

Оценка возможностей точечной ультразвуковой эластографии в дифференциальной диагностике лимфопролиферативных и реактивных изменений поверхностных лимфатических узлов

Е. В. Ковалева, Т. Ю. Данзанова, Г. Т. Синюкова, Е. А. Гудилина, П. И. Лепэдату, Г. Ф. Аллахвердиева,
П. А. Зейналова, В. Б. Ларионова, А. А. Семенова

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

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

Цель исследования – определить возможности точечной ультразвуковой эластографии в дифференциальной диагностике лимфо-пролиферативных и реактивных изменений поверхностных лимфатических узлов (ЛУ).

Материалы и методы. В проспективное исследование включены 138 пациентов с увеличенными поверхностными ЛУ. На основании результатов ранее проведенного гистологического исследования пациенты были разделены на 2 группы: 1-я ($n = 108$) – пациенты с неходжкинскими лимфомами и лимфомой Ходжкина; 2-я ($n = 30$) – пациенты с реактивными (воспалительными) изменениями поверхностных ЛУ. Всем пациентам выполнена точечная ультразвуковая эластография измененных ЛУ с применением технологии ARFI (Acoustic Radiation Force Impulse).

Результаты. По результатам точечной ультразвуковой эластографии средняя, минимальная и максимальная скорости сдвиговой волны для измененных ЛУ при лимфоме (1-я группа) составили $2,616 \pm 0,684$; $1,980 \pm 0,557$ и $3,351 \pm 0,987$ м/с соответственно; для ЛУ с реактивными изменениями (2-я группа) – $1,704 \pm 0,223$; $1,414 \pm 0,209$ и $2,027 \pm 0,261$ м/с соответственно. Таким образом, средние, минимальные и максимальные значения скоростей сдвиговой волны достоверно различались между исследуемыми группами ($p < 0,001$). Пороговое значение средней скорости сдвиговой волны в дифференциальной диагностике лимфомы и гиперплазии определено на уровне $2,05$ м/с с чувствительностью $88,5\%$, специфичностью 100% , площадью под ROC-кривой $0,942$ ($p < 0,001$).

Заключение. Точечная ультразвуковая эластография продемонстрировала статистически достоверные различия в показателях скорости сдвиговой волны в измененных поверхностных ЛУ при лимфоме и при воспалительных процессах, что может быть использовано в качестве предварительной неинвазивной дифференциальной диагностики.

Ключевые слова: ультразвуковая эластография, технология ARFI, лимфома, лимфатические узлы

Для цитирования: Ковалева Е. В., Данзанова Т. Ю., Синюкова Г. Т. и др. Оценка возможностей точечной ультразвуковой эластографии в дифференциальной диагностике лимфо-пролиферативных и реактивных изменений поверхностных лимфатических узлов. Онкогематология 2020; 15(1):59–64.

DOI: 10.17650/1818-8346-2020-15-1-59-64



Evaluation of the possibilities of shear wave elastography for differentiation of lymphomatous and reactive changes of superficial lymph nodes

E. V. Kovaleva, T. Yu. Danzanova, G. T. Sinyukova, E. A. Gudilina, P. I. Lepadatu, G. F. Allahverdieva,
P. A. Zeynalova, V. B. Larionova, A. A. Semenova

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

Objective: to evaluate the possibilities of ultrasound elastography for differentiation of reactive and lymphomatous superficial lymph nodes (LN).

Materials and methods. The prospective study included 138 patients with enlarged superficial LN. Based on a previous histological examination, patients were divided into two groups: 1st group ($n = 108$) – patients with non-Hodgkin's lymphomas and Hodgkin's lymphoma; 2nd ($n = 30$) – patients with reactive (inflammatory) changes in superficial LN. All patients underwent ultrasound elastography of the enlarged LN using ARFI technology.

