

М.И. ПЫКОВ, Н.Е. КУЗЬМИНА, Н.М. РОСТОВЦЕВ

ЭЛАСТОГРАФИЯ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ДЕТЕЙ

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика, эластография сдвиговой волной, щитовидная железа, дети.

Целью исследования было изучение жесткости неизменной щитовидной железы с использованием эластографии сдвиговой волной с эластометрией у детей в разных гендерно-возрастных группах. Обследовано 175 детей с нормальным гормональным статусом в возрасте от 3 до 17 лет, из них – 80 девочек и 95 мальчиков. Всем проведено ультразвуковое исследование щитовидной железы (ЩЖ) в положении обследуемых «лежа на спине», дополненное двухмерной эластографией сдвиговой волной на аппарате Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция) с использованием линейного датчика в диапазоне частот 5–18 МГц. Осуществлялось пять измерений значения модуля Юнга правой и левой долей щитовидной железы. С помощью программного обеспечения Multi Q-box автоматически определялись следующие значения модуля Юнга (E) каждой доли: среднее (E_{mean}), максимальное (E_{max}), минимальное (E_{min}), стандартное отклонение (SD). Установлено статистически значимое увеличение показателей жесткости щитовидной железы у детей с увеличением возраста, статистически значимые различия жесткости правой и левой долей ЩЖ ($p = 0,003$), отсутствие гендерных различий жесткости щитовидной железы (медиана E_{mean} у мальчиков – 7,40 кПа, у девочек – 6,80 кПа; $p = 0,170$). Предложенная методика эластографии сдвиговой волной может стать дополнительным диагностическим инструментом в оценке состояния щитовидной железы у детей. Установленные значения жесткости тиреоидной ткани у детей разных возрастных групп могут быть рекомендованы для использования с целью своевременной диагностики патологии щитовидной железы.

Щитовидная железа (ЩЖ) – один из первых органов, который удается разглядеть у человеческого эмбриона. К 10-12 неделям беременности можно увидеть крошечные предшественники фолликулов. Примерно в это же время гормоны щитовидной железы обнаруживаются в сыворотке плода, измерению поддаются как тироксин (Т4), так и трийодтиронин (Т3). Развитие железы заканчивается к 8-9 месяцам развития плода.

Значение щитовидной железы для организма человека во многом обусловлено выработкой ею гормонов, необходимых для соответствующего уровня энергии и активной жизни. Тиреоидные гормоны (ТГ) играют решающую роль в качестве регуляторов роста, миелинизации нервной системы, метаболизма и функций органов. Особенно велика их роль в период внутриутробной и ранней постнатальной жизни, так как ТГ контролируют линейный рост, регулируют процессы дифференцирования тканей. Исключительное действие ТГ оказывают на формирование и созревание мозга, поскольку дефицит ТГ приводит к задержке его развития, дегенеративным изменениям, резко ухудшая интеллектуальные и моторные функции человека. Таким образом, нормальное функционирование ЩЖ у женщин во время беременности и грудного вскармливания является важным условием рождения здорового ребенка и нормального его развития в дальнейшем [3].

Являясь универсальными стимуляторами метаболизма, ТГ контролируют термогенез, регулируют липидный обмен, скорость поглощения кислорода. С ТГ связана адренергическая стимуляция – увеличение количества адренергических рецепторов в сердечной и скелетной мышцах, жировой ткани и лимфоцитах.

ТГ участвуют в поддержке нормальной функции дыхательного центра, оказывают инотропный и хронотропный эффекты на сердце. ТГ стимулируют образование эритропоэтина, тем самым повышают интенсивность эритропоэза. Как недостаточная, так и избыточная продукция ТГ оказывает разнообразные и очень значимые нарушения жизнедеятельности: воздействие ТГ на каждую ткань столь значительно, что определенная степень дисфункции щитовидной железы с высокой вероятностью может привести к полиорганной недостаточности, имитируя различные заболевания [4].

Болезни ЩЖ распространены среди детского населения, занимают второе место после диабета у детей во всем мире. Раннее выявление и лечение тиреопатий имеют решающее значение для полноценной жизни ребенка [19].

Ультразвуковое исследование (УЗИ) является наиболее активно используемым методом визуализации для оценки ЩЖ – простой и безопасный, очень хорошо переносится пациентом. Показания к УЗИ самые широкие, противопоказаний нет.

Определяя объем, анализируя структуру, а также интенсивность и показатели кровотока ткани, врач-исследователь диагностирует диффузные изменения и узловые образования ЩЖ, что требует дальнейшего обследования, лечения и динамического наблюдения.

Ультразвуковая эластография является важным прорывом в эволюции неинвазивных инструментов оценки состояния различных органов в течение последних лет. Это метод качественного и количественного анализа упругих свойств тканей, который дает возможность оценивать эластические свойства тканей при проведении обычного ультразвукового исследования путем измерения значений скорости сдвиговой волны (м/с) или модуля Юнга (кПа) в интересующих нас органах и тканях [5].

Установлено, что течение любой диффузной патологии ЩЖ связано с дистрофическими процессами и разрастанием соединительнотканых элементов. В результате прогрессирующей лимфоидной инфильтрации паренхимы щитовидной железы происходит ее деструкция с последующим разрушением тиреоидных фолликулов, разрастанием соединительной ткани и склерозированием стромы. Дифференцируя измененную, более жесткую ткань, ультразвуковая эластография становится полезным инструментом для улучшения диагностики заболеваний ЩЖ, активно применяется при диффузных заболеваниях и оценке образований щитовидной железы у взрослых [11, 19].

