

Эластография сдвиговой волны в дифференциальной диагностике доброкачественной и злокачественной природы узловых образований щитовидной железы

Паршин В.С.¹, Тарасова Г.П.¹, Павлинова Е.С.²

¹ ФГБУ МРНЦ Минздрава России, Обнинск, Россия;

² ФКУЗ «Главный клинический госпиталь» МВД России, Москва, Россия

Проведена эластография сдвиговой волны на сканере Aixplorer (SuperSonic Imagine, Aix-en-Provence, France) при узловых образованиях щитовидной железы (ЩЖ). Жёсткость ткани определялась количественно в килопаскалях (кПа), а также отображалась в цветовой шкале: более жёсткие участки в красном диапазоне, более мягкие – в оттенках зелёного и синего цвета. Проанализирована жёсткость ткани 182 участков ЩЖ, не имеющих узловых заболеваний (норма), 495 участков в узлах независимо от их морфологии, 176 участков при доброкачественных опухолях и 39 участков при злокачественных опухолях. Использованы методы непараметрической статистики и ROC-анализ. Жёсткость нормальной ткани составила: медиана 15,6 килопаскалей, 2,5-97,5 перцентили – 6,5-29,7; для узлов: медиана равна 17,5; 2,5-97,5 перцентили – 0,03-198,2. Для доброкачественных узлов: медиана составила 15,6; 2,5-97,5 перцентили – 3,6-81,3; для злокачественных узлов: медиана 112,92; 2,5-97,5 перцентили – 13,5-196,4. Найдено оптимальное пороговое значение жёсткости (41,1 кПа) для отнесения узлов к злокачественной или доброкачественной природе при относительном равенстве чувствительности (84%) и специфичности (81,8%) теста. Статистическая обработка выполнена в программе SPSS 13.0.

Ключевые слова: щитовидная железа, ультразвуковое исследование, эластография сдвиговой волны, дифференциальная диагностика, порог жёсткости в кПа.

Введение

Длительный период ультразвуковые исследования выполняли в В-режиме, а дифференциальная диагностика заболеваний щитовидной железы (ЩЖ) основывалась на оценке размеров железы, её эхогенности, эхоструктуры и сведениях о клетчаточных пространствах шеи. Узловые образования в железе дифференцировали по локализации, размерам, форме, границам, контурам, эхогенности, внутренней эхоструктуре, состоянию капсулы железы. Исследование в В-режиме имеет важнейшее значение и в настоящее время, однако оно во многом базируется на субъективном опыте диагноста [2, 5, 6, 10, 17]. Согласно многочисленным отечественным и зарубежным публикациям чувствительность и специфичность методики серой шкалы в дифференциальной диагностике злокачественных и доброкачественных процессов колеблется в пределах 55-70% [12, 15]. Большие надежды в плане дифференциальной диагностики возлагались на ультразвуковые технологии, позволяющие оценивать кровоток в узлах и ЩЖ [2]. Однако и они не позволили значимо повысить чувствительность метода, и она осталась в пределах 65-75%.

Совсем недавно появилась третья технология – эластография, которая основана на оценке жёсткости ткани объёмных образований. Жёсткость ткани, в свою очередь, маркируется цветом либо количественно [1, 3, 11, 13]. Известно [4], что злокачественные опухоли характери-

Паршин В.С.* – зав. отд., д.м.н., профессор; Тарасова Г.П. – вед. программист. ФГБУ МРНЦ Минздрава России. Павлинова Е.С. – врач. ФКУЗ ГКГ МВД России.

*Контакты: 249036, Калужская обл., Обнинск, ул. Королева, 4. Тел.: (48439) 9-32-89; e-mail: parshin@mmrc.obninsk.ru.

зуются высокой жёсткостью ткани, и это, с клинических позиций, их принципиально отличает от кист, аденом или коллоидных узлов. В последние годы в технологии эластографии появились различные варианты методик – компрессионная эластография, эластография на основе сдвиговой волны, статическая и динамическая эластография [4, 7, 14]. Наибольший клинический интерес приобретает эластография на основе сдвиговой волны. Она начинает использоваться в дифференциальной диагностике заболеваний печени [1], молочной железы [9], матки [3] и других органов. Имеются публикации о её роли в дифференциальной диагностике узловых образований ЩЖ [8, 16, 18-20]. Методика только внедряется в клиническую практику и нуждается в накоплении материала и в его качественной обработке.

Цель настоящей работы заключается в попытке оценить возможности эластографии сдвиговой волны в дифференциальной диагностике двух разновидностей узлов ЩЖ – доброкачественных и злокачественных.

Для реализации поставленной цели были решены следующие задачи: оценена жёсткость нормальной ткани ЩЖ; оценена жёсткость ткани узловых образований ЩЖ независимо от их морфологической природы; оценена жёсткость ткани доброкачественных образований; оценена жёсткость ткани злокачественных образований; найдено пороговое значение жёсткости между доброкачественными и злокачественными тканями при оптимальной чувствительности и специфичности теста.

Методика. Эластографию на основе сдвиговой волны выполняли на сканере Aixplorer (Super Sonic Imagine) с использованием линейного датчика 5-14 МГц. Обязательным условием проведения эластографии сдвиговой волны являлась минимальная компрессия. Для проведения количественной оценки выставляли окно опроса (Q-box) в зону интереса (размеры окна подбирали произвольно, но в данном исследовании оно составляло постоянную величину – 3 мм), измерение производилось автоматически с выводом на экран количественных значений жёсткости тканей, выраженных в килопаскалях.

