

Эластография сдвиговой волной в диагностике доброкачественных образований щитовидной железы

В.В. Митьков, Т.В. Иванишина, М.Д. Митькова

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

Проведен анализ результатов ультразвукового исследования щитовидной железы 219 пациентов. Первую (контрольную) группу составили 147 пациентов, вторую – 72 пациента с доброкачественными образованиями щитовидной железы (76 узлов), среди них 41 пациент с коллоидными узлами (45 узлов) (первая подгруппа) и 31 пациент с фолликулярными аденомами (31 узел) (вторая подгруппа). Исследование проводилось на аппарате Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) в серошкальном и доплерографических режимах и режиме эластографии сдвиговой волной. Значения модуля Юнга в доброкачественных образованиях щитовидной железы составили: медиана E_{mean} – 25,8 кПа, 2,5–97,5-й перцентили – 8,1–69,8 кПа, минимальное – максимальное значения – 6,6–90,6 кПа; E_{max} – 34,3 кПа, 11,3–80,6 кПа, 5,9–107,1 кПа; $SWE\text{-ratio}$ – 1,5, 0,7–8,2, 0,6–10,3 соответственно. Значения E_{mean} и E_{max} в доброкачественных образованиях щитовидной железы достоверно различаются при сравнении с неизменной паренхимой (контрольная группа) ($P < 0,0001$). Значения модуля Юнга в коллоидных узлах составили: E_{mean} –

30,5 кПа, 9,9–79,9 кПа, 9,5–90,6 кПа; E_{max} – 37,6 кПа, 12,4–91,4 кПа, 5,9–107,1 кПа; $SWE\text{-ratio}$ – 1,8, 0,7–9,6, 0,7–10,3 соответственно. Значения модуля Юнга в фолликулярных аденомах составили: E_{mean} – 21,6 кПа, 6,9–47,6 кПа, 6,6–48,3 кПа; E_{max} – 27,5 кПа, 11,2–66,3 кПа, 10,9–66,4 кПа; $SWE\text{-ratio}$ – 1,4, 0,7–2,9, 0,6–3,0 соответственно. При сравнении коллоидных узлов и фолликулярных аденом выявлены достоверные различия по E_{mean} ($P = 0,009$) и E_{max} ($P = 0,03$). Значения E_{mean} и E_{max} в доброкачественных образованиях значимо не коррелировали ни с одним из количественных (возраст пациентов, уровень тироксина свободного и тиреотропного гормона, объем щитовидной железы, максимальный размер узла щитовидной железы, объем узла щитовидной железы) и ранговых (пол, тип кровотока) критериев. Это касается и коллоидных узлов, и фолликулярных аденом.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование щитовидной железы, эластография сдвиговой волной, точечная эластография сдвиговой волной, модуль Юнга, скорость сдвиговой волны, доброкачественные образования щитовидной железы.

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. М.Д. Митькова – 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. Иванишина Татьяна Викторовна. Тел.: (499) 150-90-61. Факс: (926) 200-75-81. E-mail: tanya.sunspot@gmail.com

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы среди эндокринных заболеваний лидирующие позиции занимают заболевания щитовидной железы, в структуре которых на первом месте стоит узловатая патология [1]. Распространенность узловых образований щитовидной железы колеблется от 2 до 6% в общей популяции, составляя от 40 до 60% от всех заболеваний органа. В структуре узлового зоба на коллоидный пролиферирующий зоб приходится около 85–90%, на аденомы – 5–8%, на злокачественные опухоли – 1–5%. Частота появления новых случаев узловых образований составляет 0,1% в год [2]. Однако следует признать, что увеличение числа больных с узловыми образованиями щитовидной железы обусловлено не только истинным ростом заболеваемости, но и появлением в медицинской практике новых современных диагностических методов [3].

Общепризнанной процедурой первой линии в диагностике узловой патологии щитовидной железы является ультразвуковое исследование. Однако проблема дифференциальной диагностики выявляемых очаговых изменений остается нерешенной. В систематическом обзоре с мета-анализом, представленном К. Wolinski et al. [4], проведена сравнительная оценка различных ультразвуковых критериев в дифференциальной диагностике злокачественных и доброкачественных образований. Установлено, что наибольшей специфичностью обладают такие ультразвуковые параметры, как вертикальная ориентация образования (95,9% (95%-й доверительный интервал (ДИ) – 48,3–100,0%)), наличие микрокальцинатов в структуре узла (75,9% (95%-й ДИ – 70,3–82,0%)), интранодулярный тип кровотока (81,5% (95%-й ДИ – 67,8–98,0%)). Однако чувствительность каждого из критериев в среднем не превышает 45% (25,9% (95%-й ДИ – 12,1–55,3%), 44,1% (95%-й ДИ – 37,9–51,3%), 44,2% (95%-й ДИ – 33,6–58,2%) соответственно).

Новым направлением ультразвуковой диагностики является эластография. Ультразвуковая эластография позволяет характеризовать жесткостные свойства тканей при использовании различного характера компрессионного воздействия. На настоящий момент широко используются компрессионная эластография и эластография сдвиговой

волной. При эластографии сдвиговой волной оцениваются поперечные (сдвиговые) волны, вызванные фокусированным акустическим импульсом (*ARFI*, *SonicTouch*). Эластография сдвиговой волной дает количественную информацию об упругих свойствах тканей, отображаемую в числовых значениях скорости поперечной волны (м/с) или модуля Юнга (кПа) (эластометрия сдвиговой волной) и (или) цветокодированном изображении (двухмерная или трехмерная эластография сдвиговой волной) [5]. Эластография сдвиговой волной характеризуется хорошей воспроизводимостью [6] и применяется в различных областях диагностического ультразвука. Самыми востребованными разделами оказались исследования печени и молочной железы [5, 7–10].

Одно из первых исследований, посвященных диагностике заболеваний щитовидной железы с помощью эластографии сдвиговой волной, было опубликовано в 2010 г. F. Sebag et al. [11]. В этой и последующих работах основное внимание уделяется проблемам дифференциальной диагностики образований щитовидной железы. Установлено, что значения модуля Юнга злокачественных образований достоверно выше доброкачественных [11–15].