Большинство руководящих принципов и рекомендаций по клиническому использованию эластографии (EFSUMB, WFUMB) сосредоточено на применении у взрослых [9, 13, 14, 15, 23]. Возможности ультразвуковой эластографии у детей изучены меньше, поскольку трудности с задержкой дыхания, негативная реакция на осмотр, волнение могут влиять на воспроизводимость измерений и точность диагностики. Особенности педиатрических пациентов не позволяют тотчас использовать рекомендации для взрослых в детской практике. Тем не менее интерес к применению эластографии у детей закономерен, появляются сообщения разных исследовательских групп о применении эластографии в оценке жесткости различных органов у здоровых детей: печени, селезенки, щитовидной железы, почечной паренхимы, кишечника, мышц. Обсуждается техника выполнения процедуры – положение пациента, выбор датчика, зоны и количества измерений, условия проведения, изучаются возрастные и гендерные особенности [6, 7, 16, 17, 20, 22].

В литературном поиске удалось найти немногочисленные работы по ультразвуковой эластографии ЩЖ у детей [8, 11, 19, 25, 26]. Показатели нормы и методология исследования четко не определены.

Целью нашего исследования явилось изучение жесткости неизменной ЩЖ с использованием эластографии сдвиговой волной у детей, в разных гендерно-возрастных группах, что может быть полезным для дифференциации нормальной и патологически измененной ткани ЩЖ в ходе комплексной УЗ оценки.

Материалы и методы. В исследование было включено 175 детей в возрасте от 3 до 17 лет. В отношении всех пациентов получено письменное информированное согласие законных представителей. Все пациенты были разбиты на три возрастные группы, в соответствии возрастной периодизации по А.В. Мазурину, И.М. Воронцову [4]. Первая группа – 33 ребенка, вторая группа – 59, третья группа – 83 детей. Из них – 80 девочек и 95 мальчиков.

Критериями включения в группу явилось:

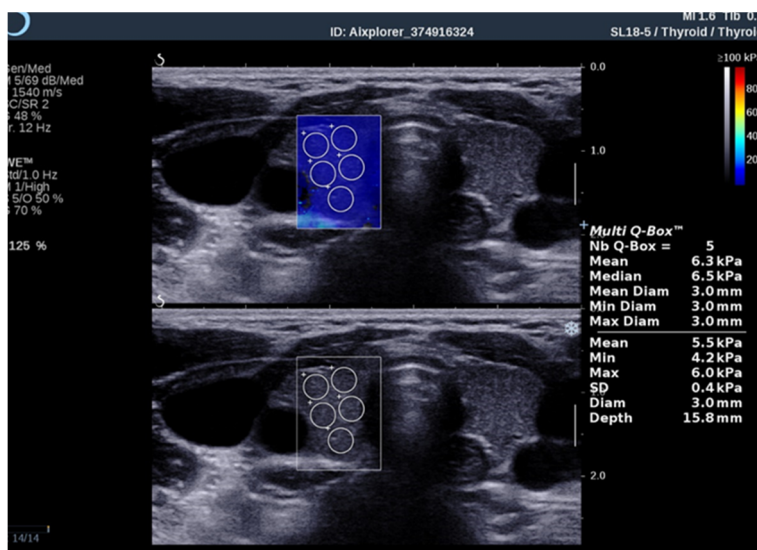
- отсутствие клинических признаков поражения щитовидной железы;
- отсутствие изменений при УЗИ ЩЖ;
- эутиреоидный клиничко-лабораторный статус.

Все биохимические исследования проводились в аккредитованной лаборатории.

Работа выполнена с помощью аппарата Aixplorer (Supersonic Imagine, Франция). Исследование проводилось в положении обследуемых «лежа на спине», с использованием линейного датчика, работающего в диапазоне частот 5–18 МГц. Сразу после стандартного ультразвукового осмотра ЩЖ и лимфатических узлов шеи в серошкальном и доплерографическом режиме начинали исследование в режиме ЭСВ. Выбран тип цветовой карты, при котором жесткие ткани окрашивались красным цветом, мягкие – синим, уровень шкалы в диапазоне 0–180 кПа. После стабилизации ультразвуковой картины и полного прокрашивания цветового окна изображение фиксировалось, а затем производилась количественная оценка жесткости ткани в выбранных зонах интереса (Q-box). Осуществлялось пять измерений значения модуля Юнга в каждой доле ЩЖ в поперечном сечении. Диаметр зоны интереса подбирался в зависимости от размера окна опроса, в одном окне опроса зоны интереса были равного диаметра. По результатам пяти измерений с помощью программного обеспечения Multi Q-box автоматически определялись следующие значения модуля Юнга (E) каждой доли: среднее значение (E_{mean}), максимальное значение (E_{max}), минимальное значение (E_{min}), стандартное отклонение (SD). Специальной подготовки для проведения исследования не требовалось, единственное условие – спокойное поведение ребенка во время диагностической процедуры.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного пакета IBM Statistics SPSS, 19. Большинство количественных показателей не подчинялось нормальному распределению, поэтому были использованы методы непараметрической статистики. Все количественные данные представлены в виде M (среднее значение), m (стандартная ошибка среднего значения), σ (стандартное отклонение), медианы (50-й процентиль), 25–75-х перцентилей, минимального и максимального значений. Межгрупповое сравнение количественных параметров проводилось с использованием критерия U – Манна–Уитни, Краскела–Уоллеса. При сравнении зависимых выборок (левая и правая доли) использовался критерий Уилкоксона. При всех методах определялся уровень значимости, p (различия считались достоверными при $p < 0,05$).

