

DOI: 10.17650/1818-8346-2022-17-1-95-103



Возможности ультразвуковой эластографии в диагностике лимфопролиферативных изменений поверхностных лимфатических узлов

Е.В. Ковалева¹, Т.Ю. Данзанова^{1,2}, Г.Т. Синюкова¹, Е.А. Гудилина¹, П.И. Лепэдату¹, П.А. Зейналова³

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России; Россия, 115478 Москва, Каширское шоссе, 24;

²ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; Россия, 117997 Москва, ул. Островитянова, 1;

³Клинический госпиталь «Лапино» группы компаний «Мать и дитя»; Россия, 143081 Московская обл., д. Лапино, 1-е Успенское шоссе, 111

Контакты: Екатерина Вячеславовна Ковалева ek.v.kovaleva@gmail.com

Цель исследования – оценить возможности компрессионной ультразвуковой эластографии (КЭГ) в режиме eSie Touch и качественной ультразвуковой эластографии сдвиговой волной с использованием технологии ARFI (Acoustic Radiation Force Impulse), представленной приложением Virtual Touch™ Tissue Imaging (VTI), в диагностике лимфо-пролиферативного поражения поверхностных лимфатических узлов (ЛУ).

Материалы и методы. В проспективное исследование были включены 168 пациентов с увеличенными поверхностными ЛУ. На основании предварительной гистологической верификации пациенты были разделены на 3 группы: 1-я ($n = 108$) – первичные пациенты с лимфо-пролиферативными заболеваниями; 2-я ($n = 30$) – пациенты с метастатическим поражением поверхностных ЛУ; 3-я ($n = 30$) – пациенты с реактивными изменениями поверхностных ЛУ. Всем пациентам выполнена КЭГ и эластография сдвиговой волной в режимах eSie Touch и VTI соответственно. Полученные цветовые эластограммы при КЭГ оценивали с помощью 4-ступенчатой классификации, при исследовании эластических свойств измененных ЛУ с применением VTI – на основании 6-ступенчатой классификации.

Результаты. Данные, зафиксированные при КЭГ: для реактивной лимфаденопатии были характерны эластотипы 1 и 2 с преобладанием эластичной структуры в 90,0 % случаев. У больных лимфомами чаще определялся эластотип 3 (58,3 %). Самыми жесткими ЛУ с эластотипом 4 оказались ЛУ с метастатической трансформацией, выявленные у 66,7 % больных данной группы. При оценке результатов, полученных при VTI, выявлено, что самая жесткая структура характерна для метастатической лимфаденопатии (эластотипы 5–6 в 63,3 % случаев). Лимфомы обладали промежуточной степенью жесткости (эластотипы 3–4 в 81,5 % случаев). Наиболее низкими показателями эластичности обладали ЛУ с реактивными изменениями (эластотипы 1–2 в 73,4 % случаев).

Заключение. Качественная оценка жесткости измененных поверхностных ЛУ как с помощью КЭГ, так и при исследовании в режиме VTI продемонстрировала статистически достоверные различия в частоте встречаемости различных типов эластограмм поверхностных ЛУ с лимфо-пролиферативными, метастатическими реактивными изменениями, что позволяет более точно проводить дифференциальную диагностику между данными нозологиями.

Ключевые слова: ультразвуковая эластография, компрессионная эластография, ARFI, лимфома, лимфатический узел

Для цитирования: Ковалева Е.В., Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т. и др. Возможности ультразвуковой эластографии в диагностике лимфо-пролиферативных изменений поверхностных лимфатических узлов. Онкогематология 2022;17(1): 95–103. DOI: 10.17650/1818-8346-2022-17-1-95-103.

The possibilities of ultrasound elastography in diagnostics of lymphomatous changes of superficial lymph nodes

E. V. Kovaleva¹, T. Yu. Danzanova^{1,2}, G. T. Sinyukova¹, E. A. Gudilina¹, P. I. Lepedatu¹, P. A. Zeynalova³

¹N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of Russia; 24 Kashirskoe Shosse, Moscow 115478, Russia;

²N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia; 1 Ostrovityanova St., Moscow 117997, Russia;

³Clinical Hospital “Lapino” of the “Mother and Child” Group of companies; 111 1st Uspenskoe Shosse, Lapino, Moscow region 143081, Russia

Contacts: Ekaterina Vyacheslavovna Kovaleva ek.v.kovaleva@gmail.com

Objective: to evaluate the possibilities of strain elastography (SE) in eSie Touch mode and shear wave elastography (SWE) with ARFI (Acoustic Radiation Force Impulse) technology in Virtual Touch™ Tissue Imaging (VTI) for diagnostics lymphomatous superficial lymph nodes (LN).

Materials and methods. The prospective study included 168 patients with enlarged superficial LN. Based on a previous histological examination, patients were divided into three groups: group 1 ($n = 108$) – patients with lymphomas; group 2 ($n = 30$) – patients with metastatic superficial LN; group 3 ($n = 30$) – patients with reactive (inflammatory) changes in superficial LN. All patients underwent SE and SWE elastography of the enlarged LN using eSie Touch and VTI modes respectively.

Results. The SE data: reactive LN was characterized by elastotypes 1 and 2 with a predominance of elastic structure in 90.0 % of cases. In patients with lymphomas, the elastotype 3 was more often determined (58.3 %). The stiffest LN with the elastotype 4 were metastatic LN, detected in 66.7 % of patients from this group. The results of VTI elastography showed that the stiffest structure is typical for metastatic LN (elastotypes 5–6 in 63.3 % of cases). Lymphomas had an intermediate degree of stiffness (elastotypes 3–4 in 81.5 % of cases). The lowest indicators of elasticity were found in patients with reactive LN (elastotypes 1–2 in 73.4 % of cases).