При анализе опубликованных данных обращает на себя внимание достаточно широкий спектр средних значений жесткости доброкачественных образований. Так, в работе F. Sebag et al. [11] средние значения модуля Юнга (E_{mean}) при исследовании 117 доброкачественных узлов составили 36 ± 30 кПа ($M \pm \sigma$) (0–200 кПа).

Близкие значения жесткости в доброкачественных образованиях были получены H. Monpeyssen et al. [16] – 31 ± 12 кПа.

В исследовании А.В. Поморцева и соавт. [17], включившем 27 доброкачественных образований, средние значения E_{mean} составили $43,46 \pm 7,50$ кПа, E_{max} – $52,26 \pm 7,95$ кПа ($M \pm m$).

По данным Szczepanek-Parulska E. et al. [14], среднее значение E_{mean} доброкачественных образований ($n = 371$) составило $35,1 \pm 30,6$ кПа ($M \pm \sigma$), медиана – 25,3 кПа (1,2–180,9 кПа); среднее значение E_{max} – $55,6 \pm 59,3$ кПа ($M \pm \sigma$), медиана – 35,1 кПа (1,3–298,1 кПа).

В.С. Паршин и соавт. [15] установили, что среднее значение E_{mean} в группе добро-

качественных образований ($n = 176$) составило 20,18 кПа (13,35–196,14 кПа).

Возможно, одной из причин подобного разброса данных является анализ значений модуля Юнга в рамках общей группы доброкачественных образований независимо от их гистологического строения. Подобный подход затрудняет оценку риска злокачественности выявленного узла и выбор алгоритма дальнейшей диагностической и лечебной тактики ведения пациента.

Необходимо отметить, что количественная оценка эластических свойств щитовидной железы осуществляется и с использованием точечной эластографии сдвиговой волной, которая выдает количественные значения скорости сдвиговой волны (м/с). Мы с легкостью можем переводить значения скорости сдвиговой волны в значения модуля Юнга, применяя известную формулу [18]:

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

где E – модуль Юнга (Па), ρ – плотность ткани (≈ 1000 кг/м³), c_s – скорость сдвиговой волны (м/с).

С учетом того что мы используем единицу измерения кПа (1000 Па), формула приобретает вид:

$$E \approx 3c_s^2 \text{ (кПа)}.$$

При сравнении соотношения значений модуля Юнга в двух интересующих зонах (E_1/E_2) (SWE-ratio, индекс эластичности, индекс жесткости) и соотношения значений скорости сдвиговой волны в двух интересующих зонах (c_{s1}/c_{s2}) нужно учитывать, что эти индексы связаны друг с другом следующим образом:

$$E_1/E_2 = (c_{s1}/c_{s2})^2$$

или

$$c_{s1}/c_{s2} = \sqrt{E_1/E_2}.$$

При интерпретации этих параметров необходимо уточнить, какое именно соотношение выдает тот или иной ультразвуковой сканер на экране.

При анализе результатов точечной эластографии сдвиговой волной получен аналогичный достаточно большой разброс результатов. Так, в работе J. Wojunga et al. [19] среднее значение скорости сдвиговой волны в группе доброкачественных образований ($n = 137$) составило $2,02 \pm 0,95$ м/с

($M \pm \sigma$), медиана – 1,90 м/с (0,50–8,40 м/с). Расчетное среднее значение модуля Юнга – 12,2 кПа.

А.Н. Сенча и соавт. [20] установили, что значения скорости сдвиговой волны доброкачественных образований ($n = 432$) колеблются в пределах 2,52–3,95 м/с при среднем значении $3,11 \pm 0,23$ м/с ($M \pm \sigma$). Расчетное среднее значение модуля Юнга – 29,0 кПа.

А.С. Calvete et al. [21] при оценке 129 доброкачественных образований определили, что среднее значение скорости сдвиговой волны было $1,70 \pm 0,55$ м/с ($M \pm \sigma$) (0,50–2,80 м/с). Расчетное среднее значение модуля Юнга – 8,7 кПа.

Таким образом, анализ опубликованных данных позволяет считать, что отработка критериев для дифференциальной диагностики образований щитовидной железы требует дальнейшего развития.

Цель нашего исследования – оценка возможностей эластографии сдвиговой волной в дифференциальной диагностике доброкачественных образований щитовидной железы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведен анализ результатов ультразвукового исследования щитовидной железы 219 пациентов, проходивших обследование и лечение в Клиническом госпитале ФКУЗ “МСЧ МВД России по г. Москве” в период с сентября 2013 по ноябрь 2014 г. Первую (контрольную) группу составили 147 пациентов с неизменной эхографической картиной щитовидной железы, эутиреоидным гормональным статусом и отсутствием в анамнезе заболеваний щитовидной железы. Среди них мужчин – 93, женщин – 54. Во вторую группу были включены 72 пациента с доброкачественными образованиями щитовидной железы (76 узлов) (мужчин – 23, женщин – 49), среди них 41 пациент с коллоидными узлами (45 узлов) (первая подгруппа) (мужчин – 9, женщин – 32) и 31 пациент с фолликулярными аденомами (31 узел) (вторая подгруппа) (мужчин – 14, женщин – 17). В 51 случае диагноз был верифицирован операционными и морфологическими данными, в 25 – по результатам тонкоигольной аспирационной биопсии под ультразвуковым контролем. Характерис-

Таблица 1. Общая характеристика обследованных пациентов

Группы и подгруппы	Возраст, годы	T4св., пмоль/л	ТТГ, мЕд/л
Контрольная группа (n = 147)	43,0	14,1	2,00
	32,0–52,0	12,5–16,2	1,60–2,70
	23,2–76,8	10,6–19,3	0,51–3,36
	19,0–87,0	10,3–20,4	0,40–3,50
Группа пациентов с доброкачественными образованиями (n = 72)	52,5	13,4	2,10
	41,5–62,0	12,2–15,3	1,60–2,80
	29,0–81,4	10,8–19,0	0,58–3,41
	28,0–85,0	10,3–19,5	0,45–5,70
Подгруппа пациентов с коллоидными узлами (n = 41)	54,0	13,7	2,20
	41,0–64,0	12,5–15,4	1,70–2,70
	28,6–85,0	11,3–18,9	0,60–3,49
	28,0–85,0	10,8–19,1	0,50–5,70
Подгруппа пациентов с фолликулярными аденомами (n = 31)	50,0	13,3*	1,90
	42,5–54,8	12,1–14,3	1,45–2,80
	31,8–73,5	10,5–19,0	0,78–3,25
	31,0–76,0	10,3–19,5	0,45–3,40

Примечание: количественные параметры представлены в виде медианы (первая строка ячейки), 25–75-го перцентилей (вторая строка ячейки), 2,5–97,5-го перцентилей (третья строка ячейки), минимального – максимального значений (четвертая строка ячейки). * – достоверность различий при сравнении с контрольной группой при $P < 0,05$. T4св. – тироксин свободный, ТТГ – тиреотропный гормон.