Результаты исследования. Эластографическая картина неизменной ЩЖ у всех пациентов контрольной группы характеризовалась окрашиванием паренхимы однородным синим цветом (рисунок).



Эластографическая картина неизменной ЩЖ ребенка в возрасте 7 лет

Для определения вероятных различий значений жесткости паренхимы правой и левой долей нами были проанализированы показатели жесткости паренхимы ЩЖ в каждой доле отдельно у всех 175 участников группы. Были выявлены достоверные различия жесткости правой и левой долей ЩЖ ($p = 0,003$). Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Значение модуля Юнга (Emean, кПа) правой и левой долей неизменной щитовидной железы

Группа	Модуль Юнга, кПа				
	$M \pm m$	медиана	минимальное – максимальное значения	25–75-й про- центыли	σ
Правая доля ($n = 175$)	7,32± 0,15	6,70	3,0–13,3	5,8–8,5	2,0
Левая доля ($n = 175$)	7,66± 0,16	7,20	3,0–13,3	6,0–9,2	2,2

Примечание. $p = 0,003$.

С учетом полученных различий между значениями правой и левой долей показатели были суммированы (350 долей) и получена средняя величина по результатам замеров жесткости у 175 участников в 350 долях. В группе детей с неизменной щитовидной железой, без учета возраста и пола, среднее значение модуля Юнга (Emean) составило $7,49 \pm 0,1$, медиана значения Emean 7,0 кПа, Emax – 13,3 кПа. Полученные данные представлены в табл. 2.

Таблица 2

Значение модуля Юнга (E_{mean} , кПа) паренхимы неизменной щитовидной железы в исследуемой группе детей (175 детей, 350 долей)

Группа	Модуль Юнга, кПа				
	$M \pm m$	медиана	минимальное – максимальное значения	25–75-й проценти	σ
3–18 лет ($n = 175$)	7,49±0,1	7,0	3,0–13,3	5,9–8,8	2,1

Для уточнения возрастных особенностей жесткости неизменной паренхимы все обследованные пациенты были разделены на три группы в соответствии с возрастной периодизацией по А.В. Мазурину, И.М. Воронцову [4]. Подгруппа 1: 3–6 лет ($n = 33$), подгруппа 2: 7–11 лет ($n = 59$), подгруппа 3: 12–17 лет ($n = 83$). Анализ показателей выявил достоверные различия жесткости ЩЖ разных возрастных групп ($p = 0,000$), показатели модуля Юнга с возрастом увеличиваются, что представлено в табл. 3.

Таблица 3

Значение модуля Юнга (E_{mean} , кПа) неизменной ЩЖ в различных возрастных группах

Возрастные группы	Модуль Юнга, кПа				
	$M \pm m$	медиана	минимальное – максимальное значения	25–75-й проценти	σ
3–6 лет ($n = 33$)	5,87±0,12	5,90	3,0–8,9	5,08–6,25	0,97
7–11 лет ($n = 59$)	6,91±0,13	6,75	3,7–10,2	5,90–7,83	1,37
12–18 лет ($n = 83$)	8,54±0,18	8,35	4,2–13,3	6,60–10,30	2,30

Примечание. $p = 0,000$.

Для уточнения гендерных различий в показателях жесткости неизменной паренхимы ЩЖ нами был проведен анализ значений модуля Юнга у девочек ($n = 80$) и мальчиков ($n = 95$). Результаты анализа представлены в табл. 4.

Таблица 4

Значение модуля Юнга (E_{mean} , кПа) неизменной ЩЖ в различных гендерных группах

Группы	Модуль Юнга, кПа				
	$M \pm m$	медиана	минимальное – максимальное значения	25–75-й проценти	σ
Мальчики ($n = 95$)	7,65±0,16	7,40	3,0–13,3	5,90–9,03	2,17
Девочки ($n = 80$)	7,30±0,16	6,80	3,7–13,3	5,93–8,18	2,02

Примечание. $p = 0,170$.

В результате исследования не было установлено достоверных статистически значимых различий значений жесткости в зависимости от пола: медиана E_{mean} у мальчиков – 7,40 кПа, у девочек – 6,80 кПа ($p = 0,170$).

Обсуждение. Актуальность эластографии определена возможностью методики получить количественные характеристики плотности тканей, что дополняет

информацию и делает ее более объективной [2]. При диффузных заболеваниях ткань ЩЖ претерпевает гистологическую трансформацию, изменяются ее эластические свойства и жесткость повышается. Следовательно, эластография является полезным дополнительным диагностическим инструментом в дифференциации нормальной и патологически измененной ткани [2, 10, 19, 25].

Исследования, касающиеся применения эластографии у детей, немногочисленны [2, 8, 11, 18, 19, 25]. В литературных источниках нами найден ряд работ, где изучены возможности применения эластографии сдвиговой волной у детей без заболеваний ЩЖ и пациентов детского возраста, страдающих тиреоидной патологией.