Conclusion. The qualitative assessment of superficial LN stiffness, both using SE and VTI elastography, demonstrated statistically significant differences in the frequency of various types of superficial LN elastograms with lymphomatous, metastatic and reactive changes, which allows for more accurate differential diagnosis between these types of lymphadenopathy.

Key words: ultrasound elastography, strain elastography, ARFI, lymphomas, lymph node

For citation: Kovaleva E.V., Danzanova T.Yu., Sinyukova G.T. et al. The possibilities of ultrasound elastography in diagnostics of lymphomatous changes of superficial lymph nodes. *Onkogematologiya = Oncohematology* 2022;17(1):95–103. (In Russ.). DOI: 10.17650/1818-8346-2022-17-1-95-103.

Введение

Увеличение и изменение структуры поверхностных лимфатических узлов (ЛУ) могут быть вызваны многими причинами. При выявлении данной патологии необходимо в кратчайшие сроки исключить злокачественный процесс. Генерализованная лимфаденопатия часто встречается при лимфопролиферативных заболеваниях. В России в 2018 г. заболеваемость злокачественными новообразованиями лимфатической и кроветворной тканей составила 20 случаев на 100 тыс. населения. За последние 10 лет отмечен прирост лимфопролиферативных заболеваний на 22,7 % [1].

Лимфомы характеризуются лимфатическими (нодальными) и экстралимфатическими (экстранодальными, органными) поражениями. К лимфатическим относят поражения ЛУ и лимфатических структур — Вальдейерова кольца (нёбных, трубных, глоточной и язычной миндалин), селезенки, вилочковой железы, червеобразного отростка, пейеровых бляшек. К экстралимфатическим относят поражения костного мозга, центральной нервной системы, орбиты (конъюнктивы, слезных желез, мягких тканей), слюнных желез, легких, плевры, желудочно-кишечного тракта, печени, почек, надпочечников, мочеточников, половых и других органов [2].

В связи с вероятностью полифокального поражения современная диагностика лимфопролиферативных заболеваний представляет собой мультидисциплинарный подход, включающий последовательное применение различных методов лучевой визуализации. Наиболее распространенным методом обнаружения и первоначальной дифференциации измененных ЛУ является ультразвуковое исследование, которое за последнее время обогатилось новыми технологиями,

такими как компрессионная эластография (КЭГ) и эластография сдвиговой волной. КЭГ представляет собой качественную оценку жесткости за счет ручной компрессии датчиком исследуемых структур с последующим получением цветовых эластограмм. Технология ARFI (Acoustic Radiation Force Impulse), представленная приложением Virtual Touch™ Tissue Imaging (VTI), также позволяет качественно изучить эластографические свойства. Суть данной технологии заключается в том, что ультразвуковой датчик генерирует сфокусированные высокоинтенсивные кратковременные акустические импульсы и отслеживает их распространение с последующим формированием серошкальной эластограммы [3]. В настоящее время в мире недостаточно изучено применение этих технологий в дифференциальной диагностике измененных поверхностных ЛУ.

Цель исследования — оценить возможности КЭГ в режиме eSie Touch и качественной ультразвуковой эластографии сдвиговой волной с использованием технологии ARFI, представленной приложением VTI, в диагностике лимфопролиферативного поражения поверхностных ЛУ.

Материалы и методы

На базе НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина с 2018 по 2020 г. было проведено проспективное исследование, включившее 168 пациентов с увеличенными поверхностными ЛУ. На основании предварительной гистологической верификации все пациенты были разделены на 3 группы: 1-я ($n = 108$) — первичные пациенты с лимфопролиферативными заболеваниями; 2-я ($n = 30$) — пациенты с метастатическим поражением поверхностных ЛУ; 3-я ($n = 30$) — пациенты с реактивными

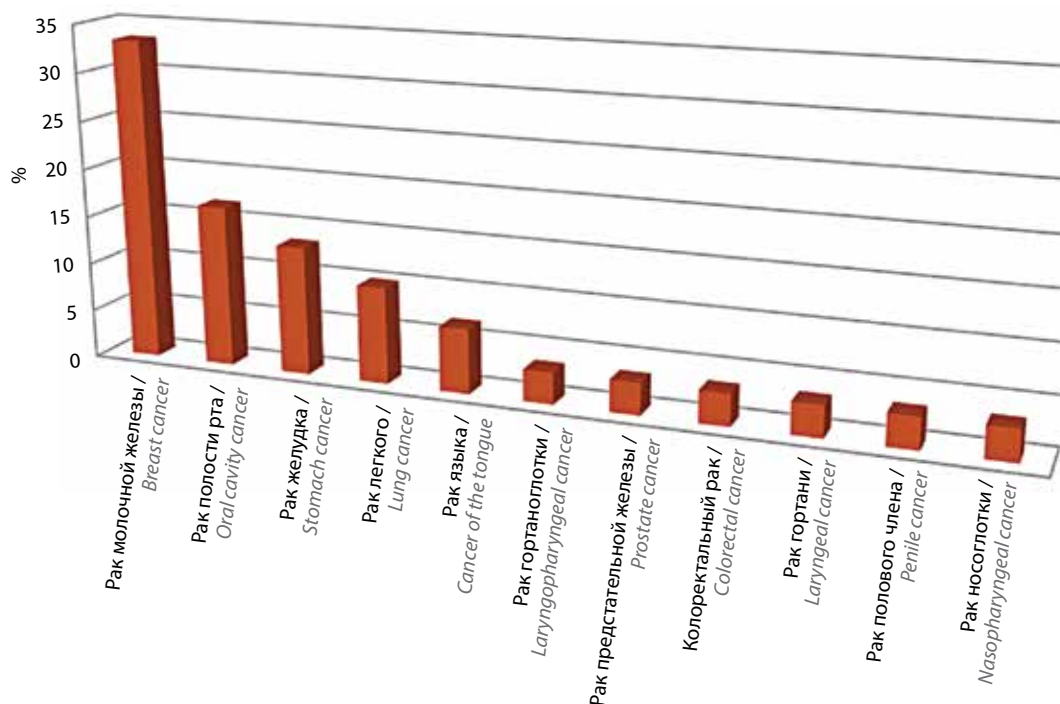


Рис. 1. Локализация первичных эпителиальных опухолей с метастазами в поверхностных лимфатических узлах у больных 2-й группы
Fig. 1. Localization of the primary tumor with metastasis in superficial LN in patients from group 2