Results. According to the results of ultrasound elastography, the average, minimum, and maximum shear wave velocities for enlarged LN in lymphoma (1st group) were 2.616 ± 0.684 ; 1.980 ± 0.557 and 3.351 ± 0.987 m/s, respectively; for LN with reactive changes (2nd group) – 1.704 ± 0.223 ; 1.414 ± 0.209 and 2.027 ± 0.261 m/s, respectively. Thus, the average, minimum, and maximum values of shear wave velocities significantly different between the groups ($p < 0.001$). The cut off values of the average shear wave velocity in the differential diagnosis of lymphoma and hyperplasia are determined at the level of 2.05 m/s, with a sensitivity of 88.5% , specificity of 100% , and AUC of 0.942 ($p < 0.001$).

Conclusion. *Ultrasound elastography demonstrated statistically significant differences in shear wave velocity in the enlarged superficial LN in lymphoma and in inflammatory processes that can be used as a preliminary non-invasive differential diagnosis of enlarged superficial LN in these conditions.*

Key words: *ultrasound elastography, ARFI technology, lymphoma, lymph nodes*

For citation: *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. Onkologematologiya = Oncohematology 2020;15(1):59–64. (In Russ.).*

Введение

Лимфома – группа высокогетерогенных заболеваний с рядом патологических типов, особенно при неходжкинской лимфоме. Заболеваемость лимфомой увеличивается во всем мире. Результаты исследований показали, что ее распространенность в развитых странах выше, чем в развивающихся [1].

Дифференциальная диагностика лимфопрлиферативного поражения лимфатических узлов (ЛУ) с другими состояниями крайне важна для быстрого принятия решения о характере ведения пациента с данным симптомокомплексом.

В диагностике и оценке распространенности лимфомы наиболее часто используют позитронно-эмиссионную томографию, совмещенную с рентгеновской компьютерной томографией (ПЭТ/КТ), в целях выявления метаболических и структурных особенностей патологических очагов. Тем не менее у данного метода есть некоторые недостатки. Например, результаты отражают уровень метаболизма в фиксированное время, и исследование не может быть повторено через короткий период вследствие высокой стоимости и неблагоприятного воздействия ионизирующего излучения. Также при оценке эффективности лечения больных лимфомой с помощью ПЭТ/КТ затруднена дифференциальная диагностика специфических и гиперпластических изменений ЛУ [2–4].

Выявление и первоначальная дифференциальная диагностика измененных поверхностных ЛУ наиболее часто проводятся с использованием ультразвуковой диагностики в связи с доступностью, безопасностью и относительно низкой стоимостью данного метода [2, 5]. Появление современных ультразвуковых технологий, таких как эластография, позволяет более детально изучить структуру, а именно эластические свойства измененных ЛУ [6]. К видам ультразвуковой эластографии, используемым для данной цели, относятся компрессионная эластография (качественная оценка деформации) и эластография сдвиговой волной (точечная и двумерная).

Точечная эластография сдвиговой волной (shear wave elastography) позволяет оценивать скорость сдвиговой волны в зоне интереса, которую под контролем серошкальной эхографии мы можем установить в интересующий нас участок органа, ткани или образования [7]. Технология ARFI (Acoustic Radiation Force Impulse) – один из видов точечной ультразвуковой эластографии, который позволяет количественно

оценить жесткость тканей без их внешней компрессии [8]. Суть данной технологии заключается в том, что ультразвуковой датчик генерирует сфокусированные высокоинтенсивные кратковременные акустические импульсы и отслеживает распространение их для вычисления значения скорости сдвиговой волны, выраженного в м/с [9]. Скорость распространения сдвиговых волн прямо пропорциональна жесткости ЛУ [6, 10, 11]. Более высокое значение скорости сдвиговой волны означает, что ткань более жесткая [9]. Согласно рекомендациям Европейского общества специалистов по ультразвуковой диагностике в медицине и биологии (EFSUMB) ультразвуковую эластографию целесообразно использовать при исследовании поверхностно расположенных ЛУ [12].