Одно из первых исследований, посвященное изучению ультразвуковой эластографии ЩЖ, в том числе у детей, было опубликовано в 2014 г. отечественными авторами [2]. УЗИ щитовидной железы проведено 195 пациентам, в возрасте от 1,5 до 27 лет без эндокринной патологии. Пациенты были разделены на 8 возрастных категорий: до 3 лет – 35 (17,9%), 4–6 лет – 35 (17,9%), 7–9 лет – 8 (4,1%), 10–12 лет – 9 (4,6%), 13–15 лет – 50 (25,7%), 16–18 лет – 37 (19,0%), 19–21 год – 7 (3,6%), 22–27 лет – 14 (7,2%). Работа выполнена с помощью аппарата Acuson S2000 (Siemens, Германия) с использованием линейного датчика, который устанавливали перпендикулярно. В правой и левой долях железы получено по трем измерениям значения жесткости, показатели обеих долей суммированы, после чего рассчитывали среднее значение в каждой возрастной группе. Для детей в возрасте до 3 лет средняя величина ARFI составила 1,3 м/с (пределы колебаний 0,9–2,3), постепенно увеличиваясь до 2,3 (1,7–3,6) у лиц в возрасте 22 лет и старше (значения считали статистически значимыми при $p < 0,05$). Увеличение показателей у лиц в более старшем возрасте, по мнению исследователей, отражает известные морфологические возрастные изменения железы: уменьшение относительной площади коллоида и увеличение стромально-сосудистого компонента. Отмечено, что с 14–16 лет величина ARFI в обследованной группе практически не меняется, что свидетельствует о достижении зрелости ткани железы в подростковом возрасте.

В исследовании Cristina Mihaela Cerepa et al. [11] группа также включала как детей, так и взрослых. Авторы проводили сравнительную оценку жесткости неизмененной щитовидной железы и железы пациентов с хроническим аутоиммунным тиреоидитом в группе из 150 человек: 100 детей в возрасте 5–18 лет и 50 взрослых участников. В контрольную группу вошли 50 детей без патологии щитовидной железы в возрасте 5–18 лет. Работа выполнена на аппарате Aixplorer Mach 30 (Susersonic Imagine, Экс-ан-Прованс, Франция) линейным датчиком 5–18 МГц. Указано, что все изображения были получены в продольной плоскости, область интереса (ROI) располагалась примерно в середине доли щитовидной железы, всего выполнялось шесть измерений. среднее значение жесткости неизмененной ЩЖ составило $10,41 \pm 2,01$ кПа. Не установлено статистически значимых различий между средними значениями жесткости правой доли $10,50 \pm 2,14$ кПа и левой доли $10,32 \pm 2,22$ кПа ($p < 0,0001$).

Единичные исследования по изучению жесткости неизмененной железы проведены в группе, включающей только детей. По данным Figen Bakırtaş Palabıyık et al., при обследовании 113 здоровых детей в возрасте от 4 до 14 лет в сравнении с 57 детьми, страдающими тиреоидитом, среднее значение $\pm SD$ нормальной паренхимы щитовидной железы составляло $1,8 \pm 0,3$ м/с при медиане

1,85 м/с (диапазон: 1,32–2,37 м/с). Измерения проводили линейным датчиком (7,5–10 МГц) на ультразвуковом аппарате Toshiba Applio 500 (Toshiba, Япония), в правой и левой долях. Оценка щитовидной железы проводилась в положении обследуемого «лежа на спине» в продольной плоскости. У здоровых детей область интереса (ROI) составляла 5×6 мм, а датчик располагали перпендикулярно паренхиме, не захватывая сосуды или окружающие структуры. По результатам пяти измерений в каждой доле определялись значения модуля Юнга в разных возрастных группах. Достоверной разницы скорости сдвиговой волны между правой и левой долями щитовидной железы ($p > 0,05$), а также между девочками и мальчиками ($p > 0,05$) исследователи не установили ($p > 0,05$). Однако выявлена достоверная положительная корреляция между возрастом и значениями скорости сдвиговой волны ($r = 0,390$, $p < 0,001$) [8].

Kandemirli et al. провели сравнительный анализ показателей жесткости двух групп пациентов, первую из которых составили пациенты контрольной группы, вторую – пациенты с диффузными заболеваниями ЩЖ. Среднее значение Eтеан в контрольной группе ($n = 26$) составило 10,6 кПа; IQR 9,0–11,3 кПа ($p < 0,001$) [18].

Исследование E. Uysal et al. [25] предложило среднее значение модуля Юнга $6,38 \pm 1,97$ кПа (3,0–12,5 кПа) $1,45 \pm 0,21$ м/с (диапазон 1,03–2,04 м/с) для правой доли и $8,81 \pm 3,00$ кПа (диапазон 3,80–22,6 кПа) и $1,69 \pm 0,26$ м/с (диапазон 1,13–2,68 м/с) для левой доли в качестве стандартного значения неизменной щитовидной железы. Группа включала 107 здоровых детей в возрасте 3–17 лет, 52 мальчика и 55 девочек. Значения эластичности измерялись в трех разных местах обеих долей щитовидной железы и усреднены. Достоверной разницы между показателями эластичности у мальчиков и девочек не выявлено. В то же время наблюдалась положительная корреляция между средней эластичностью правой доли щитовидной железы и возрастом обследуемых.