тика обследованных больных представлена в табл. 1.

Всем пациентам проведено комплексное ультразвуковое исследование на аппарате Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) с использованием широкополосного линейного датчика, работающего в диапазоне частот от 4 до 15 МГц. Режим эластографии сдвиговой волной использовался после сканирования в серошкальном и доплерографических режимах. Исследование выполнялось в стандартном положении пациента лежа на спине с запрокинутой головой и подложенной под плечевой пояс подушкой или валиком.

При исследовании в В-режиме щитовидная железа и образования щитовидной железы оценивались по стандартной схеме. При исследовании образований щитовидной железы в цветокодированных режимах характер выявляемого в узле кровотока дифференцировался в соответствии с классификацией М.М. Абдулхалимовой и соавт. на 4 типа: 1-й – аваскулярный, 2-й – периферический, 3-й – интранодулярный, 4-й – смешанный [22].

Методика оценки щитовидной железы в режиме эластографии сдвиговой волной освещена нами в ранее опубликованной работе [23]. Количественная оценка жесткости ткани проводилась в зонах интереса (Q-Vox). В каждой зоне интереса (Q-Vox)

автоматически определялись следующие значения модуля Юнга (E): среднее значение (E_{mean}), максимальное значение (E_{max}), минимальное значение (E_{min}), стандартное отклонение (SD). Кроме этого, рассчитывались соотношения средних значений модуля Юнга в двух сравниваемых участках (SWE-ratio) (E_{mean1}/E_{mean2}) (полуколичественный параметр). Для анализа использовали среднее значение модуля Юнга (E_{mean}), максимальное значение (E_{max}), стандартное отклонение (SD) и индекс жесткости (SWE-ratio). Измерения проводились в одинаковых по размерам зонах интереса. При эластометрии образований измерение значений модуля Юнга проводилось в наиболее жестких зонах не менее 6 раз с вычислением среднего значения.

Статистический анализ полученных результатов проводился с использованием стандартных методов (MedCalc). Количественные данные представлены в виде медианы (50-й перцентиль), интерквартильного размаха (25–75-й перцентили), 2,5–97,5-го перцентилей и минимального – максимального значений. Применяли непараметрический критерий Манна–Уитни, критерий χ^2 , ранговый коэффициент корреляции Спирмена (r_s). Различия считали достоверными при $P \leq 0,05$. При проведении корреляционного анализа результаты считали статистически значимыми также при $P \leq 0,05$.

Таблица 2. Объем щитовидной железы (см³) у обследованных пациентов

Статистические характеристики	Контрольная группа (n = 147)	Группа пациентов с доброкачественными образованиями (n = 72)	Подгруппа пациентов с коллоидными узлами (n = 41)	Подгруппа пациентов с фолликулярными аденомами (n = 31)
Медиана	12,4	17,2*	16,9*	17,4*
25–75-й процентиля	10,3–15,7	14,0–22,2	13,9–22,3	14,1–21,2
2,5–97,5-й процентиля	5,6–23,8	6,9–54,8	5,4–60,1	7,8–42,2
Минимальное – максимальное значения	4,8–29,9	3,8–60,1	3,8–60,1	7,7–44,7

Примечание: * – достоверность различий при сравнении с контрольной группой при $P < 0,001$.

Таблица 3. Характеристика доброкачественных образований щитовидной железы

Группа и подгруппы	Максимальный размер узла, мм	Объем узла, см ³	Типы кровотока, абсолютное (относительное) количество узлов			
			1-й авакулярный	2-й периферический	3-й интранодулярный	4-й смешанный
Доброкачественные образования (n = 76)	15,5	1,11	6 (7,9%)	30 (39,5%)	1 (1,3%)	39 (51,3%)
	13,0–23,5	0,60–3,69				
	7,2–41,8	0,15–13,55				
	5,0–52,0	0,04–30,88				
Коллоидные узлы (n = 45)	16,0	1,28	4 (8,9%)	22 (48,9%)	0	19 (42,2%)
	12,8–25,0	0,66–4,48				
	7,5–38,4	0,11–13,21				
	5,0–39,0	0,04–13,75				
Фолликулярные аденомы (n = 31)	15,0	1,03	2 (6,5%)	8 (25,8%)	1 (3,2%)	20 (64,5%)
	13,3–20,0	0,57–2,26				
	6,8–49,5	0,16–26,03				
	6,0–52,0	0,15–30,88				

Примечание: представление количественных данных как в табл. 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Значения объема щитовидной железы у обследованных пациентов представлены в табл. 2. Значения объема во второй группе (пациенты с доброкачественными образованиями щитовидной железы) и подгруппах патологии (пациенты с коллоидными узлами и фолликулярными аденомами) достоверно различаются с контрольной группой ($P < 0,001$). Между подгруппами патологии (пациенты с коллоидными узлами и фолликулярными аденомами) достоверные различия не определяются.

Значения максимального размера и объема доброкачественных образований щитовидной железы, а также характеристика по типам кровотока представлены в табл. 3. Достоверные различия между подгруппами патологии (коллоидные узлы и фолликулярные аденомы) по указанным признакам не определяются.

Результаты эластографии сдвиговой волной у обследованных пациентов представлены в табл. 4 и на рис. 1 и 2. Значения E_{mean} , E_{max} и SD во второй группе (доброкачественные образования щитовидной железы) и подгруппах патологии (коллоидные узлы и фолликулярные аденомы) достоверно различаются с контрольной группой ($P < 0,0001$). Подгруппы патологии (коллоидные узлы и фолликулярные адено-

мы) достоверно различаются по параметрам E_{mean} ($P = 0,009$) и E_{max} ($P = 0,03$).