изменениями поверхностных ЛУ. В 1-ю группу включены 72 (66,7 %) больных лимфомой Ходжкина и 36 (33,3 %) больных неходжкинскими лимфомами. Во 2-ю группу — пациенты с метастазами эпителиальных опухолей в поверхностных ЛУ. У 33,3 % пациентов данной группы измененные ЛУ были представлены метастазами рака молочной железы (рис. 1). Эпителиальные опухоли более чем в половине случаев (53,0 %) соответствовали аденокарциноме.

Средний возраст пациентов 1-й группы составил $38,3 \pm 14,0$ года, 2-й группы — $49,4 \pm 12,9$ года, 3-й группы — $34,8 \pm 10,9$ года. Выявлены достоверные различия в возрасте больных между 1-й и 2-й группами ($p = 0,0001$) и между 2-й и 3-й группами ($p = 0,00002$).

Ультразвуковые исследования выполняли на аппарате Siemens Acuson S2000, оснащенном технологиями КЭГ (приложение eSie Touch) и точечной эластографии сдвиговой волной ARFI, представленного приложением VTI, с использованием высокочастотных линейных датчиков с частотой 4–9 МГц.

Предварительно с помощью стандартного ультразвукового исследования в В-режиме выявляли наиболее оптимальные для проведения ультразвуковой эластографии измененные поверхностно расположенные ЛУ. Выбор таргетных ЛУ осуществляли на основании соответствия нескольким признакам:

- увеличение размеров;
- гипоехогенная структура, без гиперэхогенного синуса;
- неравномерное утолщение коркового вещества с деформированным гиперэхогенным синусом;
- расположение на расстоянии не менее 1 см от сосудистых структур.

Полученные при КЭГ эластограммы оценивали по 4-ступенчатой классификации качественных характеристик, предложенной М.К. Furukawa и соавт. в 2007 г. [4] (рис. 2). Жесткость тканей на экране отображалась различными цветами — синим (жесткая ткань), зеленым (умеренно жесткая ткань) и красным (эластичная ткань).

Серошкальные эластограммы, полученные при исследовании в режиме VTI, оценивали по 6-ступенчатой классификации, предложенной F. Zhang и соавт. (2017) [5]:

- тип 1 — гомогенная белая структура (эластичная) с единичными мелкими вкраплениями черного цвета;
- тип 2 — большая часть белого цвета с маленькими участками черного;
- тип 3 — одинаковое количество белых и черных участков;
- тип 4 — большая часть черного цвета с маленькими участками белого;
- тип 5 — гомогенная черная структура (жесткая) с единичными мелкими вкраплениями белого цвета;
- тип 6 — полностью черная структура (жесткая).

Результаты

Для пациентов с лимфомами характерна распространенная лимфаденопатия с множественным синхронным поражением (в 87 % случаев). Метастазы выявляли в зонах регионарного лимфооттока от первичной опухоли. Преимущественное поражение подмышечной области в 33,4 % случаев наблюдалось за счет преобладания больных раком молочной

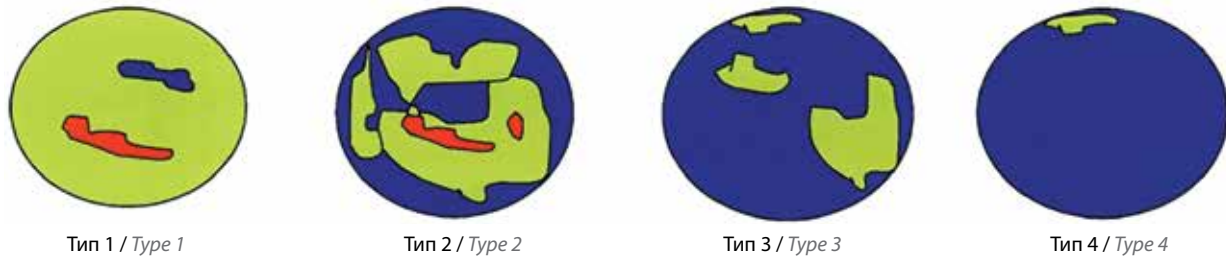


Рис. 2. Четырехступенчатая система качественной оценки результатов компрессионной эластографии лимфатических узлов по М.К. Furukawa и соавт. (2007) [4]

Fig. 2. Four-stage elastographic scale of SE used to assess LN according to M.K. Furukawa et al. (2007) [4]

железы. Для реактивных изменений ЛУ частой локализацией являлись подчелюстная и паховая области (в 33,3 и 30,0 % случаев соответственно), что связано с близостью локализаций зон хронического воспаления.

При КЭГ выявлены достоверные различия между исследуемыми группами по частоте встречаемости эластотипов (рис. 3, 4).

Для реактивной лимфаденопатии были характерны эластотипы 1 и 2 с преобладанием эластичной структуры в 90,0 % случаев ($p < 0,001$). У 58,3 % больных лимфомами чаще определялся эластотип 3, что достоверно чаще, чем при реактивных и метастатических изменениях ($p = 0,00001$). Самыми жесткими ЛУ, характеризующимися эластотипом 4, оказались ЛУ с метастатической трансформацией, выявленные у 66,7 % ($n = 20$) больных данной группы, что достоверно чаще по сравнению с 1-й и 3-й группами ($p = 0,00001$ в обоих случаях).

Для оценки серошальных эластограмм, полученных при качественной эластографии сдвиговой волной в режиме VTI, применяли 6-ступенчатую классификацию. Получены различия в эластотипах между всеми исследуемыми группами с высокими значениями индекса достоверности ($p < 0,01$) (рис. 5).