В работе M. Hazem et al. [19] оценивалась жесткость щитовидной железы у 74 пациентов с диффузными заболеваниями железы и 20 здоровых пациентов в возрасте от 10 лет до 18,4 года. Работа проводилась с использованием аппарата Toshiba Xario 200 platinum (Токио, Япония). Линейный датчик (частота 3–11 МГц) использовался для серошкального и доплеровского исследования, а конвексный (3,5–5 МГц) – для эластографии. Проводилось пять измерений каждой доли, ROI 5 мм, в поперечной и продольной плоскостях, при этом средние значения были рассчитаны как для каждой доли, так и для обеих долей. В ходе работы статистически значимой разницы при сравнении средних значений правой и левой долей щитовидной железы не установлено: $10,72 \pm 1,93$ кПа правая и $11,08 \pm 1,63$ кПа левая ($p > 0,05$). Среднее значение жесткости (обеих долей) в группе здоровых детей составило $10,9 \pm 1,78$ кПа, максимальное значение $13,11 \pm 1,92$ кПа.

В ходе исследований получены разные результаты жесткости неизменной паренхимы у детей: контрольные группы разнородны и, в основном, немногочисленны, проводилось разное количество замеров жесткости в разных плоскостях, исследовательские работы проведены на разных приборах, разными датчиками. Однако все исследователи отмечают увеличение показателей жесткости с возрастом (что объясняется морфологическими возрастными изменениями железы) и отсутствие статистически значимых различий жесткости щитовидной железы мальчиков и девочек.

Попытка найти наиболее корректный подход к проведению ЭСВ была принята I. Sporea et al. [24]. Исследователи сравнили значения модуля Юнга,

полученные при пяти и десяти измерениях в каждой доле, в том числе с учетом использования линейного или конвексного датчиков. Достоверных различий значений жесткости во всех сравниваемых ситуациях получено не выявлено.

Принимая во внимание опыт большинства исследовательских групп [8, 19, 24, 25], мы также проводили пять замеров жесткости каждой доли, получив показатели жесткости как для каждой доли, так и для обеих долей. В своей работе применяли только линейный датчик с частотой 5–18 МГц, согласно положением Всемирных рекомендаций по эластографии 2015 [1, 12, 13].

Результаты нашей работы близки к таковым у E. Uysal et al.: среднее значение жесткости неизменной железы правой доли составило в нашем исследовании $7,32 \pm 0,15$ кПа (в работе E. Uysal et al. – $6,38 \pm 1,97$ кПа), левой доли $7,30 \pm 0,16$ кПа (в работе E. Uysal et al. – $8,81 \pm 3,00$ кПа).

Анализ наших данных установил достоверные различия жесткости правой и левой долей, что отличает полученные нами результаты от данных других групп. Однако мы также проследили достоверное увеличение показателей модуля Юнга у лиц с увеличением возраста, отсутствие гендерных различий жесткости.

По нашему мнению, в дальнейшей отработке нуждается сама методика в соответствии с требованием единообразия: принципиален выбор датчика, плоскости сканирования и количества проводимых замеров.

Заключение. Эластография сдвиговой волной может успешно применяться у педиатрических пациентов. Полученные значения модуля Юнга могут использоваться для дифференциации диффузных патологических изменений ткани щитовидной железы.

Литература

1. Борсуков А.В. Комментарии и обсуждение Всемирных рекомендаций 2015 года по эластографии щитовидной железы // Эндокринная хирургия. 2017. Т. 11, № 2. С. 61–69. DOI: 10.14341/serg-2017261-69.
2. Делягин В.М., Феоктистова Е.В., Изотова О.Ю., Уразбагамбетов А. Применение ARFI-эластографии для оценки жесткости паренхимы щитовидной железы у детей, подростков и молодых взрослых // Медицинская визуализация. 2014. № 5. С. 130–133.
3. Касаткина Э.П. Актуальные проблемы тиреоидологии: профилактика йоддефицитных заболеваний // Проблемы Эндокринологии. 2006. Т. 52(6). С. 30–33. DOI: <https://doi.org/10.14341/probl200652630-33>.
4. Мазурин А.В., Воронцов М.И. Пропедевтика детских болезней. М.: Медицина, 1985. 432 с.
5. Митьков В.В., Митькова М.Д. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2015. Т. 2. С. 94–108.
6. Пыков М.И., Кузьмина Н.Е., Кинзерский А.Ю. Изучение нормальных показателей жесткости печени у детей с использованием метода эластометрии сдвиговой волной // Педиатрия. Журнал имени Г.Н. Сперанского. 2017. № 4. С. 63–69.
7. Andersen S.B., Ewertsen C., Carlsen J.F., Henriksen B.M., Nielsen M.B. Ultrasound Elastography Is Useful for Evaluation of Liver Fibrosis in Children-A Systematic Review. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.*, 2016, vol. 63(4), pp. 389–399. DOI: <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001171>.
8. Bakırtaş Palabıyık F., İnci E., Papatya Çakır E.D., Hocaoglu E. Evaluation of Normal Thyroid Tissue and Autoimmune Thyroiditis in Children Using Shear Wave Elastography. *Journal of clinical research in pediatric endocrinology*, 2019, vol. 11(2), pp. 132–139. DOI: <https://doi.org/10.4274/jcrpe.galenos.2018.2018.0137>.
9. Bamber J., Cosgrove D., Dietrich C.F., Fromageau J., et al. EfsUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: Basic principles and technology. *Ultraschall Med.*, 2013, vol. 34, pp. 169–184. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0033-1335205>.
10. Cantisani V., Lodise P., Grazhdani H., Mancuso E. et al. Ultrasound elastography in the evaluation of thyroid pathology. Current status, *Eur. J. Radiol.*, 2014, vol. 83(3), pp. 420–428. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2013.05.008>.
11. Cepeha C.M., Paul C., Borlea A., Fofiu R. et al. Shear-Wave Elastography – Diagnostic Value in Children with Chronic Autoimmune Thyroiditis. *Diagnostics (Basel)*, 2021, vol. 11, p. 248. DOI: 10.3390/diagnostics11020248.