Аналогичные результаты при эластографии сдвиговой волной при сравнении жесткости неизменной щитовидной железы и доброкачественных образований получили F. Sebag et al. [11], K.S. Bhatia et al. [12] и А.В. Поморцев и соавт. [17]. Так, по данным F. Sebag et al. [11], значения модуля Юнга в неизменной паренхиме щитовидной железы составили $15,9 \pm 7,6$ кПа, в доброкачественных образованиях – 36 ± 30 кПа ($M \pm \sigma$) ($P < 0,05$); по данным K.S. Bhatia et al. [12] – 9 ± 4 кПа и $23,9 \pm 7,4$ кПа соответственно ($P < 0,05$); по данным А.В. Поморцева и соавт. [17] – $13,56 \pm 1,10$ кПа и $43,46 \pm 7,50$ кПа (E_{mean}), $17,51 \pm 1,79$ кПа и $52,26 \pm 7,95$ кПа (E_{max}) соответственно ($M \pm m$) ($P < 0,05$ для двух сравнений).

А.Н. Сенча и соавт. [20] при использовании точечной эластографии сдвиговой волной получили достоверные различия значений скорости сдвиговой волны между неизменной щитовидной железой и доброкачественными образованиями: $2,89 \pm 0,12$ и $3,11 \pm 0,23$ ($M \pm \sigma$) ($P < 0,05$). Однако J. Voijunga et al. [19] при использовании точечной эластографии сдвиговой волной не выявили достоверного различия значений скорости сдвиговой волны при аналогичных сравнениях: $1,80 \pm 0,42$ м/с и $2,02 \pm$

Таблица 4. Значения модуля Юнга (кПа) и индекса жесткости (SWE-ratio) у обследованных пациентов

Группы и подгруппы	E_{mean} , кПа	E_{max} , кПа	SD , кПа	Индекс жесткости
Контрольная группа (n = 147)	12,5	17,8	2,3	–
	10,3–15,9	15,0–22,4	1,7–2,9	
	7,1–23,4	10,3–30,5	1,2–4,4	
	5,6–26,3	8,7–34,6	0,9–5,4	
Доброкачественные образования (n = 76)	25,8*	34,3*	3,9*	1,5
	17,7–36,0	23,4–46,1	2,7–6,0	1,2–2,2
	8,1–69,8	11,3–80,6	1,2–10,9	0,7–8,2
	6,6–90,6	7,9–107,1	1,1–12,7	0,6–10,3
Коллоидные узлы (n = 45)	30,5*#	37,6*#	4,2*	1,8
	22,6–40,3	26,4–49,2	3,2–6,2	1,2–2,3
	9,9–79,9	12,4–91,4	1,8–10,2	0,7–9,6
	9,5–90,6	10,9–107,1	1,5–11,8	0,7–10,3
Фолликулярные аденомы (n = 31)	21,6*	27,5*	3,3*	1,4
	15,3–28,6	21,8–38,6	2,3–5,3	1,1–1,9
	6,9–47,6	11,2–66,3	1,1–11,9	0,7–2,9
	6,6–48,3	7,9–66,4	1,1–12,7	0,6–3,0

Примечание: представление количественных данных как в табл. 1. В контрольной группе измерения проводили в неизменной паренхиме. * – достоверность различий при сравнении с контрольной группой при $P < 0,0001$, # – при сравнении с фолликулярными аденомами при $P < 0,05$.

