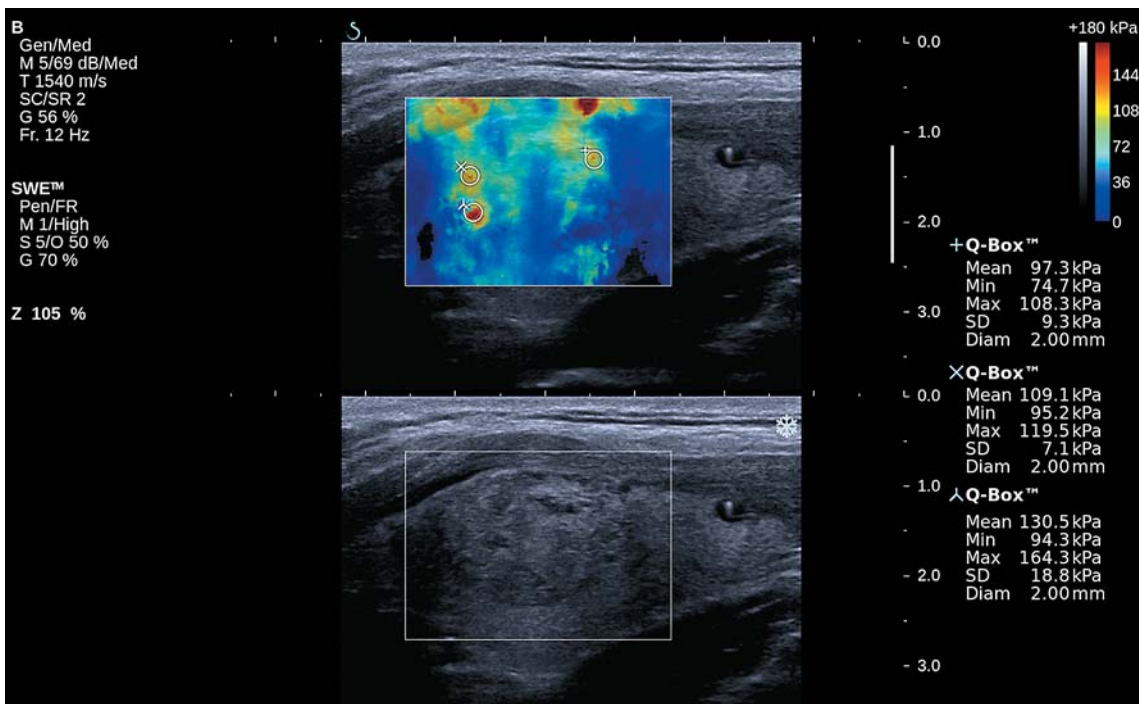


Рис. 3. Двумерная эластография сдвиговой волной. Результаты измерения значений модуля Юнга в трех наиболее жестких участках коллоидного узла (три зоны интереса одного размера).

раторской воспроизводимости сравнивали именно средние значения  $E_{mean}$  и  $E_{max}$ , полученные из 3 измерений.

Статистический анализ осуществляли с помощью программы MedCalc. Для оценки воспроизводимости вычисляли коэффициент внутригрупповой корреляции, коэффициент ранговой корреляции Спирмена и коэффициент каппа. Интерпретацию полученных результатов проводили по [7, 10]. При корреляционном анализе результаты считали статистически значимыми при  $P \leq 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Коэффициент внутригрупповой корреляции при измерениях  $E_{mean}$  в обеих долях неизменной щитовидной железы ( $n = 32$ ), проведенных двумя врачами (врач 1 и врач 2) (межоператорская воспроизводимость),  $-0,85$  ( $0,63-0,95$ ) (здесь и далее в скобках 95% -й доверительный интервал); одним врачом (врач 1) (внутриоператорская воспроизводимость)  $-0,95$  ( $0,86-0,98$ ), что говорит об очень хорошей воспроизводимости в обоих случаях.