На сегодняшний день насчитываются единичные публикации, посвященные дифференциальной диагностике лимфопрлиферативных и воспалительных изменений поверхностных ЛУ с использованием точечной ультразвуковой эластографии.

Цель исследования – оценить возможности точечной ультразвуковой эластографии в дифференциальной диагностике лимфопрлиферативных и реактивных изменений поверхностных ЛУ.

Материалы и методы

В проспективное исследование на базе НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина были включены 138 пациентов с увеличенными поверхностными ЛУ. На основании результатов ранее проведенного гистологического исследования пациенты были разделены на 2 группы: 1-я ($n = 108$) – пациенты с неходжкинскими лимфомами и лимфомой Ходжкина; 2-я ($n = 30$) – пациенты с реактивными (воспалительными) изменениями поверхностных ЛУ. Средний возраст пациентов 1-й группы составил $38,3 \pm 14,0$ года, 2-й – $34,8 \pm 10,9$ года (достоверных различий по возрасту между группами не выявлено).

В 1-ю группу включены 72 (66,7 %) пациента с лимфомой Ходжкина и 36 (33,3 %) – с неходжкинскими лимфомами (диффузная В-крупноклеточная лимфома ($n = 14$), фолликулярная лимфома ($n = 7$), лимфома из клеток маргинальной зоны ($n = 5$), В-клеточная лимфома из малых лимфоцитов ($n = 4$), лимфома Беркитта ($n = 4$), Т-клеточная лимфома ($n = 2$)).

Ультразвуковые исследования выполняли на аппарате Siemens Acuson S2000, оснащенный технологией точечной эластографии сдвиговой волной ARFI,

представленной программным обеспечением Virtual Touch Quantification, с использованием высокочастотных линейных датчиков с частотой 4–9 МГц. Перед проведением ультразвуковой эластографии определяли таргетные измененные поверхностно расположенные ЛУ с помощью стандартного ультразвукового исследования в В-режиме.

Таргетные поверхностные ЛУ в В-режиме и режиме ЦДК (цветовое доплеровское картирование) соответствовали одному или нескольким признакам:

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

При измерении скорости сдвиговой волны датчик устанавливали перпендикулярно исследуемой области, окно интереса – в область измененного ЛУ. Для получения достоверного среднего значения скорости сдвиговой волны проводили не менее 10 измерений. Помимо среднего значения скорости сдвиговой волны в исследование были включены минимальные и максимальные показатели скорости сдвиговой волны.

Результаты

У пациентов 1-й группы таргетные измененные ЛУ располагались в следующих областях: надключичных (54,5 %), подмышечных (23,1 %), области шеи (10,2 %), подключичных (4,6 %), подчелюстных (3,8 %), паховых (3,8 %). Исследуемые таргетные ЛУ у пациентов 2-й группы визуализировались в подчелюстных областях (33,3 %), паховых областях (30,0 %), подмышечных областях (26,7 %), области шеи (6,7 %), проекции бедренного треугольника (3,3 %).

Средние, минимальные и максимальные показатели скорости сдвиговой волны, измеренные с помощью технологии ARFI, в исследуемых таргетных ЛУ у пациентов 1-й и 2-й групп представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что показатели скорости сдвиговой волны (средние, минимальные и максимальные) у пациентов 1-й и 2-й групп достоверно различаются (рис. 1, 2).

Для определения порогового значения скорости сдвиговой волны при дифференциальной диагностике лимфопролиферативных и реактивных изменений мы провели анализ ROC-кривых (рис. 3).

Для средней, минимальной и максимальной скоростей сдвиговой волны, имеющих статистически значимое влияние на дифференциальную диагностику лимфопролиферативных и реактивных изменений, определены пороговые значения, соответствующие оптимальному соотношению чувствительности и специфичности (табл. 2).