Наиболее жесткая структура ЛУ, характерная для эластотипов 5–6, выявлена при метастатической трансформации у 63,3 % ($n = 19$) больных (рис. 6). Промежуточной степенью жесткости (эластотипы 3–4) обладали ЛУ с лимфопролиферативными изменениями в 81,5 % ($n = 88$) случаев (рис. 7). Самые низкие показатели эластичности (эластотипы 1–2) зафиксированы у 22 (73,4 %) пациентов с реактивными изменениями поверхностных ЛУ.

Финальным этапом исследования стала оценка показателей информативности КЭГ и эластографии сдвиговой волной в режиме VTI в выявлении лимфопролиферативного поражения поверхностных ЛУ (табл. 1)

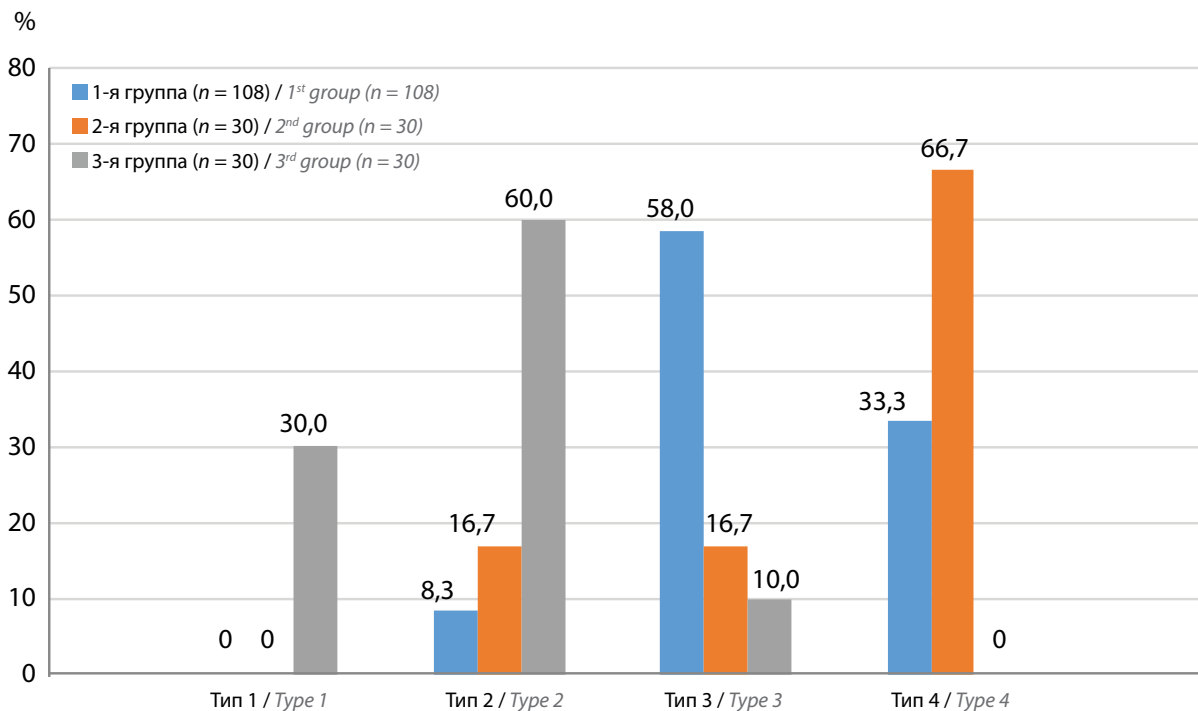


Рис. 3. Распределение пациентов исследуемых групп в зависимости от частоты встречаемости эластотипов при компрессионной ультразвуковой эластографии измененных лимфатических узлов