Материал. Эластография на основе сдвиговой волны выполнена в 182 участках ЩЖ, не имеющих узловых заболеваний (норма), в 495 участках узлов независимо от их морфологической природы, в 176 участках доброкачественных опухолей и в 39 участках злокачественных опухолей. Морфологическая природа узловых образований верифицирована данными гистологического или цитологического исследований («золотой стандарт»).

Результаты и обсуждение

Полученные количественные данные не подчиняются закону нормального распределения, в связи с чем рассчитаны медиана, максимальное и минимальное значения, процентиля от 2,5 до 97,5. Сравнение независимых групп выполнено с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни.

Нормальная ткань ЩЖ – узловые образования

Распределение показателей жёсткости ткани, измеренной в 182 участках нормальной ЩЖ и в 495 участках узловых образований, приведено на рис. 1.

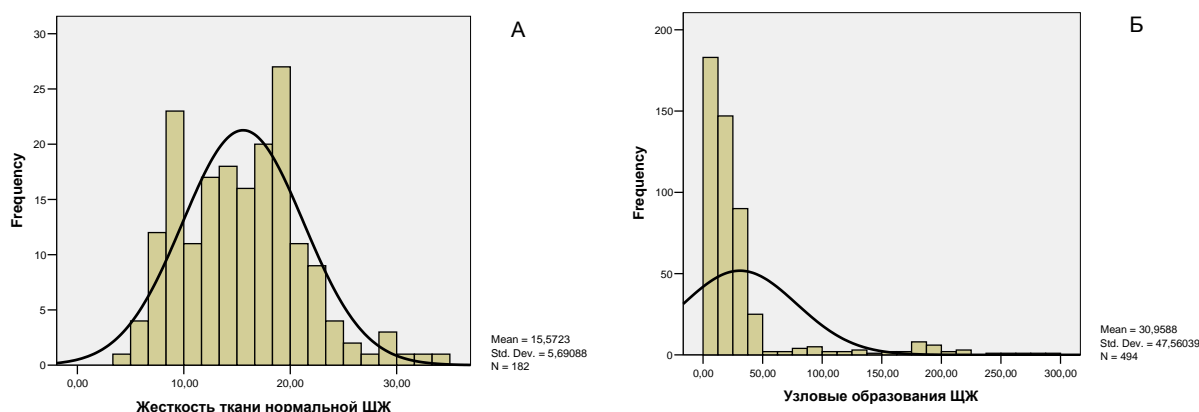


Рис. 1. Гистограммы распределения жёсткости нормальной ткани щитовидной железы (А) и узловых образований (Б), независимо от их морфологической природы. Количественные данные не подчиняются закону нормального распределения.

В табл. 1 представлены статистические показатели жёсткости ткани нормальной ЩЖ и узловых образований независимо от их морфологии.

Медианное значение для нормальной ткани составляет 15,60 кПа, минимальное равно 4,72, максимальное значение достигает 34,86 кПа. Диапазон от 2,5 до 97,5 перцентиля составил от 6,59 до 29,72 кПа.

Для узловых образований медиана составила 17,50, минимальное значение – 0,01, максимальное – 294,23. Диапазон от 2,5 до 97,5 перцентиля составили от 0,03 до 198,26 кПа.

Различие по критерию Манна-Уитни достоверно ($\alpha=0,028$).

Таблица 1

Статистические показатели жёсткости ткани нормальной щитовидной железы и узловых образований

Жёсткость ткани (кПа)	Нормальная ткань	Узлы ЩЖ	U-критерий	Z	Уровень значимости
	Объём выборки: 182 измерения	Объём выборки: 495 измерений			
Медиана	15,60	17,50	40091,00	-2,196	0,028
Минимальное значение	4,72	0,01			
Максимальное значение	34,86	294,23			
Процентили					
2,5	6,59	0,03			
25	10,99	7,62			
50	15,60	17,50			
75	19,37	29,76			
97,5	29,72	198,26			

Доброкачественные – злокачественные образования

Далее мы проанализировали две группы наблюдений. Одна группа, составившая 176 измерений, относилась к доброкачественным узловым образованиям, вторая группа, составившая 39 измерений, относилась к злокачественным новообразованиям.

На рис. 2 представлены гистограммы распределения количественных данных.

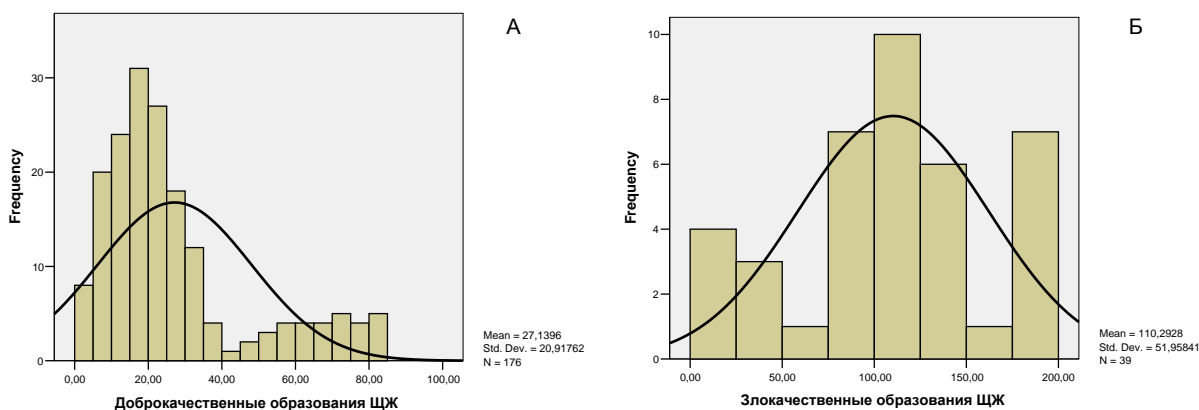


Рис. 2. Гистограммы распределения жёсткости ткани узлов ЩЖ доброкачественной (А) и злокачественной (Б) природы. Количественные данные не подчиняются закону нормального распределения.