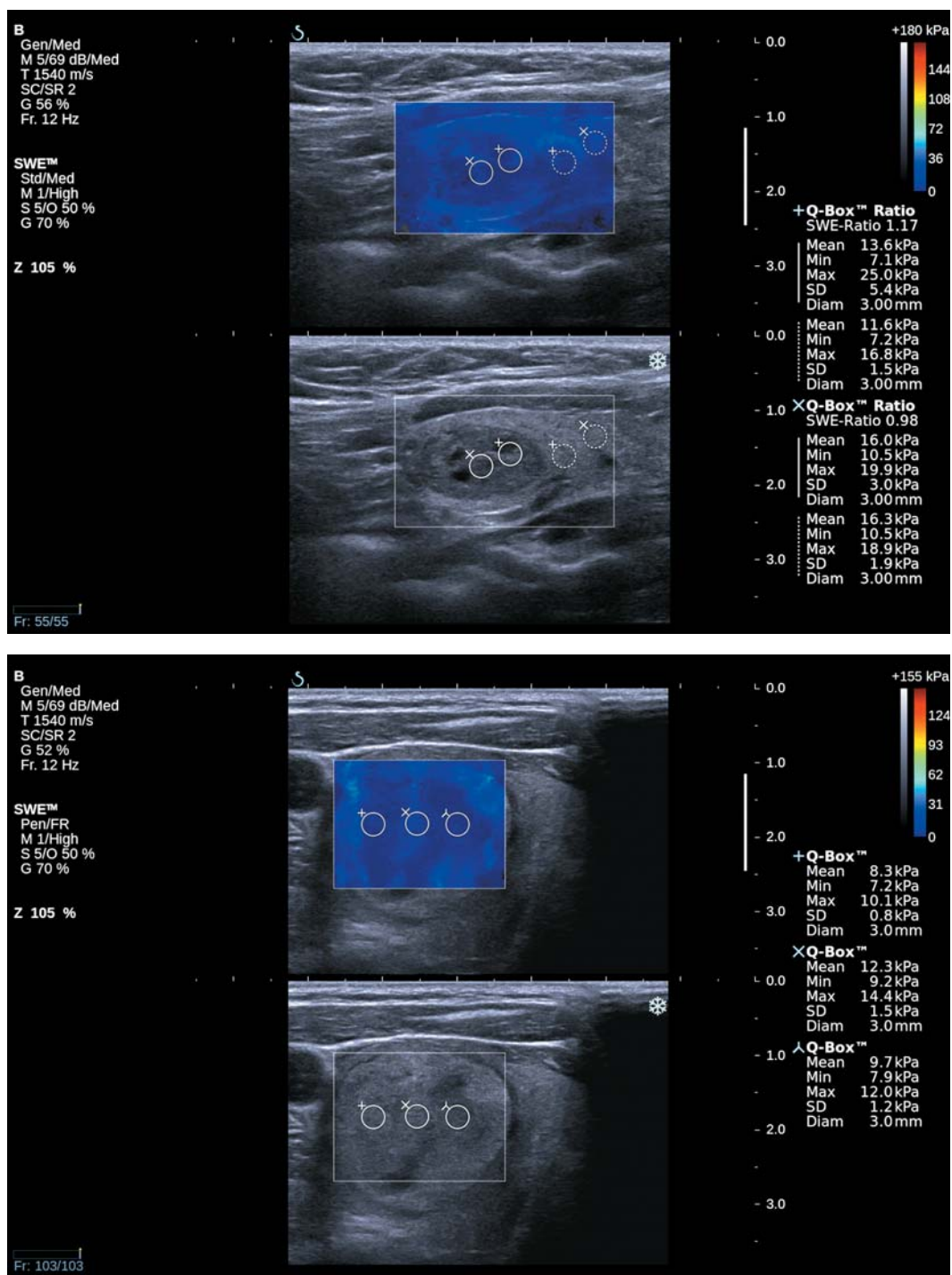


Рис. 1. Примеры коллоидных узлов щитовидной железы, характеризующихся различной серошкальной и эластографической картиной. Двумерная эластография сдвиговой волной. Район интереса (цветовое окно) и результаты измерения значений модуля Юнга (E) в нескольких зонах интереса (Q-Box). Для каждой зоны интереса представлены следующие статистические характеристики: среднее значение E (E_{mean}, кПа), максимальное значение E (E_{max}, кПа), минимальное значение E (E_{min}, кПа), стандартное отклонение E (SD, кПа) и диаметр зоны интереса (мм). SWE-ratio – соотношение средних значений модуля Юнга в двух сравниваемых участках (E_{mean1}/E_{mean2}). При переключении в режим отображения скорости сдвиговой волны (м/с) формат SWE-ratio не изменяется.

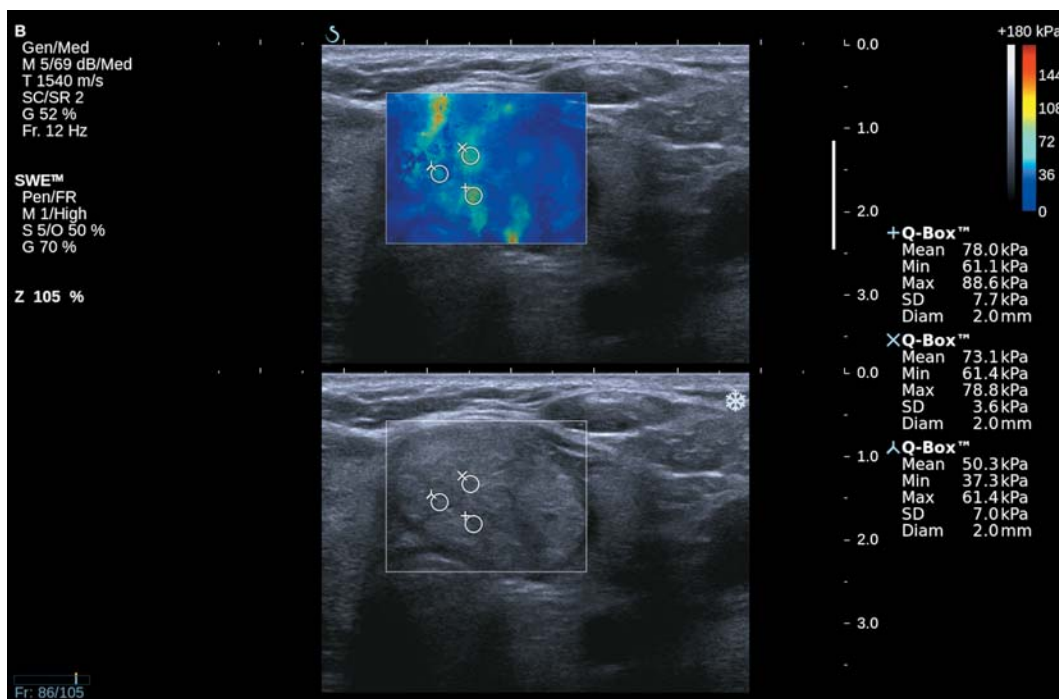


Рис. 1 (окончание).