Таблица 1. Средние, минимальные и максимальные показатели скорости сдвиговой волны у пациентов 1-й и 2-й групп

Table 1. Average, minimum and maximum shear wave velocity in 1st and 2nd groups of patients

Скорость сдвиговой волны Shear wave velocity	1-я группа (n = 108) 1 st group (n = 108)	2-я группа (n = 30) 2 nd group (n = 30)	p
Средняя, м/с Average, m/s	2,616 ± 0,684	1,704 ± 0,223	0,0000001
Минимальная, м/с Minimum, m/s	1,980 ± 0,557	1,414 ± 0,209	0,0000001
Максимальная, м/с Maximum, m/s	3,351 ± 0,987	2,027 ± 0,261	0,0000001



Рис. 1. Точечная ультразвуковая эластография (с применением технологии ARFI (Acoustic Radiation Force Impulse)) увеличенного надключичного лимфатического узла при лимфоме Ходжкина

Fig. 1. Point ultrasound elastography (using ARFI technology (Acoustic Radiation Force Impulse)) of the enlarged supraclavicular lymph node in patient with Hodgkin's lymphoma



Рис. 2. Точечная ультразвуковая эластография (с применением технологии ARFI (Acoustic Radiation Force Impulse)) увеличенного подчелюстного лимфатического узла при хроническом тонзиллите

Fig. 2. Point ultrasound elastography (using ARFI technology (Acoustic Radiation Force Impulse)) of the enlarged submandibular lymph node in patient with chronic tonsillitis

Наиболее высокие показатели чувствительности (88,9 %) и специфичности (100 %) были выявлены при ассоциированном пороговом значении средней скорости сдвиговой волны 2,05 м/с.

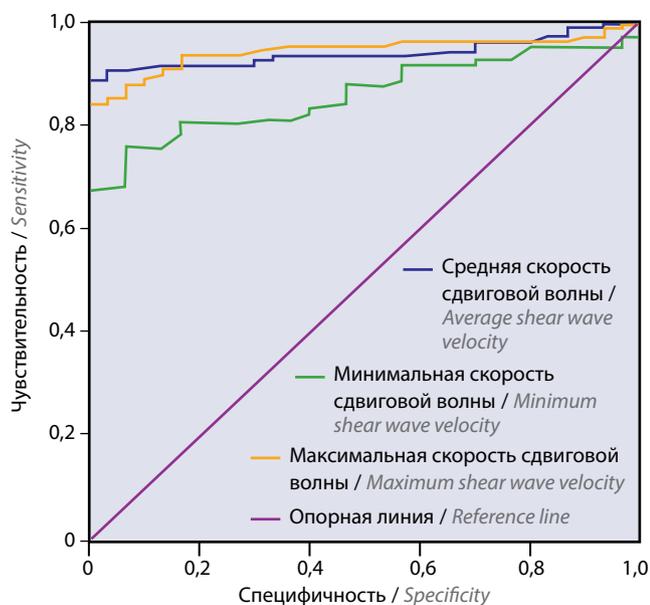


Рис. 3. ROC-кривая информативности точечной ультразвуковой эластографии в определении лимфопролиферативного поражения поверхностных лимфатических узлов

Fig. 3. ROC-curve of point ultrasound elastography informativeness in diagnosis of lymphomatous changes of superficial lymph nodes

Таблица 2. Характеристики ROC-кривой и пороговые значения средней, минимальной и максимальной скоростей сдвиговой волны

Table 2. ROC curve characteristics and cut off values of average, minimum and maximum shear wave velocity

Скорость сдвиговой волны Shear wave velocity	Площадь под кривой (AUC) Area under the curve	Скорость сдвиговой волны, м/с Shear wave velocity, m/s	Чувствительность, % Sensitivity, %	Специфичность, % Specificity, %
Средняя Average	0,942	2,050	88,9	100
Минимальная Minimum	0,861	1,570	81,0	83,3
Максимальная Maximum	0,945	2,500	84,3	100

Таким образом, в нашем исследовании чувствительность точечной ультразвуковой эластографии сдвиговой волной в определении лимфопролиферативного поражения поверхностных ЛУ составила 88,9 %, специфичность – 100 %. Методика продемонстрировала увеличение показателей скорости сдвиговой волны при наличии лимфопролиферативного поражения ЛУ.