В табл. 2 представлены статистические показатели жёсткости ткани узлов ЩЖ доброкачественной и злокачественной природы.

Для узлов доброкачественной природы медианное значение составляет 20,18 кПа, минимальное равно 1,11, максимальное значение достигает 84,91, диапазон от 2,5 до 97,5 перцентиля составил от 3,60 до 81,31 кПа.

Для узловых образований злокачественной природы медиана составила 112,92 кПа, минимальное значение – 13,45, максимальное – 196,14. Диапазон от 2,5 до 97,5 перцентиля составил от 13,45 до 196,14 кПа.

Различие по критерию Манна-Уитни достоверно ($\alpha=0,001$).

Таблица 2

Статистические показатели жёсткости ткани узлов щитовидной железы доброкачественной и злокачественной природы

Жёсткость ткани (кПа)	Доброкачественные участки	Злокачественные участки	U-критерий	Z	Уровень значимости
	Объём выборки: 176 измерений	Объём выборки: 39 измерений			
Медиана	20,18	112,92	598,000	-8,063	0,001
Минимальное значение	1,11	13,45			
Максимальное значение	84,91	196,14			
Процентили					
2,5	3,60	13,45			
25	13,67	93,29			
50	20,18	112,92			
75	31,31	136,85			
97,5	81,31	196,14			

Наличие верифицированных данных позволило выполнить расчёты чувствительности и специфичности теста, а появление шкалы жёсткости, выраженной в килопаскалях, позволило применить ROC-анализ и рассчитать пороговое значение жёсткости для разграничения доброкачественных и злокачественных образований ЩЖ при балансе чувствительности и специфичности.

На рис. 3 представлена ROC-кривая, построенная на основе 176 измерений жёсткости тканей доброкачественных участков и 39 измерений – злокачественных. Установлено высокое качество теста, основанного на оценке жёсткости ткани при эластографии сдвиговой волны. Площадь под ROC-кривой достигла 0,918. Линия неразличения разделяет пространство ROC-кривой на 2 части. Попадание на диагональную линию означает, что тест не проявляет различительную способность. Точки, попадающие выше диагонали, означают хорошие результаты классификации; точки, расположенные ниже диагонали, свидетельствуют о плохих различительных способностях теста.

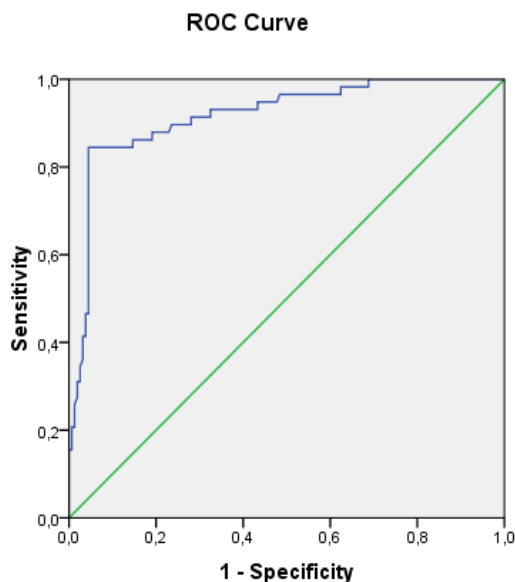


Рис. 3. ROC-кривая, показывающая зависимость чувствительности теста от ложноположительного результата. Синяя линия – ROC-кривая; зеленая линия – линия неразличения.

Итак, в ультразвуковой диагностике появилась методика, которая позволяет дать прижизненную количественную оценку жёсткости различных участков ткани. Предложенная количественная шкала жёсткости ткани биологических объектов на основе ультразвукового метода является аналогом шкалы Хаунсфилда, используемой в КТ, в которой по коэффициенту ослабления ткань относят к воздушной, жировой, жидкость содержащей и костной.

В нашей работе жёсткость нормальной ткани ЩЖ колебалась в пределах: минимум – 4,72 кПа, максимум – 34,86 кПа, медиана – 15,60 кПа, диапазон жёсткости от 2,5 до 97,5 процентиля находился в интервале 6,59-29,72 кПа. Диапазон жёсткости в узлах, независимо от морфологических данных, составил: минимум – 0,01 кПа, максимум – 294,23 кПа, медиана – 17,50 кПа, диапазон жёсткости от 2,5 до 97,5 процентиля наблюдался в интервале 0,03-198,26 кПа. Жёсткость тканей доброкачественных узлов ЩЖ колебалась в пределах: минимум – 1,11 кПа, максимум – 84,91 кПа, медиана – 20,18 кПа, диапазон жёсткости от 2,5 до 97,5 процентиля наблюдался в интервале 3,60-81,31 кПа. Жёсткость тканей злокачественных узлов ЩЖ колебалась в пределах: минимум – 13,45 кПа, максимум – 196,14 кПа, медиана – 112,92 кПа, диапазон жёсткости от 2,5 до 97,5 процентиля наблюдался в интервале 13,45-196,14 кПа. Из приведённых данных видно, что и нормальная ткань, и ткань узлов имеют различные показатели жёсткости. Различие достоверно по тесту Манна-Уитни.

Рассмотрим наш материал с иной точки зрения. Для этой цели создадим табл. 3, в которую поместим показатели жёсткости, обнаруженные при злокачественных и доброкачественных опухолях, ранжируя их по возрастанию. Сопоставим эти два ряда.

Таблица 3

Показатели жёсткости ткани при злокачественных и доброкачественных узловых образованиях ЩЖ. Данные ранжированы по возрастанию.