Fig. 3. SE elastotypes between investigated groups

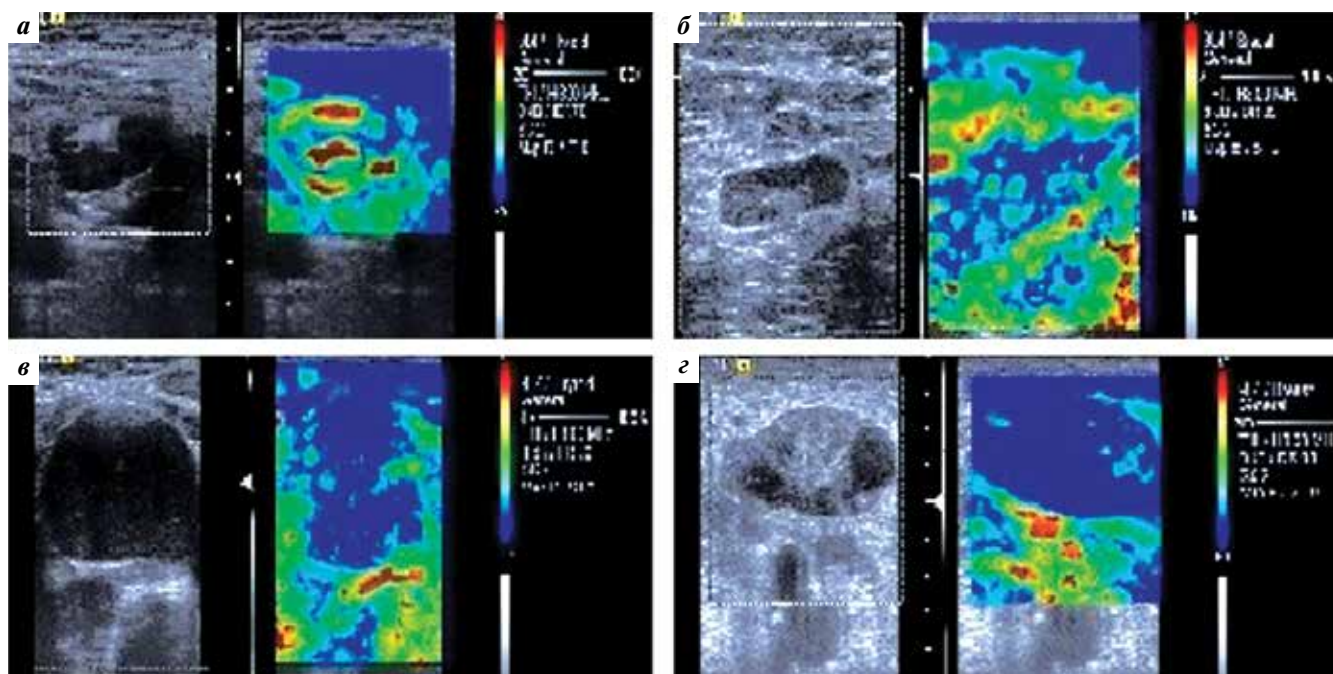


Рис. 4. Эластотипы измененных поверхностных лимфатических узлов, выявленные при компрессионной ультразвуковой эластографии: а — реактивные изменения подчелюстного лимфатического узла, соответствующие эластотипу 1; б — эластотип 2 при реактивных изменениях подмышечного лимфатического узла; в — пораженный надключичный лимфатический узел при лимфоме Ходжкина (эластотип 3); г — метастатическая трансформация надключичного лимфатического узла при раке легкого (эластотип 4)

Fig. 4. SE elastotypes of LN changes: а — elastotype 1 of the reactive submandibular LN; б — elastotype 2 of the reactive axillary LN; в — elastotype 3 of the affected supraclavicular LN in patient with Hodgkin's lymphoma; г — elastotype 4 of the metastatic supraclavicular LN in patient with lung cancer

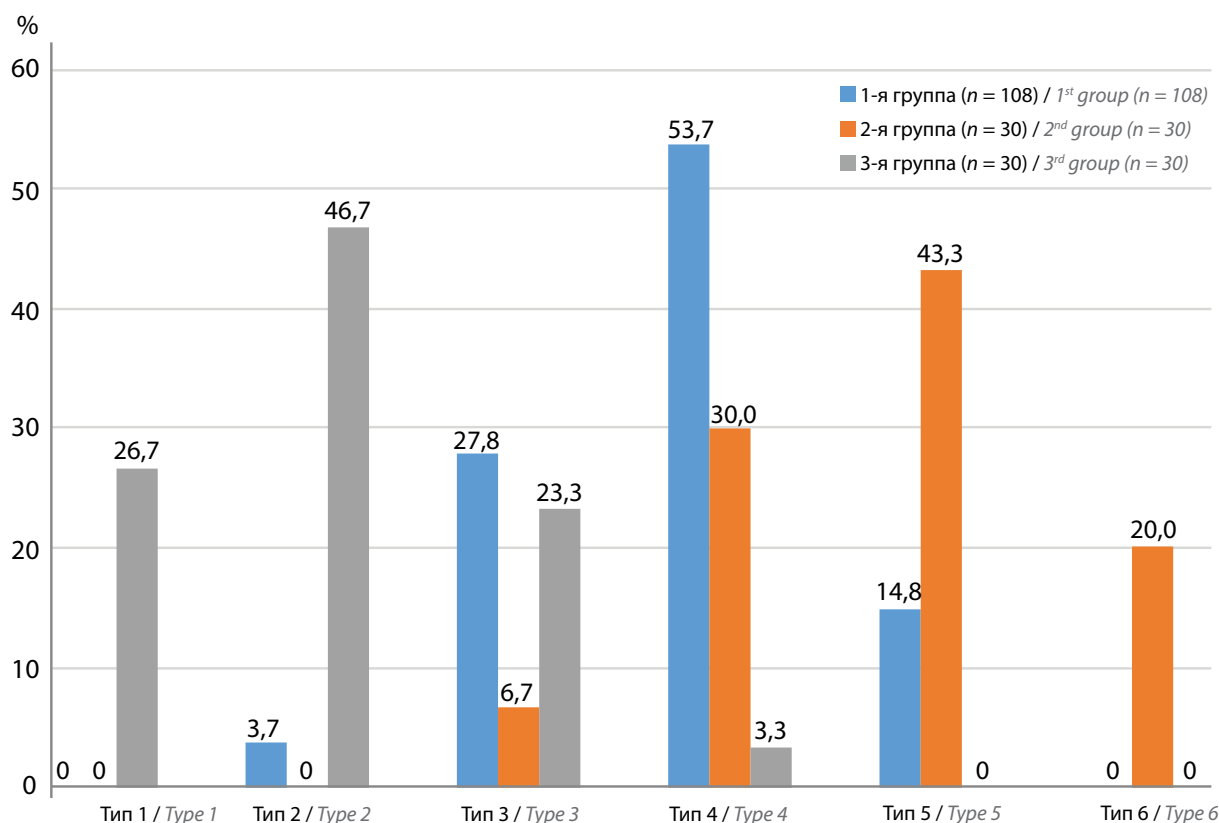


Рис. 5. Распределение пациентов исследуемых групп в зависимости от эластотипов, зарегистрированных при эластографии сдвиговой волной в режиме VTI (Virtual Touch™ Tissue Imaging)

Fig. 5. Elastotypes of VTI (Virtual Touch™ Tissue Imaging) elastography between investigated groups

