

DOI: 10.21294/1814-4861-2019-18-3-5-13  
УДК: 617.51/617.53-006-033.2:611-018.98]-073.48

Для цитирования: *Лежнев Д.А., Васильев А.Ю., Егорова Е.А., Смысленова М.В., Трутень В.П., Петровская В.В., Громов А.И., Косташ О.В., Кабин Ю.В., Капустин В.В.* Исследование периферических лимфатических узлов при онкологических заболеваниях головы и шеи с использованием эластографии сдвиговой волной. Сибирский онкологический журнал. 2019; 18(3): 5–13. – doi: 10.21294/1814-4861-2019-18-3-5-13.

For citation: *Lezhnev D.A., Vasilyev A.Yu., Egorova E.A., Smyslenova M.V., Truten V.P., Petrovskaya V.V., Gromov A.I., Kostash O.V., Kabin Yu.V., Kapustin V.V.* Examination of peripheral lymph nodes using shear wave elastography in patients with head and neck cancer. Siberian Journal of Oncology. 2019; 18(3): 5–13. – doi: 10.21294/1814-4861-2019-18-3-5-13.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ ПРИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ГОЛОВЫ И ШЕИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛАСТОГРАФИИ СДВИГОВОЙ ВОЛНОЙ

**Д.А. Лежнев<sup>1</sup>, А.Ю. Васильев<sup>1</sup>, Е.А. Егорова<sup>1</sup>, М.В. Смысленова<sup>1</sup>,  
В.П. Трутень<sup>1</sup>, В.В. Петровская<sup>1</sup>, А.И. Громов<sup>1</sup>, О.В. Косташ<sup>2</sup>,  
Ю.В. Кабин<sup>2</sup>, В.В. Капустин<sup>2</sup>**

Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова,  
г. Москва, Россия<sup>1</sup>

Россия, г. Москва, 127473, ул. Делегатская, 20/1<sup>1</sup>

ГБУЗ города Москвы «Московская городская онкологическая больница № 62

Департамента здравоохранения города Москвы», г. Москва, Россия<sup>2</sup>

Россия, Московская область, Красногорский район, 143423, п/о Степановское, п. Истра, 27.

E-mail: kostash2012@yandex.ru<sup>2</sup>

### Аннотация

С декабря по сентябрь 2018 г. проведены ультразвуковые исследования 123 пациентам с опухолями головы и шеи в возрасте 19–76 лет (медиана – 57 лет). У всех пациентов заподозрены метастатические изменения в лимфоузлах различной локализации. В каждом случае была выполнена тонкоигольная аспирационная биопсия до начала лечения. Исследования проводились на аппарате Arlio 500 (Toshiba, Япония) линейным датчиком 7–18 МГц. По данным цитологического исследования пункционного материала пациенты были разделены на две группы. Первую группу составили 58 человек с цитологически подтвержденным метастатическим поражением лимфатических узлов. Во вторую группу вошли 65 пациентов, у которых выявлена гиперплазия лимфоидно-ретикулярной ткани. Значения модуля Юнга для метастатически измененных лимфоузлов составили: медиана – 134,2 кПа, 2,5–97,5 процентиля – 7,3–181,7 кПа, для гиперплазированных лимфатических узлов: 20,1 кПа, 6,9–138,3 кПа соответственно. Таким образом, выявлены значимые различия в значениях модуля Юнга между метастатически измененными и гиперплазированными лимфатическими узлами у пациентов со злокачественными опухолями органов головы и шеи ( $p < 0,001$ ). Наилучшие показатели диагностической информативности для выявления метастатического поражения исследуемых лимфоузлов при опухолях органов головы и шеи достигнуты при пороговом значении модуля Юнга 33,2 кПа (чувствительность – 89,7 %, специфичность – 84,6 %), AUC – 0,899. При этом показатели значений модуля Юнга в метастатических узлах не зависели от первичной опухоли и от локализации лимфатических узлов (подчелюстные, паратрахеальные, шейные, надключичные группы).

**Ключевые слова:** ультразвуковая эластография, эластография сдвиговой волной, лимфатические узлы, модуль Юнга, скорость сдвиговой волны, метастазы.

## EXAMINATION OF PERIPHERAL LYMPH NODES USING SHEAR WAVE ELASTOGRAPHY IN PATIENTS WITH HEAD AND NECK CANCER

D.A. Lezhnev<sup>1</sup>, A.Yu. Vasilyev<sup>1</sup>, E.A. Egorova<sup>1</sup>, M.V. Smyslenova<sup>1</sup>, V.P. Truten<sup>1</sup>, V.V. Petrovskaya<sup>1</sup>, A.I. Gromov<sup>1</sup>, O.V. Kostash<sup>2</sup>, Yu.V. Kabin<sup>2</sup>, V.V. Kapustin<sup>2</sup>

Moscow State University of Medicine and Dentistry named after Evdokimov, Moscow, Russia<sup>1</sup>