Обсуждение

В настоящее время в зарубежной и отечественной литературе особое внимание уделяется использованию точечной ультразвуковой эластографии в дифференциальной диагностике метастатического поражения

и реактивных изменений поверхностных ЛУ, но в единичных работах все же есть упоминание об эластических свойствах ЛУ при лимфомах. Так, в работе F. Zhang и соавт. сравнивались средние значения скорости сдвиговой волны в 97 поверхностных ЛУ с метастатическими (38 ЛУ), лимфопролиферативными (36 ЛУ) и хроническими воспалительными (23 ЛУ) изменениями. В ЛУ с метастатическими изменениями средняя скорость сдвиговой волны была значительно выше (2,90 м/с), чем при лимфопролиферативных (2,52 м/с) и воспалительных (2,15 м/с) изменениях. При пороговом значении средней скорости сдвиговой волны 2,76 м/с между метастазами в ЛУ и гиперплазией ЛУ показатели чувствительности, специфичности, точности и площадь под кривой (AUC) составили 57,89; 86,96; 68,85 % и 0,752 соответственно [13]. При этом значения средней скорости сдвиговой волны в ЛУ с лимфопролиферативными и хроническими воспалительными изменениями достоверно не различались, что противоречит нашему исследованию. Вероятнее всего, данные различия в результатах связаны с разным количеством исследуемых ЛУ.

В большинстве зарубежных источников ЛУ с лимфопролиферативными изменениями всегда включались в группу злокачественных поражений совместно с метастазами. J. Helman и соавт. в свою работу включили 99 пациентов с увеличенными шейными ЛУ при лимфоме ($n = 20$), метастазах ($n = 36$) и доброкачественном процессе ($n = 43$, в том числе 5 ЛУ при саркоидозе). ЛУ при лимфоме и с метастатическим поражением были объединены в группу злокачественных поражений. При оценке эластических свойств исследуемых ЛУ было выявлено, что показатели жесткости в группе злокачественных поражений были достоверно выше, чем в группе доброкачественных изменений ($p < 0,0001$). Следует отметить, что лимфомы нарушали структуру группы со злокачественными новообразованиями, которые в целом были более жесткими, чем доброкачественные [5].

Аналогично D. K. Teng и соавт. в своем исследовании объединили 5 измененных шейных ЛУ при лимфоме и 10 метастатически измененных ЛУ в единую группу в целях дальнейшего сравнения показателей коэффициента жесткости с таковыми в группе доброкачественных изменений ЛУ. В ходе данного исследования определено пороговое значение коэффициента жесткости (1,78) в дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных изменений ЛУ с высокими показателями чувствительности и точности (98,1 и 84,3 % соответственно), но с низкой специфичностью (64,9 %) в связи с неоднородностью исследуемых групп [14].

P. Zhang и соавт. провели метаанализ 9 работ, посвященных оценке возможностей точечной ультразвуковой эластографии с использованием ARFI-технологии в дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных поражений ЛУ

и включающих 1084 увеличенных ЛУ у 929 пациентов. Общая чувствительность и специфичность ARFI-технологии в выявлении злокачественных поражений поверхностных ЛУ составили 0,87 (95 % доверительный интервал (ДИ) 0,83–0,91) и 0,88 (95 % ДИ 0,82–0,92) соответственно; площадь под кривой – 0,93 (95 % ДИ 0,90–0,95) [9]. Пороговое значение средней скорости сдвиговой волны, выше которого увеличивался риск злокачественной природы ЛУ, варьировало от 1,9 м/с в исследованиях Т. Fujiwara и соавт. [15] и L.J. Liu и соавт. [16] до 4,645 м/с в работе S.Q. Chen и соавт. [17]. В исследовании S.Q. Chen и соавт. было отмечено, что скорость сдвиговой волны при метастатическом поражении ЛУ была значительно выше, чем при лимфоме ($7,970 \pm 0,639$ 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 %). Также S.Q. Chen и соавт. определили среднюю скорость сдвиговой волны для реактивной ги-