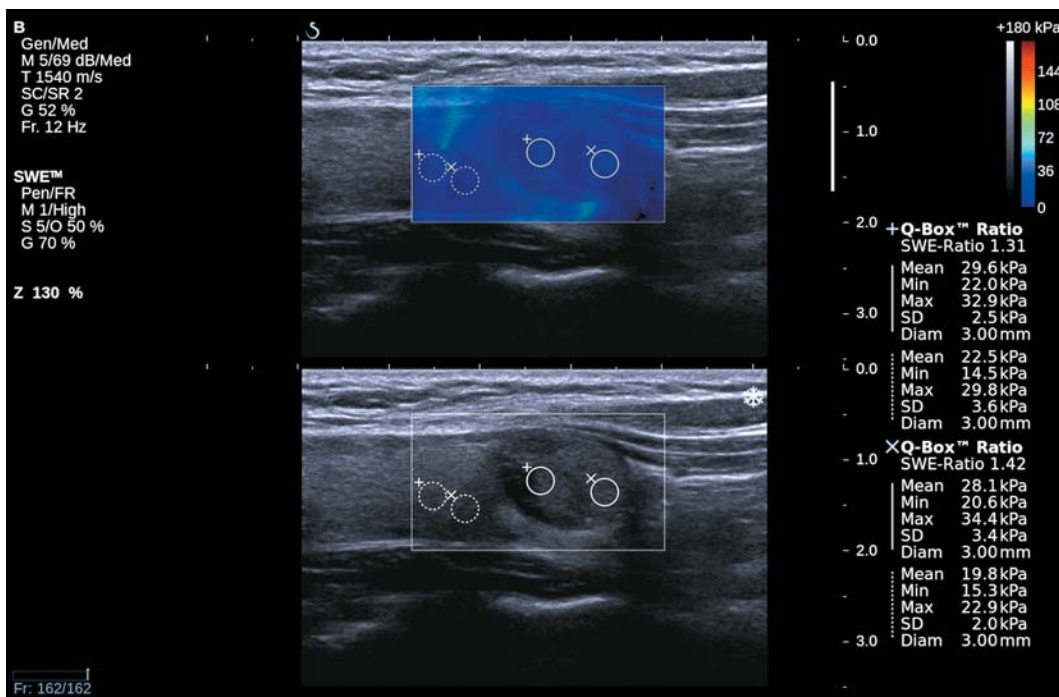


Рис. 2. Примеры фолликулярных аденом щитовидной железы, характеризующихся различной серошкальной и эластографической картиной. Двумерная эластография сдвиговой волной. Район интереса (цветовое окно) и результаты измерения значений модуля Юнга (E) в нескольких зонах интереса (Q-Box).

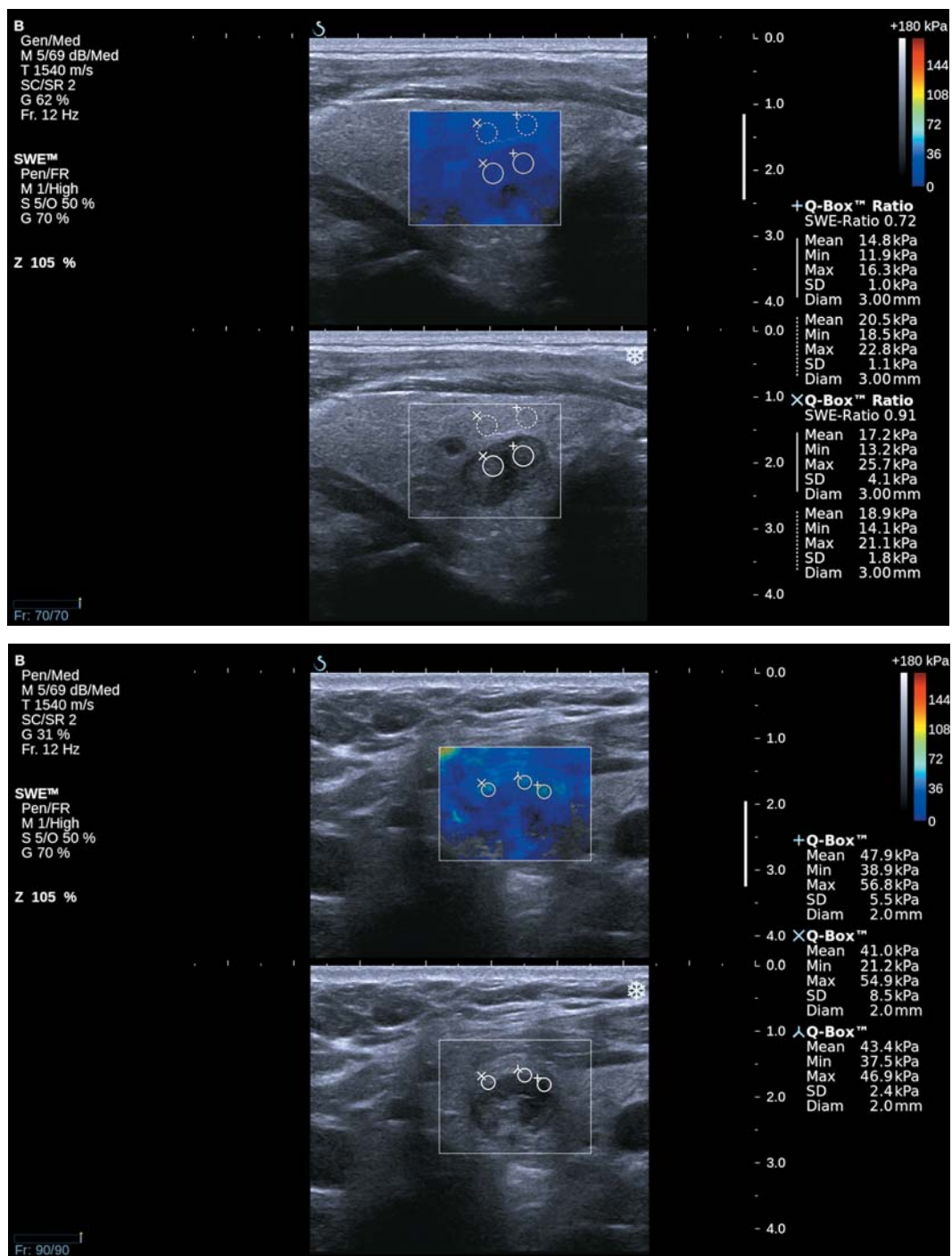


Рис. 2 (окончание).

$\pm 0,95$ м/с ($M \pm \sigma$). М. Friedrich-Rust et al. [24] также продемонстрировали отсутствие достоверности различий при сравнении неизменной щитовидной железы и доброкачественных образований: 1,98 м/с (1,20–3,63 м/с) и 2,02 м/с (0,92–3,97 м/с) (медиана (минимальное – максимальное значения)). Это можно объяснить тем, что при двухмерной эластографии сдвиговой волной мы визуально контролировали положение зоны интереса (Q-Box) в узлах и измерения значений модуля Юнга проводили в наиболее жестких зонах.

Проведен анализ достоверных различий значений E_{max} и E_{mean} , характеризующих жесткость ткани, в коллоидных узлах и фолликулярных аденомах с точки зрения различий в гистологическом строении этих доброкачественных образований. Так, коллоидные узлы характеризуются наличием полиморфных фолликулов, заполненных уплотненным коллоидом; большим объемом стромы с очагами некроза и склероза; перестройкой сосудистого русла [25]. Фолликулярные аденомы, как правило, представлены мономорфными клетками со скудным количеством коллоида и стромы [26]. В коллоидных узлах значения E_{max} и E_{mean} достоверно выше по сравнению с фолликулярными аденомами (см. табл. 4).