12. Cosgrove D., Barr R., Bojunga J. et al. WFUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Ultrasound Elastography: Part 4. Thyroid. *Ultrasound Med Biol.*, 2017, vol. 43(1), pp. 4–26. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2016.06.022.
13. Cosgrove D., Piscaglia F., Bamber J., Bojunga J. et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 2: Clinical applications. *Ultraschall Med.*, 2013, vol. 34, pp. 238–253. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0033-1335375>.
14. Dietrich C.F., Bamber J., Berzigotti A., Bota S. et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of liver ultrasound elastography, update 2017 (long version). *Ultraschall Med.*, 2017, vol. 38, e16–e47. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0043-103952>.
15. Dietrich C.F., Bamber J., Berzigotti A., Bota S. et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of liver ultrasound elastography, update 2017 (short version). *Ultraschall Med.*, 2017, vol. 38, pp. 377–394. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0043-103955>.
16. Dietrich C.F., Sirli R., Ferraioli G., Popescu A. et al. Current Knowledge in Ultrasound-Based Liver Elastography of Pediatric Patients. *Appl. Sci.*, 2018, vol. 8, p. 944. DOI: <https://doi.org/10.3390/app8060944>.
17. Dietrich C.F., Ferraioli G., Sirli R., Popescu A. et al. General advice in ultrasound based elastography of pediatric patients. *Med Ultrason.*, 2019, vol. 21(3), pp. 315–326. DOI: <https://doi.org/10.11152/mu-2063>.
18. Kandemirli S.G., Bayramoglu Z., Caliskan E. et al. Quantitative assessment of thyroid gland elasticity with shear-wave elastography in pediatric patients with Hashimoto's thyroiditis. *J Med Ultrasonics*, 2018, vol. 45, pp. 417–423. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10396-018-0859-0>.
19. Mohammed Hazem, Ibrahim Khalid Al Jabr, Abdulwahab A. AlYahya, Ahmed Gaber Hasanein, Hisham A. Elghany Algahlan. Reliability of shear wave elastography in the evaluation of diffuse thyroid diseases in children and adolescents. *European Journal of Radiology*, 2021, vol. 143, 109942. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2021.109942>.
20. Pawluś A., Sokołowska-Dąbek D., Szymańska K., Inglot M.S., Zaleska-Dorobisz U. Ultrasound Elastography – Review of Techniques and Its Clinical Applications in Pediatrics – Part 1. *Adv Clin Exp Med.*, 2015, vol. 24(3), pp. 537–543. DOI: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26467146>.
21. Perez-Montiel M.D., Suster S. The spectrum of histologic changes in thyroid hyperplasia: a clinicopathologic study of 300 cases. *Hum. Pathol.*, 2008, vol. 39, no. 7, pp. 1080–1087. DOI: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18495207>.
22. Pykov M., Kuzmina N., Rostovtsev N., Kinzersky A. Elastometry Indices of Unchanged Liver in Healthy Children. In: *Ultrasound Elastography*. London, United Kingdom, IntechOpen, 2019 [Online]. Available at: <https://www.intechopen.com/chapters/68142>. DOI: 10.5772/intechopen.88004.
23. Shiina T., Nightingale K.R., Palmeri M.L., Hall T.J. et al. Wfumb guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 1: Basic principles and terminology. *Ultrasound Med. Biol.*, 2015, vol. 41, pp. 1126–1147.
24. Sporea I., Sirli R., Bota S et al. ARFI elastography for the evaluation of diffuse thyroid gland pathology: Preliminary results. *World J. Radiol.*, 2012, vol. 28, no. 4, pp. 174–178.
25. Uysal E., Öztürk M. Quantitative Assessment of Thyroid Glands in Healthy Children with Shear Wave Elastography. *Ultrasound Q.*, 2019, vol. 35, pp. 297–300.
26. Zaleska-Dorobisz U., Pawluś A., Szymańska K., Łasecki M., Ziajkiewicz M. Ultrasound Elastography – Review of Techniques and Its Clinical Applications in Pediatrics – Part 2. *Adv Clin Exp Med.*, 2015, vol. 24(4), pp. 725–730. DOI: <https://doi.org/10.17219/acem/34581>.

ПЫКОВ МИХАИЛ ИВАНОВИЧ – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики детского возраста, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Россия, Москва (pykov@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3731-6263>).

КУЗЬМИНА НАТАЛЬЯ ЕВГЕНЬЕВНА – кандидат медицинских наук, врач лучевой диагностики, Челябинская областная детская клиническая больница, Россия, Челябинск (k-natalya@inbox.ru).