Жёсткость ткани (кПа)									
Злокачественные участки (39 измерений)		Доброкачественные участки (176 измерений)							
13,45	122,78	1,11	8,99	14,06	17,89	21,93	26,65	34,72	69,49
14,92	124,37	1,25	9,34	14,43	17,95	22,05	26,9	35,29	70,11
16,18	125,64	2,85	9,57	14,57	18,19	22,22	27,08	35,66	71,56
18,39	127,64	3,44	9,59	14,64	18,33	22,49	27,12	37,53	72,82
37,18	128,31	3,82	9,69	14,77	18,37	22,51	27,39	37,65	73,55
38,68	134,29	4,08	10,18	15,13	18,4	22,78	27,73	37,65	73,9
47,15	136,85	4,37	10,59	15,15	18,45	23,02	27,81	41,79	77,54
58,45	140,92	4,72	10,67	15,15	18,79	23,35	28,48	45,48	77,81
78,45	167,37	5,11	11,06	15,17	19,25	23,49	29,47	46,42	78,5
93,29	178,27	5,37	11,54	15,31	19,37	23,55	29,57	52,59	79,61
94,47	178,65	5,68	11,77	15,41	19,61	24,17	29,74	53,52	80,8
97,37	185,36	6,33	11,79	15,52	19,69	24,22	29,76	54,7	81,69
98,42	186,15	6,34	11,82	15,52	19,65	24,22	30,24	55,52	81,72
99,41	186,34	6,52	11,85	15,65	20,06	24,54	31,02	58,74	83,66
99,6	192,64	6,65	11,87	15,73	20,09	24,85	31,07	59,33	84,91
100,37	196,14	6,74	12,07	15,98	20,11	24,85	31,23	59,63	
105,34		7,63	12,37	16,31	20,18	24,98	31,34	61,38	
106,11		7,63	12,48	16,65	20,18	25,09	31,58	62,38	
110,97		7,98	12,71	16,66	20,19	25,42	32,04	63,48	
112,92		8,36	13,61	16,68	20,23	25,42	32,13	63,8	
115,36		8,42	13,86	16,81	20,65	25,73	32,72	65,51	
115,37		8,47	14,01	17,15	20,82	26,56	33,11	68,79	
117,86		8,83	14,05	17,54	20,93	26,58	33,47	66,44	

Оказывается, что если взять за основу дифференциальной диагностики диапазон жёсткости злокачественных опухолей (13,45-196,14), то точкой отсечения для доброкачественных опухолей должна являться минимальная точка 13,45 кПа. Исходя из этих цифр, можно просчитать, что среди 176 доброкачественных участков только у 43 пациентов – доброкачественные процессы, так как жёсткость ткани была у этих больных ниже показателя 13,45 кПа. Остальные пациенты (133 человека или 75%) должны быть отнесены к числу лиц со злокачественными опухолями (ложноположительные данные). Подобная диагностика неприемлема.

Если же взять за основу верхнюю границу шкалы доброкачественных участков – 84, 91 кПа, то среди 39 больных со злокачественными узлами у 9 пациентов узлы доброкачественные. То есть, мы имеем 23% ложноотрицательных результатов. За этими процентами скрываются пациенты, которых, только по этому одному критерию, мы ориентируем совершенно неправильно.

Есть ли возможность высказать предположение о том, что ткань такой-то жёсткости следует отнести к злокачественной, а такой-то жёсткости – к доброкачественной? Подобный вопрос возможно решить, используя ROC-анализ. Будем исходить из положения, что чувствительность и специфичность должны быть равными.

Используя ROC-анализ, мы определили пороговое значение жёсткости ткани для разделения на доброкачественные и злокачественные процессы при условии баланса между чувствительностью и специфичностью (табл. 4). Оказалось, что при чувствительности 84% и специфичности 81% критической точкой, или порогом разделения, следует рассматривать величину 41 кПа (рис. 4).

Таблица 4

Расчётные показатели порога жёсткости для разделения ткани на доброкачественные и злокачественные процессы при условии баланса между чувствительностью и специфичностью

Жёсткость ткани (кПа)	Чувствительность	1-специфичность	Специфичность	Чувствительность + специфичность	Чувствительность – специфичность
0,1100	1,000	1,000	0,000	1,000	1,000
1,1800	1,000	0,994	0,006	1,006	0,994
6,0050	1,000	0,930	0,070	1,070	0,930
8,6500	1,000	0,860	0,140	1,140	0,860
11,3000	1,000	0,796	0,204	1,204	0,796
12,5900	1,000	0,732	0,268	1,268	0,732
14,9000	0,983	0,675	0,325	1,308	0,658
16,1450	0,966	0,611	0,389	1,355	0,577
18,2600	0,966	0,548	0,452	1,418	0,514
20,0050	0,966	0,484	0,516	1,482	0,450
21,9900	0,931	0,427	0,573	1,504	0,358
24,1950	0,931	0,363	0,637	1,568	0,294
26,7750	0,914	0,287	0,713	1,627	0,201
29,7500	0,879	0,236	0,764	1,643	0,115
32,9150	0,862	0,178	0,822	1,684	0,040
49,0000	0,845	0,121	0,879	1,724	-0,034
65,5000	0,845	0,045	0,955	1,800	-0,110
79,5000	0,638	0,045	0,955	1,593	-0,317
95,0000	0,414	0,038	0,962	1,376	-0,548
115,3650	0,259	0,019	0,981	1,240	-0,722
135,5700	0,155	0,006	0,994	1,149	-0,839
189,4900	0,034	0,000	1,000	1,034	-0,966