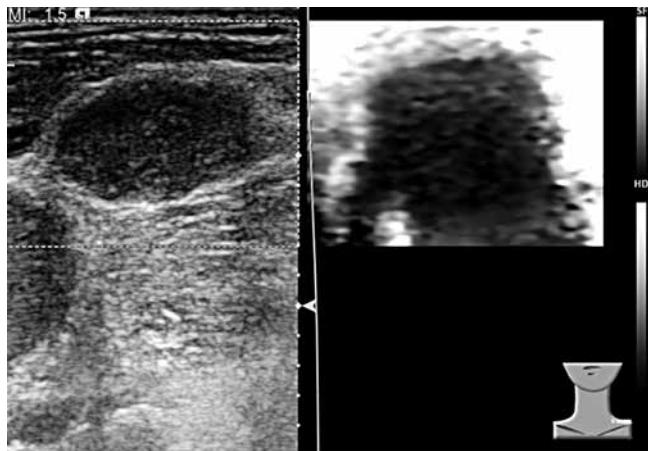


Рис. 6. Эластография сдвиговой волной в режиме VTI (Virtual Touch™ Tissue Imaging): эластотип 6 при метастатическом поражении надключичного лимфатического узла при раке легкого

Fig. 6. VTI (Virtual Touch™ Tissue Imaging) elastography: elastotype 6 of the metastatic supraclavicular LN in patient with lung cancer

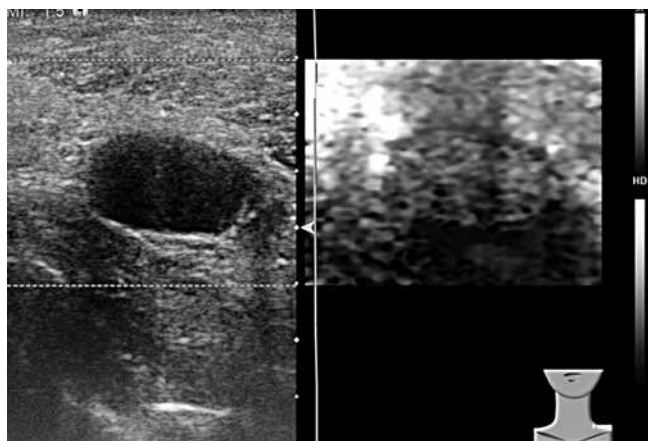


Рис. 7. Эластография сдвиговой волной в режиме VTI (Virtual Touch™ Tissue Imaging): эластотип 3 измененного надключичного лимфатического узла при лимфоме Ходжкина

Fig. 7. VTI (Virtual Touch™ Tissue Imaging) elastography: elastotype 3 of the affected supraclavicular LN in patient with Hodgkin's lymphoma

Из табл. 1 видно, что КЭГ обладает наибольшими чувствительностью и точностью (95,4 и 94,6 % соответственно) в диагностике лимфопролиферативного поражения ЛУ. Однако самый высокий показатель специфичности (95,0 %) был при эластографии в режиме VTI.

Также проведена сравнительная характеристика показателей информативности других методов лучевой диагностики и мультипараметрического ультразвукового исследования, включающего сочетанное использование КЭГ и эластографии сдвиговой волной в режиме VTI (табл. 2).

Сочетанное применение КЭГ и эластографии сдвиговой волной в режиме VTI обладает высокими показателями информативности в диагностике лимфопролиферативного поражения поверхностных ЛУ, что сопоставимо с таковыми при методах лучевой

Таблица 1. Информативность компрессионной ультразвуковой эластографии и эластографии в режиме VTI (Virtual Touch™ Tissue Imaging) в выявлении лимфопролиферативных изменений поверхностных лимфатических узлов (n = 168), %

Table 1. The informative value of SE and VTI (Virtual Touch™ Tissue Imaging) elastography in diagnostics the lymphomatous changes of superficial LN (n = 168), %

Показатель информативности Informativity	Компрессионная эластография Strain elastography	Эластография сдвиговой волной в режиме VTI VTI elastography
Чувствительность Sensitivity	95,4	91,7
Специфичность Specificity	93,3	95,0
Точность Accuracy	94,6	92,9

Примечание. Здесь и в табл. 2: VTI – Virtual Touch™ Tissue Imaging.

Note. Here and in table 2: VTI – Virtual Touch™ Tissue Imaging.

визуализации (позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией, рентгеновской компьютерной томографией, магнитно-резонансной томографией).

Таким образом, полученные нами данные при качественной оценке ультразвуковой эластографии позволяют более точно проводить неинвазивную дифференциальную диагностику между лимфопролиферативными, метастатическими и реактивными изменениями.

Обсуждение

На сегодняшний день исследование и дифференциация измененных поверхностных ЛУ с использованием КЭГ представляют противоречивые данные [6]. Согласно 2 зарубежным метаанализам эта методика продемонстрировала высокую точность в дифференциальной диагностике злокачественных и доброкачественных изменений поверхностных ЛУ [6]. В 1-м метаанализе, включившем 578 пациентов с 936 измененными шейными ЛУ, чувствительность шкалы качественной оценки цветового эластографического картирования и показателей индекса эластичности при КЭГ составила 76,0 и 83,0 % соответственно [6, 7]. Аналогичные параметры КЭГ исследовались во 2-м метаанализе, включившем 545 пациентов с 835 измененными ЛУ. Чувствительность шкалы качественной оценки цветовых эластограмм и показателей индекса эластичности составила 74 и 88 % со специфичностью 88 и 91 % соответственно [8]. В отечественной литературе Н.А. Савельева и соавт. провели дифференциальную диагностику метастатического поражения регионарных ЛУ и неопухоловой патологии ЛУ с помощью КЭГ. В результате показатели чувствительности, специфичности и точности данной методики составили 84,5; 75,6 и 82,5 % соответственно [9].