РОСТОВЦЕВ НИКОЛАЙ МИХАЙЛОВИЧ – кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей и детской хирургии, Южно-Уральский государственный медицинский университет; заместитель главного врача по хирургии, Челябинская областная детская клиническая больница, главный детский хирург Челябинской области, Россия, Челябинск (rostovcevm@mail.ru).

Mikhail I. PYKOV, Natalia E. KUZMINA, Nikolay M. ROSTOVTSSEV

THYROID ELASTOGRAPHY IN CHILDREN

Key words: ultrasound diagnostics, shear wave elastography, thyroid gland, children.

The aim of the research was to study the stiffness of an unchanged thyroid gland using shear wave elastography with elastometry in children in different gender and age groups. 175 children with normal hormonal status aged from 3 to 17 were examined, 80 of them were girls and 95 boys. All children underwent ultrasound examination of the thyroid gland in the "supine" position of the examinees, supplemented by two-dimensional shear wave elastography on Aixplorer apparatus (Supersonic Imagine, France) using a linear sensor in the frequency range of 5-18 MHz. Five measurements of Young's modulus value of the right and left lobes of the thyroid gland were carried out. Using Multi Q-box software, the following values of Young's modulus (E) for each fraction were automatically determined: the mean (E_{mean}), the maximum (E_{max}), the minimum (E_{min}), the standard deviation (SD). The study established a statistically significant increase in thyroid stiffness values in children with increasing age, statistically significant differences in the stiffness of thyroid right and left lobes ($p = 0.003$), the absence of gender differences in thyroid stiffness (median E_{mean} in boys – 7.40 kPa, in girls – 6.80 kPa; $p = 0.170$). The technique of shear wave elastography that is offered by the authors can become an additional diagnostic tool in assessing the condition of the thyroid gland in children. The established values of thyroid tissue stiffness in children of different age groups can be recommended to be used for the purpose of timely diagnosis of thyroid pathology.

References

1. Borsukov A. Comments and discussion on the thyroid gland elastography World Recommendations 2015. *Endocrine Surgery*, 2017, vol. 11, pp. 61–69. DOI: 10.14341/serg2017261-69.
2. Delyagin V.M., Feoktistova E.V., Izotova O.Yu., Urazbagambetov A. *Primenenie ARFI-elastografii dlya otsenki zhestkosti parenkhimy shchitovidnoi zhelezy u detei, podrostkov i molodykh vzroslykh* [Application ARFI-elastography to Assess Stiffness Thyroid Parenchyma in Children, Adolescents and Young Adults]. *Meditinskaya vizualizatsiya*, 2014, no. 5, pp. 130–133.
3. Kasatkina E.P. *Aktual'nye problemy tireoidologii: profilaktika iodefitsitnykh zabolevanii* [Actual problems of thyroidology: prevention of iodine deficiency diseases]. *Problemy Endokrinologii*, 2006, vol. 52(6), pp. 30–33. DOI: <https://doi.org/10.14341/probl200652630-33>.
4. Mazurin A.V., Vorontsov M.I. *Propedevtika detskikh boleznei* [Propaedeutics of childhood diseases]. Moscow, Meditsina Publ., 1985, 432 p.
5. Mit'kov V.V., Mit'kova M.D. *Ul'trazvukovaya elastografiya sdvigovoi volnoi* [Ultrasonic shear wave elastography]. *Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika*, 2015, vol. 2, pp. 94–108.
6. Pykov M.I., Kuz'mina N.E., Kinzerskii A.Yu. *Izuchenie normal'nykh pokazatelei zhestkosti pecheni u detei s ispol'zovaniem metoda elastometrii sdvigovoi volnoi* [Study of normal liver stiffness in children using the shear wave elastometry method]. *Pediatrics. Zhurnal imeni G.N. Speranskogo*, 2017, no. 4, pp. 63–69.
7. Andersen S.B., Ewertsen C., Carlsen J.F., Henriksen B.M., Nielsen M.B. Ultrasound Elastography is Useful for Evaluation of Liver Fibrosis in Children-A Systematic Review. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.*, 2016, vol. 63(4), pp. 389–399. DOI: <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001171>.
8. Bakırtaş Palabıyık F., İnci E., Papatya Çakır E.D., Hocaoglu E. Evaluation of Normal Thyroid Tissue and Autoimmune Thyroiditis in Children Using Shear Wave Elastography. *Journal of clinical research in pediatric endocrinology*, 2019, vol. 11(2), pp. 132–139. DOI: <https://doi.org/10.4274/jcr-pe.galenos.2018.2018.0137>.
9. Bamber J., Cosgrove D., Dietrich C.F., Fromageau J. et al. EfsUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: Basic principles and technology. *Ultraschall Med.*, 2013, vol. 34, pp. 169–184. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0033-1335205>.
10. Cantisani V., Lodise P., Grazhdani H., Mancuso E. et al. Ultrasound elastography in the evaluation of thyroid pathology. Current status, *Eur. J. Radiol.*, 2014, vol. 83(3), pp. 420–428. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2013.05.008>.
11. Cepeha C.M., Paul C., Borlea A., Fofiu R. et al. Shear-Wave Elastography – Diagnostic Value in Children with Chronic Autoimmune Thyroiditis. *Diagnostics (Basel)*, 2021, vol. 11, p. 248. DOI: 10.3390/diagnostics11020248.
12. Cosgrove D., Barr R., Bojunga J. et al. WFUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Ultrasound Elastography: Part 4. Thyroid. *Ultrasound Med Biol.*, 2017, vol. 43(1), pp. 4–26. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2016.06.022.
13. Cosgrove D., Piscaglia F., Bamber J., Bojunga J. et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 2: Clinical applications. *Ultraschall Med.*, 2013, vol. 34, pp. 238–253. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0033-1335375>.