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена при измерениях  $E_{mean}$  в обеих долях неизменной щитовидной железы ( $n = 32$ ), проведенных двумя врачами (врач 1 и врач 2) (межоператорская корреляция),  $-0,84$  ( $P = 0,0001$ ); одним врачом (врач 1) (внутриоператорская корреляция)  $-0,94$  ( $P < 0,0001$ ), что говорит о сильной и очень сильной корреляции соответственно.

Коэффициент каппа при измерениях  $E_{mean}$  в обеих долях неизменной щитовидной железы ( $n = 32$ ), проведенных двумя врачами (врач 1 и врач 2) (межоператорская согласованность),  $-0,58$  ( $0,41-0,74$ ) (здесь и далее в скобках 95% -й доверительный интервал); одним врачом (врач 1) (внутриоператорская согласованность)  $-0,73$  ( $0,63-0,82$ ), что говорит об умеренной и хорошей согласованности соответственно.

Коэффициент внутригрупповой корреляции при измерениях  $E_{max}$  в обеих долях неизменной щитовидной железы ( $n = 32$ ), проведенных двумя врачами (врач 1 и врач 2) (межоператорская воспроизводимость),  $-0,81$  ( $0,53-0,93$ ); одним врачом

(врач 1) (внутриоператорская воспроизводимость)  $-0,95$  ( $0,85-0,98$ ), что говорит об очень хорошей воспроизводимости в обоих случаях.

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена при измерениях  $E_{max}$  в обеих долях неизменной щитовидной железы ( $n = 32$ ), проведенных двумя врачами (врач 1 и врач 2) (межоператорская корреляция),  $-0,85$  ( $P < 0,0001$ ); одним врачом (врач 1) (внутриоператорская корреляция)  $-0,89$  ( $P < 0,0001$ ), что говорит о сильной корреляции в обоих случаях.

Коэффициент каппа при измерениях  $E_{max}$  в обеих долях неизменной щитовидной железы ( $n = 32$ ), проведенных двумя врачами (врач 1 и врач 2) (межоператорская согласованность),  $-0,54$  ( $0,41-0,74$ ); одним врачом (врач 1) (внутриоператорская согласованность)  $-0,61$  ( $0,45-0,78$ ), что говорит об умеренной и хорошей согласованности соответственно.

При оценке воспроизводимости результатов, полученных при измерении модуля Юнга в неизменной паренхиме щитовидной железы, практически всегда показатели внутриоператорской воспроизводимости были выше по сравнению с межоператорской. Такая же разница получена и для статистических характеристик модуля Юнга: показатели внутриоператорской и межоператорской воспроизводимости практически всегда были выше при оценке  $E_{mean}$  по сравнению с  $E_{max}$ . Несмотря на это, нужно отметить, что все полученные результаты говорят о приемлемых воспроизводимости и согласованности измерений.

Нужно отметить, что метод эластографии сдвиговой волной не требует значительных дополнительных затрат времени на исследование; результаты исследования не зависят от опыта врача; отсутствуют ограничения, связанные с необходимостью оценки степени компрессии и невозможностью стандартизации компрессионной эластографии [11].

Коэффициент внутригрупповой корреляции при измерениях  $E_{mean}$  в коллоидных узлах ( $n = 15$ ), проведенных двумя врачами (врач 1 и врач 2) (межоператорская воспроизводимость),  $-0,93$  ( $0,84-0,97$ ), что говорит об очень хорошей воспроизводимости.

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена при измерениях  $E_{mean}$  в колло-

идных узлах ( $n = 15$ ), проведенных двумя врачами (врач 1 и врач 2) (межоператорская корреляция),  $-0,85$  ( $P < 0,0001$ ), что говорит о сильной корреляции.

Коэффициент каппа при измерениях Emean в коллоидных узлах ( $n = 15$ ), проведенных двумя врачами (врач 1 и врач 2) (межоператорская согласованность),  $-0,62$  ( $0,47-0,77$ ), что говорит о хорошей согласованности.