Таблица 2. Информативность методов лучевой визуализации в диагностике лимфопролиферативного поражения поверхностных лимфатических узлов

Table 2. The informative value of different radiation imaging methods in diagnostics the lymphomatous changes of superficial lymph nodes

Показатель информативности Informativity	Ультразвуковое исследование с учетом компрессионной эластографии и эластографии сдвиговой волной в режиме VTI ($n = 168$) Strain elastography and VTI elastography ($n = 168$)	Позитронно-эмиссионная томография ($n = 75$) Positron-emission tomography ($n = 75$)	Компьютерная томография ($n = 56$) Computed tomography ($n = 56$)	Магнитно-резонансная томография ($n = 14$) Magnetic resonance imaging ($n = 14$)
Чувствительность Sensitivity	95,4	97,3	93,0	87,5
Специфичность Specificity	91,7	100	100	100
Точность Accuracy	94,0	97,3	94,6	92,9

В большинстве зарубежных и отечественных источников ЛУ с лимфопролиферативными изменениями всегда включались в группу злокачественных поражений совместно с метастазами [10]. Прицельная дифференциальная диагностика лимфопролиферативного поражения поверхностных ЛУ и метастатических и реактивных изменений с использованием качественной оценки КЭГ ранее не проводилась. Однако по данным ряда исследований, посвященных количественному анализу эластических свойств ЛУ, было выявлено, что ЛУ при метастатической трансформации обладают максимальной степенью жесткости [11, 12].

Оценка возможностей полуколичественной эластографии сдвиговой волной в режиме VTI в мире отражена лишь в 4 работах, в 1 из них не проводился статистический анализ чувствительности и специфичности данной методики [12]. В исследовании D. Che и соавт. при эластографии в режиме VTI поверхностные ЛУ с доброкачественными изменениями были несколько темнее (жестче), чем окружающие их ткани и мышцы, в отличие от ЛУ с признаками злокачественной трансформации, которые обладают выраженной жесткой структурой в виде четко отграниченного темного участка [13]. F. Zhang и соавт. выявили, что относительно 6-ступенчатой шкалы качественной оценки VTI эластограмм метастазы в поверхностных ЛУ соответствуют большему эластотипу, чем ЛУ с неспецифическими реактивными и лимфопролиферативными изменениями ($p < 0,001$). В данном исследовании эластотип 4 был определен как пороговый, выше которого вероятность метастатического поражения ЛУ увеличивалась (чувствительность 81,58 %, специфичность 95,65 %, точность 86,89 %) [5].

Сравнительный анализ эластических свойств между лимфопролиферативными и метастатическими изменениями ЛУ провели F. Zhang и соавт. [5]. Авторы сравнили средние значения скорости сдвиговой волны в 97 поверхностных ЛУ со злокачественным

поражением (метастазы у 38 пациентов, лимфомы — у 36) и доброкачественными изменениями (у 23 пациентов) [5, 14]. Выявлено, что в ЛУ с метастатической трансформацией обладали более высокой средней скоростью сдвиговой волны (2,90 м/с), чем при лимфопролиферативных изменениях (2,52 м/с) ($p < 0,05$). Чем выше скорость распространения сдвиговой волны, тем жестче исследуемая ткань [10]. Пороговое значение средней скорости сдвиговой волны составило 3,44 м/с, выше которого вероятность метастатического поражения увеличивалась, с высоким показателем специфичности (94,44 %), но низкими чувствительностью и точностью (39,47 и 66,22 % соответственно) [5]. В исследовании S.Q. Chen и соавт. также было выявлено, что ЛУ с метастатическими изменениями более жесткие, чем ЛУ при лимфопролиферативном поражении ($7,970 \pm 0,639$ и $6,148 \pm 1,411$ м/с соответственно; $p < 0,001$), с наиболее оптимальным пороговым значением скорости сдвиговой волны 7,302 м/с (чувствительность 88,5 %, специфичность 81,5 %) [15]. S.Y. Chae и соавт. для измененных ЛУ при лимфоме и метастазах зарегистрировали статистически значимые различия в средних значениях скорости сдвиговой волны, которые составили 3,49 и 5,63 м/с соответственно ($p < 0,001$) [16]. Ассоциированное пороговое значение средней скорости сдвиговой волны в дифференциальной диагностике лимфопролиферативных и метастатических изменений ЛУ было зафиксировано на показателе 1,915 м/с с точностью, чувствительностью и специфичностью, положительным прогностическим значением и отрицательным прогностическим значением 83,33; 84,0; 81,25; 88,0 и 76,47 % соответственно ($p < 0,001$) [14, 16].

Заключение

Таким образом, результаты представленных исследований совпадают с полученными нами данными, свидетельствующими о более жесткой структуре ЛУ с метастатическими изменениями, в отличие от лимфопролиферативных и реактивных. Эластографическое

картирование измененных поверхностных ЛУ, полученное с помощью КЭГ и точечной ультразвуковой эластографии в режиме VTI, является доступной