14. Dietrich C.F., Bamber J., Berzigotti A., Bota S. et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of liver ultrasound elastography, update 2017 (long version). *Ultraschall Med.*, 2017, vol. 38, e16–e47. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0043-103952>.
15. Dietrich C.F., Bamber J., Berzigotti A., Bota S. et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of liver ultrasound elastography, update 2017 (short version). *Ultraschall Med.*, 2017, vol. 38, pp. 377–394. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0043-103955>.
16. Dietrich C.F., Sirlin R., Ferraioli G., Popescu A. et al. Current Knowledge in Ultrasound-Based Liver Elastography of Pediatric Patients. *Appl. Sci.*, 2018, vol. 8, p. 944. DOI: <https://doi.org/10.3390/app8060944>.
17. Dietrich C.F., Ferraioli G., Sirlin R., Popescu A. et al. General advice in ultrasound based elastography of pediatric patients. *Med Ultrason.*, 2019, vol. 21(3), pp. 315–326. DOI: <https://doi.org/10.11152/mu-2063>.
18. Kandemirli S.G., Bayramoglu Z., Caliskan E. et al. Quantitative assessment of thyroid gland elasticity with shear-wave elastography in pediatric patients with Hashimoto's thyroiditis. *J Med Ultrasonics*, 2018, vol. 45, pp. 417–423. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10396-018-0859-0>.
19. Mohammed Hazem, Ibrahim Khalid Al Jabr, Abdulwahab A. AlYahya, Ahmed Gaber Hassanein, Hisham A. Elghany Algahlan. Reliability of shear wave elastography in the evaluation of diffuse thyroid diseases in children and adolescents. *European Journal of Radiology*, 2021, vol. 143, 109942. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2021.109942>.
20. Pawluś A., Sokołowska-Dąbek D., Szymańska K., Inglot M.S., Zaleska-Dorobisz U. Ultrasound Elastography – Review of Techniques and Its Clinical Applications in Pediatrics – Part 1. *Adv Clin Exp Med.*, 2015, vol. 24(3), pp. 537–543. DOI: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26467146>.
21. Perez-Montiel M.D., Suster S. The spectrum of histologic changes in thyroid hyperplasia: a clinicopathologic study of 300 cases. *Hum. Pathol.*, 2008, vol. 39, no. 7, pp. 1080–1087. DOI: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18495207>.
22. Pykov M., Kuzmina N., Rostovtsev N., Kinzersky A. Elastometry Indices of Unchanged Liver in Healthy Children. In: *Ultrasound Elastography*. London, United Kingdom, IntechOpen, 2019 [Online]. Available at: <https://www.intechopen.com/chapters/68142>. DOI: 10.5772/intechopen.88004.
23. Shiina T., Nightingale K.R., Palmeri M.L., Hall T.J. et al. Wfumb guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 1: Basic principles and terminology. *Ultrasound Med. Biol.*, 2015, vol. 41, pp. 1126–1147.
24. Sporea I., Sirlin R., Bota S. et al. ARFI elastography for the evaluation of diffuse thyroid gland pathology: Preliminary results. *World J. Radiol.*, 2012, vol. 28, no. 4, pp. 174–178.
25. Uysal E., Öztürk M. Quantitative Assessment of Thyroid Glands in Healthy Children with Shear Wave Elastography. *Ultrasound Q.*, 2019, vol. 35, pp. 297–300.
26. Zaleska-Dorobisz U., Pawluś A., Szymańska K., Łasecki M., Ziarkiewicz M. Ultrasound Elastography – Review of Techniques and Its Clinical Applications in Pediatrics – Part 2. *Adv Clin Exp Med.*, 2015, vol. 24(4), pp. 725–730. DOI: <https://doi.org/10.17219/acem/34581>.

MIKHAIL I. PYKOV – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Pediatric Radiology, Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Russia, Moscow (pykov@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3731-6263>).

NATALIA E. KUZMINA – Candidate of Medical Sciences, Doctor of Radiation Diagnostics, Chelyabinsk Regional Children Clinical Hospital, Russia, Chelyabinsk (k-natalya@inbox.ru).

NIKOLAY M. ROSTOVTSSEV – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of General and Pediatric Surgery, South Ural State Medical University; Deputy Chief Physician for Surgery, Chelyabinsk Regional Children's Clinical Hospital, Chief Pediatric Surgeon of the Chelyabinsk Region, Russia, Chelyabinsk (rostovcevm@mail.ru).

Формат цитирования: Пыков М.И., Н.Е. Кузьмина, Ростовцев Н.М. Эластография щитовидной железы у детей [Электронный ресурс] // *Acta medica Eurasica*. – 2022. – № 3. – С. 36–46. – URL: <http://acta-medica-eurasica.ru/single/2022/3/5>. DOI: 10.47026/2413-4864-2022-3-36-46.