перплазии ЛУ, которая составила $2,513 \pm 0,357$ м/с [17]. В своей работе S.Y. Chae и соавт. зафиксировали пороговое значение скорости сдвиговой волны в дифференциальной диагностике метастатических и лимфопрлиферативных изменений ЛУ 1,915 м/с с точностью, чувствительностью, специфичностью, положительным и отрицательным прогностическими значениями 83,33; 84,0; 81,25; 88,0 и 76,47 % соответственно ($p < 0,001$) [18].

Заключение

Таким образом, данные большинства зарубежных публикаций сопоставимы с результатами нашего исследования, свидетельствующими о том, что ЛУ с лимфопрлиферативными изменениями более жесткие, чем ЛУ с реактивными изменениями. Точечная ультразвуковая эластография, представленная технологией ARFI, является многообещающей в дифференциальной диагностике различных состояний, вызывающих увеличение поверхностных ЛУ.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Torre L.A., Bray F., Siegel R.L. et al. Global cancer statistics. 2012. *Cancer J Clin* 2015;65(2):87–108. DOI: 10.3322/caac.21262.
2. Niu X., Jiang W., Zhang X. et al. Comparison of contrast-enhanced ultrasound and Positron Emission Tomography/Computed Tomography (PET/CT) in lymphoma. *Med Sci Monit* 2018;24:5558–65. DOI: 10.12659/MSM.908849.
3. Avivi I., Zilberlicht A., Dann E.J. et al. Strikingly high false positivity of surveillance FDG PET-CT scanning among patients with diffuse large cell lymphoma in the rituximab era. *Am J Hematol* 2013;88(5):400–5. DOI: 10.1002/ajh.23423.
4. Querellou S., Valette F., Bodet-Milin C. et al. FDG PET-CT predicts outcome in patients with aggressive non-Hodgkin's lymphoma and Hodgkin's disease. *Ann Hematol* 2006;85(11):759–67. DOI: 10.1007/s00277-006-0151-z.
5. Helman J., Sedlářková Z., Fürst T. et al. The role of ultrasound and shear-wave elastography in evaluation of cervical lymph nodes. *Hindawi BioMed Res Int* 2019;4318251. DOI:10.1155/2019/4318251.
6. Ковалева Е.В., Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т. и др. Успешный опыт применения ультразвуковой эластографии в подходе к предварительной промежуточной оценке эффективности лечения больных лимфомой Ходжкина. *Онкогематология* 2019;14(4):40–6. DOI: 10.17650/1818-8346-2019-14-4-40-46. [Kovaleva E.V., Danzanova T.Yu., Sinyukova G.T. et al. Successful use of ultrasound elastography in the preliminary intermediate evaluation of therapeutic response in patients with Hodgkin's lymphoma. *Onkogematologiya = Oncohematology* 2019;14(4):40–6. (In Russ.)].
7. Митьков В.В., Митькова М.Д. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной. Ультразвуковая и функциональная диагностика 2015;(2):94–108. [Mitkov V.V., Mitkova M.D. Ultrasound shear wave-elastography. *Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika = Ultrasound and Functional Diagnostics* 2015;(2):94–108. (In Russ.)].
8. D'Onofrio M., Crosara S., De Robertis R. et al. Acoustic radiation force impulse of the liver. *World J Gastroenterol* 2013;19(30):4841–9. DOI: 10.3748/wjg.v19.i30.4841.
9. 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.
10. Алымов Ю.В., Шолохов В.Н., Подвызников С.О. и др. Новые возможности ультразвуковой оценки состояния лимфатических узлов шеи при раке слизистой оболочки полости рта. *Опухоли головы и шеи* 2016;6(1):33–8. DOI: 10.17650/2222-1468-2016-6-1-33-38. [Alymov Yu.V., Sholokhov V.N., Podvyaznikov S.O. et al. Up-to-date opportunities of cervical lymph nodes ultrasound investigation in patients, suffering from oral cavity cancer. *Opukholy golovy i shei = Head and Neck Tumors* 2016;1(6):33–8. (In Russ.)].
11. Ковалева Е.В., Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т. и др. Мультипараметрическая ультразвуковая диагностика измененных лимфатических узлов при первично-множественных злокачественных опухолях, включающих рак молочной железы и лимфому. *Злокачественные опухоли* 2018;8(4):37–44. DOI: 10.18027/2224-5057-2018-8-4-37-44. [Kovaleva E.V., Danzanova T.Yu., Sinyukova G.T. et al. Multiparametric ultrasound diagnosis of metastatic and lymphoproliferative changes in lymph nodes in primary multiple malignant tumors, including breast cancer and lymphoma. *Zlokachestvennye opukholy = Malignant Tumours* 2018;8(4):37–44. (In Russ.)].
12. 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.
13. Zhang F., Zhao X., Ji X. et al. Diagnostic value of acoustic radiation force impulse imaging for assessing superficial lymph nodes. *Medicine (Baltimore)* 2017;96(43):e8125. DOI: 10.1097/MD.00000000000008125.
14. Teng D.K., Wang H., Lin Y.Q. et al. Value of ultrasound elastography in assessment of enlarged cervical lymph nodes. *Asian Pac J Cancer Prev* 2012;13(5):2081–5. DOI: 10.7314/APJCP.2012.13.5.2081.