Коэффициент внутригрупповой корреляции при измерениях Emax в коллоидных узлах ( $n = 15$ ), проведенных двумя врачами (врач 1 и врач 2) (межоператорская воспроизводимость),  $-0,90$  ( $0,77-0,96$ ), что говорит об очень хорошей воспроизводимости.

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена при измерениях Emax в коллоидных узлах ( $n = 15$ ), проведенных двумя врачами (врач 1 и врач 2) (межоператорская корреляция),  $-0,79$  ( $P < 0,0001$ ), что говорит о сильной корреляции.

Коэффициент каппа при измерениях Emax в коллоидных узлах ( $n = 15$ ), проведенных двумя врачами (врач 1 и врач 2) (межоператорская согласованность),  $-0,55$  ( $0,38-0,72$ ), что говорит об умеренной согласованности.

Значения коэффициента внутригрупповой корреляции при измерениях Emean и Emax в коллоидных узлах ( $0,93$  и  $0,90$ ) при оценке межоператорской воспроизводимости с учетом среднего значения не противоречат данным K. Bhatia et al. [7], полученным при проведении ультразвуковой диагностики на таком же ультразвуковом сканере ( $0,87-0,93$ ). Межоператорский коэффициент ранговой корреляции Спирмена для Emean и Emax ( $0,85$  и  $0,79$ ) соответствует результатам Y.F. Zhang et al. [8] ( $0,864$ ) при проведении точечной эластографии сдвиговой волной. H. Grazhdani et al. [9] при проведении точечной эластографии сдвиговой волной продемонстрировали хорошую межоператорскую согласованность измерений ( $0,75$ ), однако в нашем исследовании коэффициент каппа соответствует хорошей согласованности только при измерении Emean ( $0,62$ ), измерения Emax показали умеренный, но весьма приемлемый результат ( $0,55$ ). Хочется отметить, что значения параметров, характеризующих воспроизводимость, при исследовании коллоидных узлов также были не-

сколько выше именно при оценке Emean по сравнению с Emax, как и для неизменной ткани. И, наконец, интересным является тот факт, что все показатели, характеризующие воспроизводимость, при оценке коллоидных узлов и неизменной паренхимы щитовидной железы давали похожие результаты, нередко более высокие именно для узловых образований.

Это позволяет сделать вывод о возможности активного применения метода эластографии сдвиговой волной в практической деятельности врача ультразвуковой диагностики, в том числе и при исследовании такого поверхностно расположенного органа, как щитовидная железа.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 8.563-96 "Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений". Режим доступа: // [http://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2\\_%D0%A0\\_8.563-96](http://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_%D0%A0_8.563-96), свободный. Загл. с экрана. 20.03.2015.
2. Choi S.H., Kim E.K., Kwak J.Y., Kim M.J., Son E.J. Interobserver and intraobserver variations in ultrasound assessment of thyroid nodules // *Thyroid*. 2010. V. 20. No. 2. P. 167-172.
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. 16-25.
4. Sebag F., Vaillant-Lombard J., Berbis J. et al. Shear wave elastography: a new ultrasound imaging mode for the differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules // *J. Clin. Endocrinol. Metab*. 2010. V. 95. No. 12. P. 5281-5288.
5. Monpeyssen H., Correas J.-M., Tramalloni J. et al. Shearwave elastography of thyroid nodules: correlations with cytological data: study about 157 patients // *Ultrasound Med. Biol*. 2011. V. 37. No. 8. P. S8-S9.
6. Bhatia K., Tong C.S., Cho C.C., Yuen E.H., Lee J., Ahuja A.T. Reliability of shear wave ultrasound elastography for neck lesions identified in routine clinical practice // *Ultraschall Med*. 2012. V. 33. No. 5. P. 463-468.
7. Shrout P.E., Fleiss J.L. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability // *Psychol. Bull*. 1979. V. 86. No. 2. P. 420-428.
8. Zhang Y.F., Xu H.X., He Y., Liu C., Guo L.H., Liu L.N., Xu J.M. Virtual touch tissue quantification of acoustic radiation force impulse: a new ultrasound elastic imaging in the diagnosis of thyroid nodules // *PLoS One*. 2012. V. 7. No. 11. P. e49094.
9. Grazhdani H., Cantisani V., Lodise P., Di Rocco G., Proietto M.C., Fioravanti E., Rubini A., Redler A.