Эти данные не противоречат результатам, полученным нами при анализе жесткости неизменной паренхимы щитовидной железы. Была выявлена слабая достоверная обратная связь модуля Юнга (E_{mean}) с возрастом пациента ($r_s = -0,20$, $P < 0,05$). Происходящие в щитовидной железе возрастные изменения характеризуются в том числе уменьшением объема коллоида в фолликулах, что, вероятно, обуславливает тенденцию к снижению жесткости [23].

При проведении корреляционного анализа мы проверили связь всех оцениваемых эластометрических критериев (E_{mean} , E_{max} , SD и SWE-ratio) с представленными выше количественными (возраст пациентов, уровень тироксина свободного и тиреотропного гормона, объем щитовидной железы, максимальный размер узла щитовидной железы, объем узла щитовидной железы) и ранговыми (пол, тип кровотока) критериями.

Значения E_{mean} и E_{max} в доброкачественных образованиях значимо не коррелировали ни с одним из вышеперечисленных параметров, это относится как ко второй группе, так и к ее подгруппам.

Значения SD в доброкачественных образованиях щитовидной железы достоверно коррелировали с максимальным размером ($r_s = 0,283$, $P = 0,01$) и объемом ($r_s = 0,300$, $P = 0,008$) узла. То же определено и для коллоидных узлов ($r_s = 0,359$, $P = 0,0156$ и $r_s = 0,340$, $P = 0,0223$ соответственно).

В фолликулярных аденомах такого рода связь не выявлена. Однако более интересный факт заключается в том, что значения E_{mean} , E_{max} и SWE-ratio не коррелировали ни с максимальным размером, ни с объемом узла щитовидной железы. По мнению Н. Kim et al. [13], точность измерений количественных параметров жесткости узлов маленьких размеров может быть снижена. Минимальный объем узла в нашем исследовании $0,04$ см³.

В коллоидных узлах значения индекса жесткости (SWE-ratio) достоверно коррелировали с типом кровотока ($r_s = 0,305$, $P = 0,04$) – появление интранодулярного кровотока сопровождалось повышением значений SWE-ratio. Однако такого рода связи не были выявлены для доброкачественных образований щитовидной железы в целом и фолликулярных аденом. Интересно, что при наличии этой достаточно слабой, но достоверной связи подгруппы патологии (коллоидные узлы и фолликулярные аденомы) не различались между собой по индексу жесткости и типам кровотока.

ВЫВОДЫ

1) Значения модуля Юнга в доброкачественных образованиях щитовидной железы составили: медиана E_{mean} – 25,8 кПа, 2,5–97,5-й перцентили – 8,1–69,8 кПа, минимальное – максимальное значения – 6,6–90,6 кПа; E_{max} – 34,3 кПа, 11,3–80,6 кПа, 5,9–107,1 кПа; SWE-ratio – 1,5, 0,7–8,2, 0,6–10,3 соответственно. Значения E_{mean} , E_{max} и SD в доброкачественных образованиях щитовидной железы достоверно различаются при сравнении с неизменной паренхимой (контрольная группа) ($P < 0,0001$).

2) Значения модуля Юнга в коллоидных узлах составили: медиана E_{mean} – 30,5 кПа, 2,5–97,5-й перцентили – 9,9–79,9 кПа,

минимальное – максимальное значения – 9,5–90,6 кПа; Emax – 37,6 кПа, 12,4–91,4 кПа, 5,9–107,1 кПа; SWE-ratio – 1,8, 0,7–9,6, 0,7–10,3 соответственно. Значения модуля Юнга в фолликулярных аденомах составили: Emean – 21,6 кПа, 6,9–47,6 кПа, 6,6–48,3 кПа; Emax – 27,5 кПа, 11,2–66,3 кПа, 10,9–66,4 кПа; SWE-ratio – 1,4, 0,7–2,9, 0,6–3,0 соответственно. При сравнении коллоидных узлов и фолликулярных аденом выявлены достоверные различия по Emean ($P = 0,009$) и Emax ($P = 0,03$).

3) Значения Emean и Emax в доброкачественных образованиях значимо не коррелировали ни с одним из количественных (возраст пациентов, уровень тироксина свободного и тиреотропного гормона, объем щитовидной железы, максимальный размер узла щитовидной железы, объем узла щитовидной железы) и ранговых (пол, тип кровотока) критериев. Это касается и коллоидных узлов, и фолликулярных аденом.

4) Полученные данные могут быть использованы как дополнительные диагностические критерии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дедов И.И., Кузнецов Н.С., Мельниченко Г.А. и др. Эндокринная хирургия: “узкая” специальность или насущная проблема // Клиническая и экспериментальная тиреология. 2008. Т. 4. № 1. С. 8–11.
2. Ванушко В.Э., Фадеев В.В. Узловой зоб (клиническая лекция) // Эндокринная хирургия. 2012. № 3. С. 11–16.
3. Беляков И.Е. Клинико-морфологические особенности узловых образований щитовидной железы и тактические подходы к их оперативному лечению: Дисс. ... канд. мед. наук. Ярославль, 2006. 155 с.
4. Wolinski K., Szkudlarek M., Szczepanek-Parulska E., Ruchala M. Usefulness of different ultrasound features of malignancy in predicting the type of thyroid lesions: a meta-analysis of prospective studies // Pol. Arch. Med. Wewn. 2014. V. 124. No. 3. P. 97–104.
5. Митьков В.В., Чубарова К.А., Заболотская Н.В., Митькова М.Д. Возможности эластографии сдвиговой волной в дифференциальной диагностике очаговой формы злокачественных и доброкачественных опухолей молочных желез // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 6. С. 27–39.
6. 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.
7. Диомидова В.Н., Петрова О.В. Сравнительный анализ результатов эластографии сдвиговой волной и транзистентной эластографии в диагностике диффузных заболеваний печени // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 5. С. 17–23.
8. Бердников С.Н., Шолохов В.Н., Патютко В.И. Сравнение показателей эластографии и эластометрии объемных образований печени с данными, полученными при исследовании удаленного макропрепарата // Анналы хирургической гепатологии. 2013. № 3. С. 54–60.
9. Вишленкова Е.А., Синюкова Г.Т., Данзанова Т.Ю., Федянин М.Ю. Эластография и эластометрия в оценке эффективности химиотерапии метастазов колоректального рака в печени // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2014. № 3. С. 9–24.
10. Постнова Н.А., Васильев А.Ю. Возможности эластографии сдвиговой волной в дифференциальной диагностике изменений молочных желез // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 5. С. 60–71.
11. 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.
12. Bhatia K.S., Tong C.S., Cho C.C. et al. Shear wave elastography of thyroid nodules in routine clinical practice: preliminary observations and utility for detecting malignancy // Eur. Radiol. 2012. V. 22. No. 11. P. 2397–2406.
13. Kim H., Kim J.A., Son E.J., Youk J.H. Quantitative assessment of shear-wave ultrasound elastography in thyroid nodules: diagnostic performance for predicting malignancy // Eur. Radiol. 2013. V. 23. No. 9. P. 2532–2537.
14. Szczepanek-Parulska E., Wolinski K., Stangierski A. et al. Comparison of diagnostic value of conventional ultrasonography and shear wave elastography in the prediction of thyroid lesions malignancy // PLoS One. 2013. V. 8. No. 11. P. e81532.
15. Паршин В.С., Тарасова Г.П., Павлинова Е.С. Эластография сдвиговой волны в дифференциальной диагностике доброкачественной и злокачественной природы узловых образований щитовидной железы // Радиация и риск. 2014. Т. 23. № 2. С. 72–82.
16. 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.
17. Поморцев А.В., Гудков Г.В., Дегтярева Ю.С. и др. Возможности эластографии сдвиговой волны в дифференциальной диагностике очаговой патологии щитовидной железы // Лучевая диагностика и терапия. 2011. № 3. С. 60–66.
18. 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.