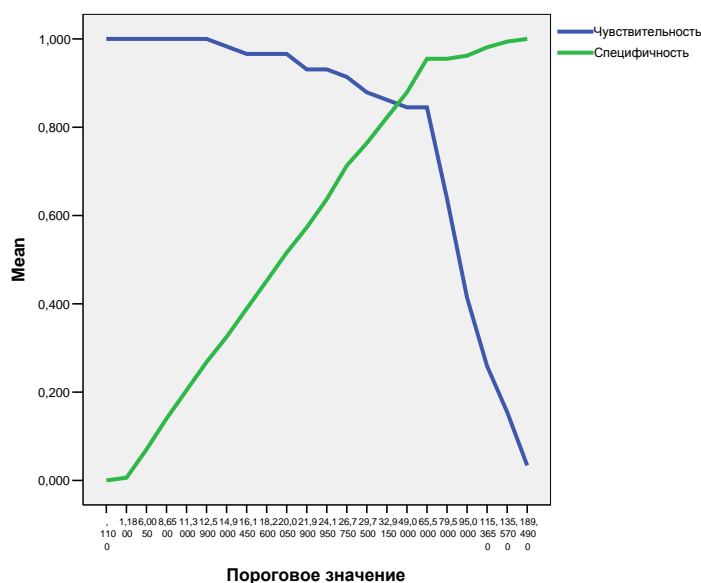


Рис. 4. График зависимости чувствительности и специфичности от различных значений жёсткости ткани. Оптимальное соотношение чувствительности и специфичности достигается в точке пересечения кривых.

Баланс между чувствительностью и специфичностью достигается при минимальном положительном значении разности (чувствительность – специфичность).

Определив на основе ROC-анализа пороговое значение жёсткости ткани при оптимальном соотношении чувствительности и специфичности, которое составило 41 кПа, мы получили табл. 5 для расчёта чувствительности и специфичности эластографии сдвиговой волны. Образования, жёсткость ткани которых превышает пороговое значение 41 кПа, относятся к злокачественным.

Таблица 5

Расчёт чувствительности и специфичности эластографии сдвиговой волны в дифференциальной диагностике рак – не рак при пороговом значении жёсткости ткани 41 кПа

Метод – эластография сдвиговой волны	Золотой стандарт		Всего по методу эластографии сдвиговой волны	
	Рак есть	Рака нет		
Рак есть	A – 33	B – 32	65	215
Рака нет	C – 6	D – 144	150	
	39	176		
	Всего по золотому стандарту 215			

Согласно верифицированным данным («золотой стандарт») 39 пациентов имели рак ЩЖ. По результатам эластографии сдвиговой волны в 33 случаях диагноз был верным, т.е. жёсткость ткани образования превысила пороговое значение 41 кПа (чувствительность 84%). Среди 176 больных с доброкачественными узлами число правильных заключений достигло 144 человек (специфичность – 81,8%). Эта ситуация уже значительно улучшает диагностику.

Подобные данные говорят о высокой значимости диагностического теста. В то же время, клиническая практика многократно доказывала, что диагностический вопрос не может и не должен замыкаться на один или даже несколько диагностических тестов. Это относится и к дифференциальной диагностике между раком и доброкачественными опухолями ЩЖ.

Известно, что узловые образования ЩЖ не являются однородными по экзогенности и по экоструктуре. Рассмотрим три изображения (рис. 5).

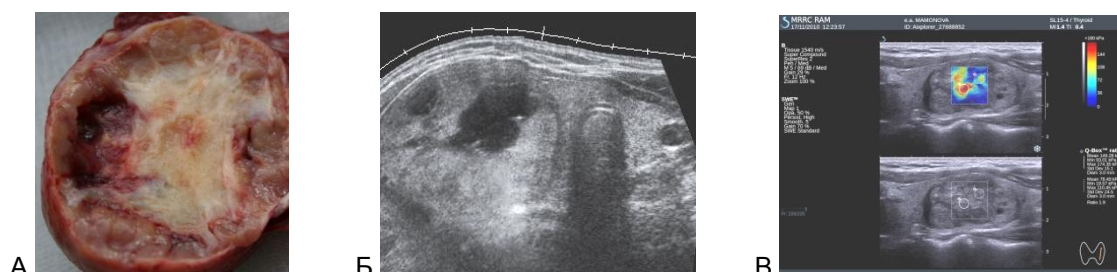


Рис. 5. А – макропрепарат удалённой щитовидной железы; Б – эхограмма в режиме серой шкалы с панорамным сканированием; В – эхограмма, выполненная по технологии сдвиговой волны. Заключение: структура узловых образований щитовидной железы неоднородная.

Первое изображение – это препарат удалённой опухоли ЩЖ, второе – эхограмма ЩЖ с опухолью, занимающей правую долю, третье – эхограмма, выполненная при эластографии на основе сдвиговой волны.

На макропрепарате можно видеть, что центр опухоли занимает ткань белесоватого цвета, по периферии она уже имеет иное окрашивание, а на уровне 9 часов имеется полость, которая ранее была заполнена жидкостью – то есть узел неоднороден по характеру ткани. Не случайно морфологи забирают для микроскопического анализа несколько фрагментов удалённого макропрепарата.

На эхограмме представлен узел правой доли максимальным размером до 3 см. Можно наблюдать три фрагмента узла. Один, расположенный в центре, гипозоногенный, второй является анэзоногенным, так как содержит полость, заполненную жидким содержимым, третий участок – это ткань повышенной эхогенности.

Применив технологию оценки жёсткости различных участков ткани узловых образований на основе сдвиговой волны, мы видим, что один фрагмент узла имеет ярко-красное окрашивание, его жёсткость составляет 149 кПа. Второй фрагмент имеет окраску жёлтого и синего цвета, жёсткость оценивается как 78,9 кПа. Имеются и участки промежуточной цветовой окраски, что свидетельствует об их различной жёсткости.