- Prospective evaluation of acoustic radiation force impulse technology in the differentiation of thyroid nodules: accuracy and interobserver variability assessment // *J. Ultrasound*. 2014. V. 17. No. 1. P. 13–20.
10. Landis J.R., Koch G.G. An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of major-ity agreement among multiple observers // *Biometrics*. 1977. V. 33. No. 2. P. 363–374.
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. 115–120.

## **Reproducibility of the Shear Wave Elastography in Thyroid Stiffness Assessment**

*V.V. Mitkov, T.V. Ivanishina, I.M. Gogaeva, M.D. Mitkova,  
Yu.A. Bryukhovetskiy, N.V. Zabolotskaya, G.G. Rudko  
Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow*

*V.V. Mitkov – M.D., Ph.D., Professor, Director, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow. T.V. Ivanishina – M.D., Ph.D. fellow, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow. I.M. Gogaeva – M.D., Ph.D. fellow, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow. M.D. Mitkova – M.D., Ph.D., Associate Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow. Yu.A. Bryukhovetskiy – M.D., Ph.D., Associate Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow. N.V. Zabolotskaya – M.D., Ph.D., Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow. G.G. Rudko – M.D., Ph.D., Associate Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow.*

*16 patients with the normal thyroid (32 lobes) and 11 patients with the focal lesions (15 colloid nodules) were examined. Intra- and interobserver reproducibility of the shear wave elastography was assessed. Young's modulus (kPa) ( $E_{max}$  and  $E_{mean}$ ) was measured by using Aixplorer scanner (Supersonic Imagine, France) with linear probe (4–15 MHz). All measurements were acquired by two operators with the same experience in ultrasound. Interobserver reproducibility in assessment of  $E_{mean}$  for normal thyroid parenchyma was as follows: intraclass correlation coefficient – 0.85 (0.63–0.95) (95% confidence interval), Spearman rank correlation coefficient – 0.84 ( $P = 0.0001$ ) and kappa – 0.58 (0.41–0.74); intraobserver reproducibility – 0.95 (0.86–0.98), 0.94 ( $P < 0.0001$ ) and 0.73 (0.63–0.82), respectively. Inter- and intraobserver reproducibility of  $E_{max}$  for normal thyroid parenchyma – 0.81 (0.53–0.93), 0.85 ( $P < 0.0001$ ) and 0.54 (0.41–0.74); 0.95 (0.85–0.98), 0.89 ( $P < 0.0001$ ) and 0.61 (0.45–0.78), respectively. Interobserver reproducibility in assessment of  $E_{mean}$  for colloid nodules – 0.93 (0.84–0.97), 0.85 ( $P < 0.0001$ ) and 0.62 (0.47–0.77);  $E_{max}$  – 0.90 (0.77–0.96), 0.79 ( $P < 0.0001$ ) and 0.55 (0.38–0.72), respectively. Study results show high reproducibility and agreement in Young's modulus measurements. Intraobserver reproducibility of Young's modulus measurements for normal thyroid parenchyma and colloid lesions was higher than interobserver reproducibility. Inter- and intraobserver reproducibility of  $E_{mean}$  measurements was higher comparing with  $E_{max}$ . All reproducibility results for normal thyroid parenchyma and nodules assessment gave comparable results.*

**Key words:** *ultrasound shear wave elastography, Young's modulus, intra- and interobserver reproducibility, agreement, intraclass correlation coefficient, Spearman rank correlation coefficient, kappa, thyroid.*