19. Bojunga J., Dauth N., Berner C. et al. Acoustic radiation force impulse imaging for differentiation of thyroid nodules // PLoS One. 2012. V. 7. No. 8. P. e42735.
20. Сенча А.Н., Могутов М.С., Патрунов Ю.Н. и др. Количественные и качественные показатели ультразвуковой эластографии в диагностике рака щитовидной железы // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 5. С. 85–98.
21. Calvete A.C., Mestre J.D., Gonzalez J.M. et al. Acoustic radiation force impulse imaging for evaluation of the thyroid gland // J. Ultrasound Med. 2014. V. 33. No. 6. P. 1031–1040.
22. Абдулхалимова М.М., Митьков В.В., Бондаренко В.О. Использование ЦДК в комплексной ультразвуковой диагностике узловых образований щитовидной железы // Ультразвуковая диагностика. 1999. № 1. С. 74–78.
23. Митьков В.В., Иванишина Т.В., Митькова М.Д. Ультразвуковое исследование неизменной щитовидной железы с применением технологии эластографии сдвиговой волной // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2014. № 6. С. 13–20.
24. Friedrich-Rust M., Romenski O., Meyer G. et al. Acoustic Radiation Force Impulse-Imaging for the evaluation of the thyroid gland: a limited patient feasibility study // Ultrasonics. 2012. V. 52. No. 1. P. 69–74.
25. Баранова О.В. Сравнительная клинко-морфологическая характеристика узлового зоба, аденомы щитовидной железы и аутоиммунного тиреоидита: Дисс. ... канд. мед. наук. М., 1999. 183 с.
26. Бронштейн М.Э. Морфологическая диагностика заболеваний щитовидной железы // Проблемы эндокринологии. 1999. Т. 45. № 5. С. 34–38.

Ultrasound Shear Wave Elastography in Benign Thyroid Nodules Diagnosis

V.V. Mitkov, T.V. Ivanishina, M.D. Mitkova

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. T.V. Ivanishina – M.D., Ph.D. fellow, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Postgraduate Education. M.D. Mitkova – M.D., Ph.D., Associate Professor, Diagnostic Ultrasound Division, Russian Medical Academy of Postgraduate Education.

Analysis of thyroid ultrasound examination was done in 219 patients. 1st (control) group included 147 patients, 2nd – 72 patients with benign thyroid nodules (76 nodules), which included 41 patients with colloid nodules (45 nodules (1st subgroup)) and 31 patients with follicular adenomas (31 nodules (2nd subgroup)). All patients were examined by Aixplorer ultrasound system (Supersonic Imagine, France) with B-mode, Doppler ultrasound, and shear wave elastography use assessing Young's modulus which allowed thyroid stiffness to be measured. Young's modulus values of benign thyroid nodules were as follows: median of E_{mean} – 25.8 kPa, 2.5–97.5th percentiles – 8.1–69.8 kPa, minimal – maximal values – 6.6–90.6 kPa; E_{max} – 34.3 kPa, 11.3–80.6 kPa, 5.9–107.1 kPa; SWE-ratio – 1.5, 0.7–8.2, 0.6–10.3 respectively. E_{mean} and E_{max} values of benign thyroid nodules were significantly different from normal parenchyma (control group) ($P < 0.0001$). Values of Young's modulus in colloid nodules were as follows: E_{mean} – 30.5 kPa, 9.9–79.9 kPa, 9.5–90.6 kPa; E_{max} – 37.6 kPa, 12.4–91.4 kPa, 5.9–107.1 kPa; SWE-ratio – 1.8, 0.7–9.6, 0.7–10.3 respectively. Values of Young's modulus in follicular adenomas were as follows: E_{mean} – 21.6 kPa, 6.9–47.6 kPa, 6.6–48.3 kPa; E_{max} – 27.5 kPa, 11.2–66.3 kPa, 10.9–66.4 kPa; SWE-ratio – 1.4, 0.7–2.9, 0.6–3.0 respectively. There were significant differences of values E_{mean} ($P = 0.009$) and E_{max} ($P = 0.03$) between colloid nodules and follicular adenomas subgroups. There was not any correlation of E_{mean} and E_{max} in benign nodules with any quantitative (patient's age, free thyroxine and thyrotropin, thyroid volume, maximal size of thyroid nodule, volume of thyroid nodule) and rank (gender, blood flow type) criteria. There was not any correlation in colloid nodules or follicular adenomas subgroups as well.

Key words: *thyroid ultrasound, shear wave elastography, point shear wave elastography, Young's modulus, shear wave velocity, and benign thyroid nodules.*