и многообещающей неинвазивной методикой, позволяющей в режиме реального времени определить генез лимфаденопатии.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Злокачественные новообразования в России в 2018 году (заболеваемость и смертность). Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2019. 250 с. [Malignant tumors in Russia in 2018 (morbidity and mortality). Eds.: A.D. Kaprin, V.V. Starinskii, G.V. Petrova. Moscow: MNIIOI im. P.A. Gertsena – filial FGBU "NMITS radiologii" Minzdrava Rossii, 2019. 250 p. (In Russ.)].
2. Хоружик С.А., Жаврид Э.А., Сачивко Н.В. Система стадирования лимфом: исторические аспекты и современное состояние. Онкологический журнал 2014;8(3):66–72. [Khoruzhyk S.A., Zhavrid E.A., Sachivko N.V. Lymphoma staging system: historical aspects and current state. *Onkologicheskii zhurnal* = *Cancer Journal* 2014;8(3):66–72. (In Russ.)].
3. Zhang P., Zhang L., Zheng S. et al. Acoustic radiation force impulse imaging for the differentiation of benign and malignant lymph nodes: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2016;11(11):e0166716. DOI: 10.1371/journal.pone.0166716.
4. Furukawa M.K., Kubota A., Hanamura H. et al. Clinical application of real-time tissue elastography to head and neck cancer – evaluation of cervical lymph node metastasis with realtime tissue elastography (In Japanese). *Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho* 2007;110(7):503–5. DOI: 10.3950/jibiinkoka.110.503.
5. Zhang F., Zhao X., Ji X. et al. Diagnostic value of acoustic radiation force impulse imaging for assessing superficial lymph nodes: a diagnostic accuracy study. *Medicine* 2017;96(43):e8125. DOI: 10.1097/MD.00000000000008125.
6. Săftoiu A., Gilja O.H., Sidhu P.S. et al. The EFSUMB guidelines and recommendations for the clinical practice of elastography in non-hepatic applications: update 2018. *Ultraschall Med* 2019;40(4):425–53. DOI: 10.1055/a-0838-9937.
7. Ghajarzadeh M., Mohammadifar M., Azarkhish K., Emami-Razavi S.H. Sonoelastography for differentiating benign and malignant cervical lymph nodes: a systematic review and meta-analysis. *Int J Prev Med* 2014;5(12):1521–8.
8. Ying L., Hou Y., Zheng H.M. et al. Real-time elastography for the differentiation of benign and malignant superficial lymph nodes: a meta-analysis. *Eur J Radiol* 2012;81(10):2576–84. DOI: 10.1016/j.ejrad.2011.10.026.
9. Савельева Н.А., Косова А.Л. Возможности мультипараметрической ультразвуковой диагностики с использованием компрессионной эластографии в выявлении метастатического поражения периферических лимфатических узлов. Ультразвуковая и функциональная диагностика 2016;(4):26–37. [Savelyeva N.A., Kosova A.L. Value of multiparametric ultrasound with strain elastography in peripheral lymph nodes metastases diagnosis. *Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika* = *Ultrasound and Functional Diagnostics* 2016;(4):26–37. (In Russ.)].
10. Ковалева Е.В., Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т. и др. Оценка возможностей точечной ультразвуковой эластографии в дифференциальной диагностике лимфопролиферативных и реактивных изменений поверхностных лимфатических узлов. Онкогематология 2020;15(1):59–64. [Kovaleva E.V., Danzanova T.Yu., Sinyukova G.T. et al. Evaluation of the possibilities of shear wave elastography for differentiation of lymphomatous and reactive changes of superficial lymph nodes. *Onkogematologiya* = *Oncohematology* 2020;15(1):59–64. (In Russ.)]. DOI: 10.17650/1818834620201515964.
11. Cui X.W., Jenssen C., Saftoiu A. et al. New ultrasound techniques for lymph node evaluation. *World J Gastroenterol* 2013;30(19):4850–60. DOI: 10.3748/wjg.v19.i30.4850.
12. Li J., Chen M., Cao C.L. et al. Diagnostic performance of acoustic radiation force impulse elastography for the differentiation of benign and malignant superficial lymph nodes: a meta-analysis. *J Ultrasound Med* 2020;39(2):213–22. DOI: 10.1002/jum.15096.
13. Che D., Zhou X., Sun M.L. et al. Differentiation of metastatic cervical lymph nodes with ultrasound elastography by virtual touch tissue imaging. *J Ultrasound Med* 2015;34(1):37–42. DOI: 10.7863/ultra.34.1.37.
14. Ковалева Е.В., Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т. и др. Успешный опыт применения ультразвуковой эластографии в дифференциальной диагностике измененных поверхностных лимфатических узлов при лимфоме и метастазах солидных опухолей. Онкогематология 2020;15(2):42–8. [Kovaleva E.V., Danzanova T. Yu., Sinyukova G.T. et al. Successful experience in the use of ultrasound elastography in the differentiating of lymphomatous and metastatic superficial lymphadenopathy. *Onkogematologiya* = *Oncohematology* 2020;15(2):42–8. (In Russ.)]. DOI: 10.17650/1818-8346-2020-15-2-42-48.
15. Chen S., Lin X., Chen X. et al. Noninvasive evaluation of benign and malignant superficial lymph nodes by virtual touch tissue quantification: a pilot Study. *J Ultrasound Med* 2016; 35:571–5. DOI: 10.7863/ultra.15.05053.
16. Chae S.Y., Jung H.N., Ryoo I. et al. Differentiating cervical metastatic lymphadenopathy and lymphoma by shear wave elastography. *Sci Rep* 2019;9(1):12396. DOI: 10.1038/s41598-019-48705-0.

Вклад авторов

Е.В. Ковалева: разработка дизайна статьи, написание текста рукописи, анализ данных, обзор публикаций по теме статьи;

Т.Ю. Данзанова: разработка дизайна статьи, редактирование рукописи;

Г.Т. Синюкова, Е.А. Гудилина: разработка дизайна статьи;

П.И. Лепэдату, П.А. Зейналова: получение данных для анализа.

Authors' contributions

E.V. Kovaleva: article design development, article writing, data analysis, review of publications on the article topic;

T.Yu. Danzanova: article design development, article editing;

G.T. Sinyukova, E.A. Gudilina: article design development;

P.I. Lepedatu, P.A. Zeynalova: obtaining data for analysis.

ORCID авторов / ORCID of authors

Е.В. Ковалева / E.V. Kovaleva: <https://orcid.org/0000-0003-4567-9160>

Т.Ю. Данзанова / T.Yu. Danzanova: <https://orcid.org/0000-0002-6171-6796>

Г.Т. Синюкова / G.T. Sinyukova: <https://orcid.org/0000-0002-5697-9268>

Е.А. Гудилина / E.A. Gudilina: <https://orcid.org/0000-0003-0653-3820>

П.И. Лепэдату / P.I. Lepedatu: <https://orcid.org/0000-0001-7846-1788>

П.А. Зейналова / P.A. Zeynalova: <https://orcid.org/0000-0003-1564-424X>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики

Протокол исследования одобрен комитетом по биомедицинской этике ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России.

Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Compliance with patient rights and principles of bioethics

The study protocol was approved by the biomedical ethics committee of N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of Russia.

All patients gave written informed consent to participate in the study.