15. Fujiwara T., Tomokuni J., Iwanaga K. et al. Acoustic radiation force impulse imaging for reactive and malignant/metastatic cervical lymph nodes. *Ultrasound Med Biol* 2013;39(7):1178–83. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2013.02.001.
16. Liu L.J., Xu X.H., Yang Y.G. et al. Value of virtual touch tissue quantification of acoustic radiation force impulse elastography in differential diagnosis of cervical lymph nodes. *J Clin Ultrasound Med* 2015;17:379–81.
17. 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(3):571–5. DOI: 10.7863/ultra.15.05053.
18. Chae S.Y., Jung H.N., Ryoo I. et al. Differentiating cervical metastatic lymphadenopathy and lymphoma by shear wave elastography. *Scientific reports* 2019;9(1):12396. DOI: 10.1038/s41598-019-48705-0.

Вклад авторов

Е.В. Ковалева: разработка дизайна исследования, написание текста рукописи, анализ данных, обзор публикаций по теме статьи; Т.Ю. Данзанова, Г.Т. Синюкова, Е.А. Гудилина: разработка дизайна исследования; П.И. Лепэдату, Г.Ф. Аллахвердиева, П.А. Зейналова, В.Б. Ларионова, А.А. Семенова: получение данных для анализа.

Authors' contributions

E.V. Kovaleva: study design development, article writing, data analysis, review of publications on the article topic; T.Yu. Danzanova, G.T. Sinyukova, E.A. Gudilina: study design development; P.I. Lepedatu, G.F. Allakhverdieva, P.A. Zeynalova, V.B. Larionova, A.A. Semenova: data collection.

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>
 Г.Ф. Аллахвердиева/G.F. Allakhverdieva: <https://orcid.org/0000-0001-5910-5892>
 П.А. Зейналова/P.A. Zeynalova: <https://orcid.org/0000-0003-1564-424X>
 В.Б. Ларионова/V.B. Larionova: <https://orcid.org/0000-0002-4614-606X>
 А.А. Семенова/A.A. Semenova: <https://orcid.org/0000-0001-5910-5892>

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.