Например, при выполнении ультразвукового исследования в режиме серой шкалы мы наблюдали образование до 15 мм без чётких границ, которое примыкает к капсуле и разрушает последнюю, при этом в клетчаточном пространстве выявляется характерное образование – метастаз. Только по этим трём признакам можно уверенно отнести объёмное образование к неинкапсулированной злокачественной опухоли. Вполне возможно, что и метод сдвиговой волны внес бы дополнительную информацию.

Хотелось бы отметить несколько публикаций [11, 12, 20], в которых аналогичным способом выяснялся порог дифференцировки между злокачественными и доброкачественными процессами. В работе [20] этот порог представлен численной величиной 41 кПа.

Выводы

1. Установлено, что нормальная ткань ЩЖ имеет следующие показатели жёсткости: медианное значение – 15,60 кПа, минимальное равно 4,72, максимальное значение достигает 34,86 кПа. Диапазон от 2,5 до 97,5 перцентиля составил от 6,59 до 29,72 кПа. Узловые образования ЩЖ имеют жёсткость: медиана – 17,50, минимальное значение – 0,01, максимальное – 294,23. Диапазон от 2,5 до 97,5 перцентиля составил от 0,03 до 198,26 кПа. Различие по критерию Манна-Уитни достоверно ($\alpha=0,028$), что свидетельствует о возможности использовать эластографию сдвиговой волны для дифференцировки тканей ЩЖ.

2. Жёсткость ткани доброкачественных узлов ЩЖ колебалась в пределах: минимум – 1,11 кПа, максимум – 84,91 кПа, медиана – 20,18 кПа, диапазон жёсткости от 2,5 до 97,5 перцентили находится в интервале 3,60-81,31 кПа. Жёсткость ткани злокачественных узлов ЩЖ колебалась в пределах: минимум – 13,45 кПа, максимум – 196,14 кПа, медиана – 112,92 кПа, диапазон жёсткости от 2,5 до 97,5 перцентили находится в интервале 13,45-196,14 кПа. Различие достоверно по тесту Манна-Уитни.

3. Пороговое значение жёсткости ткани доброкачественных и злокачественных узловых образований ЩЖ, при оптимальном соотношении чувствительности (84%) и специфичности (81%), составляет 41 кПа.

4. Диагностический тест – жёсткость ткани, оцениваемый по технологии сдвиговой волны, следует рассматривать как один из критериев ультразвуковой дифференциальной диагностики узловых образований.

Литература

1. **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.
2. **Котляров П.М., Харченко В.П., Александров Ю.К., Могунов М.С., Сенча А.Н., Патрунов Ю.Н., Беляев Д.В.** Ультразвуковая диагностика заболеваний щитовидной железы. М.: ВИДАР, 2009. 239 с.
3. **Митьков В.В., Хуако С.А., Цыганов С.Е., Кириллова Т.А., Митькова М.Д.** Сравнительный анализ данных эластографии сдвиговой волной и результатов морфологического исследования тела матки (предварительные результаты) //Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 5. С. 99-114.
4. **Осипов Л.В.** Технологии эластографии в ультразвуковой диагностике. Обзор //Диагностическая радиология и онкотерапия. 2013. № 3-4. С. 5-23.
5. **Паршин В.С., Ямасита С., Цыб А.Ф.** Зоб. Ультразвуковая диагностика. Клинический атлас. Нагасаки-Обнинск, Университет Нагасаки, 2000. 106 с.
6. **Паршин В.С., Цыб А.Ф., Ямасита С.** Рак щитовидной железы. Ультразвуковая диагностика. Клинический атлас. По материалам Чернобыля. Обнинск: МРНЦ РАМН, 2002. 230 с.
7. **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.
8. **Сенча А.Н., Могунов М.С., Патрунов Ю.Н., Беляев Д.В., Сергеева Е.Д., Кашманова А.В.** Количественные и качественные показатели ультразвуковой эластографии в диагностике рака щитовидной железы //Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 5. С. 85-98.
9. **Терновой С.К., Абдураимов А.Б., Лесько К.А., Лебедев В.В., Абдураимова Р.К.** Возможности маммографии и качественной эластографии в диагностике рака молочной железы при гипотиреозе //Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 5. С. 50-59.
10. **Цыб А.Ф., Паршин В.С., Ямасита С.** Ультразвуковая диагностика заболеваний щитовидной железы. М.: Медицина, 1997. 329 с.
11. **Asteria C., Giovanardi A., Pizzocaro A., Cozzaglio L., Morabito A., Somalvico F., Zoppo A.** US-elastography in the differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules //Thyroid. 2008. V. 18. P. 523-531.
12. **Bojunga J., Herrmann E., Meyer G., Weber S., Zeuzem S., Friedrich-Rust M.** Real-time elastography for the differentiation of benign and malignant thyroid nodules: a meta-analysis //Thyroid. 2010. V. 20. P. 1145-1150.
13. **Cantisani V., D'Andrea V., Biancari F., Medvedyeva O., Di Segni M., Olive M., Patrizi G., Redler A., De Antoni E.E., Masciangelo R., Frezzotti F., Ricci P.** Prospective evaluation of multiparametric ultrasound and quantitative elastosonography in the differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules: preliminary experience //Eur. J. Radiol. 2012. V. 81. P. 2678-2683.
14. **Cosgrove D., Piscaglia F., Bamber J., Bojunga J., Correas J.M., Gilja O.H., Klauser A., Sporea S., Calliada I., Cantisani F.V., D'Onofrio M., Drakonaki E.E., Fink M., Friedrich-Rust M., Fromageau J., Havre R.F., Jenssen C., Ohlinger R., Săftoiu A., Schaefer F., Dietrich C.F.** EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Ultrasound Elastography. Part 2: Clinical Applications. Stuttgart-New York: Georg Thieme Verlag KG, 2013. Available at <http://elastografia.ru/upload/iblock/66f/66f89dc0f6693e57cdad15204749b5ad.pdf>.
15. **Gharib H., Papini E., Paschke R., Duick D.S., Valcavi R., Hegedus L., Vitti P.** American Association of Clinical Endocrinologists, Associazione Medici Endocrinologi and European Thyroid Association Medical Guidelines for Clinical Practice for the Diagnosis and Management of Thyroid Nodules //Endocr. Pract. 2010. V. 16. P. 1-43.

16. Moon H.J., Kim E.K., Yoon J.H., Kwak J.Y. Clinical implication of elastography as a prognostic factor of papillary thyroid microcarcinoma //Ann. Surg. Oncol. 2012. V. 19. P. 2279-2287.
17. Parshin V.S., Yamashita S., Tsyb A.F. Ultrasound Diagnosis of Thyroid Diseases in Russia. Obninsk-Nagasaki, 2013. 147 p.
18. Veyrieres J.B., Albarel F., Lombard J.V., Berbis J., Seberg F., Oliver C., Petit P. A threshold value in Shear Wave elastography to rule out malignant thyroid nodules: a reality? //Eur. J. Radiol. 2012. V. 81, N 12. P. 3965-3972.
19. Vorlander C., Wolff J., Saalabian S., Lienenluke R.H., Wahl R.A. Real-time ultrasound elastography a non-invasive diagnostic procedure for evaluating dominant thyroid nodules //Langenbecks Arch. Surg. 2010. V. 395. P. 865-871.
20. Wang Y., Dan H.J., Dan H.Y., Li T., Hu B. Differential diagnosis of small single solid thyroid nodules using real-time ultrasound elastography. Shear wave elastography in the differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules //J. Int. Med. Res. 2010. V. 38. P. 466-472.

Shear wave elastography in the differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules

Parshin V.S.¹, Tarasova G.P.¹, Pavlinova E.S.²

¹ Medical Radiological Research Center, Ministry of Health of the Russian Federation, Obninsk, Russia;

² Central Clinical Hospital, Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Moscow, Russia

Shear wave elastography was performed using the Aixplorer ultrasound system (SuperSonic Imagerie, Aix-en-Provence, France) to evaluate patients with thyroid nodules. Tissue stiffness was measured quantitatively in kilopascals (kPa). The data were then used to form an image that was coded in colour: stiffer tissues were coded in red and softer tissues in green and blue. This technique was used to assess the stiffness in 182 regions of the normal thyroid gland without nodules, in 495 regions of thyroid nodules irrespective of their morphology, in 176 regions of benign thyroid tumors, and in 39 regions of malignant thyroid tumors. Nonparametric statistics were used and analyses of receiver operating characteristic (ROC) curve were performed. The median stiffness values were determined to be 15.6 kPa (2,5-97,5 percentiles, range: 6,5-29,7 kPa) for normal thyroid tissues, 17,5 kPa (2,5-97,5 percentiles, range: 0,03-198,2 kPa) for thyroid nodules, 20,1 kPa (2,5-97,5 percentiles, range: 3,6-81,3 kPa) for benign thyroid nodules, and 112,9 kPa (2,5-97,5 percentiles, range: 13,5-196,4 kPa) for malignant thyroid nodules. The cutoff value of 41,1 kPa was found to be optimal for discriminating between malignant and benign nodules with a sensitivity of 84% and a specificity of 81,8%. Statistical processing was performed using SPSS 13,0 Package.

Key words: *thyroid gland, ultrasound, shear wave elastography, differential diagnosis, stiffness cutoff value in kPa.*

References

1. **Diomidova V.N., Petrova O.V.** Sravnitel'nyi analiz rezultatov elastografii sdvigovoi volnoi i tranzientnoi elastografii v diagnostike diffuznykh zabolevanii pečeni [Comparative analysis of shear wave elastography and transient elastography in diagnosis of diffuse liver disease]. *Ul'trazvukovaia i funktsional'naia diagnostika – Ultrasound and Functional Diagnostics*, 2013, no. 5, pp. 17-23.
2. **Kotliarov P.M., Kharchenko V.P., Aleksandrov Yu.K., Mogunov M.S., Sencha A.N., Patrunov Yu.N., Beliaev D.V.** *Ul'trazvukovaia diagnostika zabolevanii shchitovidnoi zhelezy* [Ultrasound diagnostics of thyroid diseases]. Moscow, VIDAR, 2009. 239 p.
3. **Mit'kov V.V., Khuako S.A., Tsyganov S.E., Kirillova T.A., Mit'kova M.D.** Sravnitel'nyi analiz dannykh elastografii sdvigovoi volnoi i rezultatov morfologicheskogo issledovaniia tela matki (predvaritel'nye rezultaty) [Comparative analysis of shear wave elastography and results of uterine morphological examination (preliminary results)]. *Ul'trazvukovaia i funktsional'naia diagnostika – Ultrasound and Functional Diagnostics*, 2013, no. 5, pp. 99-114.
4. **Osipov L.V.** Tekhnologii elastografii v ul'trazvukovoi diagnostike. Obzor [Technology elastography in ultrasound diagnostics. Overview]. *Diagnosticheskaja radiologija i onkoterapija – Diagnostic Radiology and Oncological Therapy*, 2013, no. 3-4, pp. 5-23.
5. **Parshin V.S., Yamashita S., Tsyb A.F.** Zob. *Ul'trazvukovaja diagnostika. Klinicheskij atlas* [Ultrasound diagnosis of goiter. Fundamental and clinical Atlas]. Nagasaki-Obninsk, Nagasaki University, 2000. 106 p.
6. **Parshin V.S., Tsyb A.F., Yamashita S.** *Rak shchitovidnoi zhelezy. Ul'trazvukovaia diagnostika. Klinicheskij atlas. Po materialam Chernobylija* [Ultrasound diagnosis of thyroid cancer. Fundamental and clinical atlas. Learned from Chernobyl]. Obninsk, MRNTS RAMN, 2002. 230 p.
7. **Postnova N.A., Vasil'ev A.Yu.** Vozmozhnosti elastografii sdvigovoi volnoi v differentsial'noi diagnostike izmenenii molochnykh zhelez [Value of shear wave elastography in breast lesions differential diagnosis]. *Ul'trazvukovaia i funktsional'naia diagnostika – Ultrasound and Functional Diagnostics*, 2013, no. 5, pp. 60-71.
8. **Sencha A.N., Mogutov M.S., Patrunov Yu.N., Beliaev D.V., Sergeeva E.D., Kashmanova A.V.** Kolichestvennye i kachestvennye pokazateli ul'trazvukovoi elastografii v diagnostike raka shchitovidnoi zhelezy [Quantitative and qualitative characteristics of ultrasound elastography in thyroid cancer diagnosis]. *Ul'trazvukovaia i funktsional'naia diagnostika – Ultrasound and Functional Diagnostics*, 2013, no. 5, pp. 85-98.
9. **Ternovoi S.K., Abduraimov A.B., Les'ko K.A., Lebedev V.V., Abduraimova R.K.** Vozmozhnosti mammografii i kachestvennoi elastografii v diagnostike raka molochnoi zhelezy pri gipotireoze [Value of mammography and qualitative elastography in diagnosis of breast cancer in patients with hypothyroidism]. *Ul'trazvukovaia i funktsional'naia diagnostika – Ultrasound and Functional Diagnostics*, 2013, no. 5, pp. 50-59.
10. **Tsyb A.F., Parshin V.S., Yamashita S.** *Ul'trazvukovaia diagnostika zabolevanii shchitovidnoi zhelezy* [Ultrasound diagnostics of thyroid diseases]. Moscow, Meditsina, 1997. 329 p.
11. **Asteria C., Giovanardi A., Pizzocaro A., Cozzaglio L., Morabito A., Somalvico F., Zoppo A.** US-elastography in the differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules. *Thyroid*, 2008, vol. 18, pp. 523-531.
12. **Bojunga J., Herrmann E., Meyer G., Weber S., Zeuzem S., Friedrich-Rust M.** Real-time elastography for the differentiation of benign and malignant thyroid nodules: a meta-analysis. *Thyroid*, 2010, vol. 20, pp. 1145-1150.

13. **Cantisani V., D'Andrea V., Biancari F., Medvedyeva O., Di Segni M., Olive M., Patrizi G., Redler A., De Antoni E.E., Masciangelo R., Frezzotti F., Ricci P.** Prospective evaluation of multiparametric ultrasound and quantitative elastosonography in the differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules: preliminary experience. *Eur. J. Radiol.*, 2012, vol. 81, pp. 2678-2683.
14. **Cosgrove D., Piscaglia F., Bamber J., Bojunga J., Correas J.M., Gilja O. H., Klauser A., Sporea S., Calliada I., Cantisani F. V., D'Onofrio M., Drakonaki E. E., Fink M. Friedrich-Rust M., Fromageau J., Havre R.F., Jenssen C., Ohlinger R., Săftoiu A., Schaefer F., Dietrich C.F.** EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Ultrasound Elastography. Part 2: Clinical Applications. Stuttgart-New York: Georg Thieme Verlag KG, 2013. Available at <http://elastografia.ru/upload/iblock/66f/66f89dc0f6693e57cdad15204749b5ad.pdf>.
15. **Gharib H., Papini E., Paschke R., Duick D.S., Valcavi R., Hegedus L., Vitti P.** American Association of Clinical Endocrinologists, Associazione Medici Endocrinologi and European Thyroid Association Medical Guidelines for Clinical Practice for the Diagnosis and Management of Thyroid Nodules. *Endocr. Pract.*, 2010, vol. 16, pp. 1-43.
16. **Moon H.J., Kim E.K., Yoon J.H., Kwak J.Y.** Clinical implication of elastography as a prognostic factor of papillary thyroid microcarcinoma. *Ann. Surg. Oncol.*, 2012, vol. 19, pp. 2279-2287.
17. **Parshin V.S., Yamashita S., Tsyb A.F.** Ultrasound Diagnosis of Thyroid Diseases in Russia. Obninsk-Nagasaki, 2013. 147 p.
18. **Veyrieres J.B., Albarel F., Lombard J.V., Berbis J., Sebarq F., Oliver C., Petit P.** A threshold value in shear wave elastography to rule out malignant thyroid nodules: a reality? *Eur. J. Radiol.*, 2012, vol. 81, no. 12, pp. 3965-3972.
19. **Vorlander C., Wolff J., Saalabian S., Lienenluke R.H., Wahl R.A.** Real-time ultrasound elastography a non-invasive diagnostic procedure for evaluating dominant thyroid nodules. *Langenbecks Arch. Surg.*, 2010, vol. 395, pp. 865-871.
20. **Wang Y., Dan H.J., Dan H.Y., Li T., Hu B.** Differential diagnosis of small single solid thyroid nodules using real-time ultrasound elastography. Shear wave elastography in the differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules. *J. Int. Med. Res.*, 2010, vol. 38, pp. 466-472.