20/1, Delegatskaya Street, 127473-Moscow, Russia<sup>1</sup>

Moscow Municipal Cancer Hospital №62, Moscow, Russia<sup>2</sup>

27, Istra, 143423-Krasnogorsk district, Moscow region, Russia. E-mail: kostash2012@yandex.ru<sup>2</sup>

### Abstract

Between December and September 2018 123 patients with head and neck tumors underwent ultrasound examination. The median age of the patients was 57 years (range 19–76 years). Metastatic lymph nodes were suspected in all patients. A fine needle aspiration biopsy was performed prior to treatment. Aplio 500 (Toshiba, Japan) ultrasound device was used. According to findings of cytological examination, all patients were divided into 2 groups. Group I consisted of 58 patients with cytologically confirmed metastatic lymph nodes. Group II comprised 65 patients with lymphoid reticular hyperplasia. The values of Young's modulus for metastatic lymph nodes were: median – 134.2 kPa, 2.5–97.5 percentiles – 7.3–181.7 kPa. The corresponding values for hyperplastic lymph nodes were: 20.1 kPa, 6.9–138.3 kPa. Thus, significant differences in the values of Young's modulus between metastatic and hyperplastic lymph nodes were detected in patients with head and neck cancer ( $p < 0.001$ ). The best diagnostic values for detecting metastatic lymph nodes in patients with head and neck cancer were achieved with a threshold value of the Young's modulus of 33.2 kPa (sensitivity – 89.7 %, specificity – 84.6 %), AUC – 0.899. The values of the Young's modulus in the metastatic lymph nodes did not depend on the primary tumor and on the localization of the lymph nodes studied (submandibular, paratracheal, cervical, supraclavicular groups).

**Key words:** ultrasound elastography, shear wave elastography, lymph nodes, Young's modulus, shear wave velocity, metastases.

### Введение

Роль ультразвукового исследования в диагностике поражения лимфатических узлов общеизвестна. Оно позволяет визуализировать минимальные изменения в лимфатическом узле при его метастатической трансформации. Для верификации метастатического поражения лимфатических узлов в основном используется тонкоигольная аспирационная пункционная биопсия (ТАПБ). Эластография – перспективная технология ультразвуковой диагностики, позволяющая с помощью цветовой карты эластичности тканей, которая накладывается на стандартное серошкальное изображение, визуализировать в режиме реального времени различные по своей жесткости объекты. Большинство злокачественных образований имеют более жесткую структуру, чем окружающие ткани [1]. Современная эластография представлена двумя основными методиками: компрессионной эластографией и эластографией сдвиговой волной (ЭСВ), которая имеет следующие преимущества перед компрессионной эластографией: меньшая степень операторозависимости; возможность получения количественных показателей; повторяемость результатов; более высокая диагностическая эффективность.

В связи с этим ЭСВ получила широкое распространение как дополнительный способ

получения диагностической информации. В ее основе лежит генерация основным ультразвуковым лучом поперечных сдвиговых волн, что позволяет оценивать свойства тканей в абсолютных величинах: модуль Юнга (кПа) и скорость сдвиговых волн (м/с). Эластичность тканей оценивается с помощью различных показателей, в том числе с помощью коэффициента, который называется модулем упругости (модулем Юнга) [2]. Эластография сдвиговой волной базируется на втором уравнении модуля Юнга:

$$E \approx 3\rho c_s^2,$$

где  $E$  – модуль Юнга (кПа),  $c_s$  – скорость сдвиговой волны (м/с),  $\rho$  – плотность ткани ( $\approx 1000$  кг/м<sup>3</sup>) [3].

В литературе встречаются работы, посвященные диагностике рака молочной железы [4–6], щитовидной железы [7–9], предстательной железы [10], яичка [11] с помощью методики ЭСВ. Кроме того, изучается возможность применения ЭСВ для распознавания метастатического поражения периферических лимфатических узлов (ЛУ) при опухолях различных локализаций. Наибольшее внимание уделено применению ЭСВ для диагностики изменений в регионарных ЛУ при раке щитовидной железы [12–17], а

также подмышечных ЛУ при раке молочной железы [18–21]. Все авторы отмечают значимое различие жесткости тканей при злокачественном и доброкачественном характере изменений в ЛУ.

При опухолях головы и шеи состояние шейных ЛУ имеет большое значение для прогноза заболевания, выбора вариантов лечения [22]. Ультразвуковое исследование используется как рутинный метод при всех метастазирующих опухолях органов головы и шеи. Оно позволяет визуализировать злокачественные новообразования (ЗНО) уже на первых этапах диагностики, в условиях поликлиники. Особую значимость УЗИ имеет в диагностике опухолевых образований в толще мягких тканей лица и на шее, что позволяет заподозрить метастатическое поражение даже в непальпируемых лимфатических узлах.

Применению эластографии сдвиговой волной для диагностики метастатического поражения лимфатических узлов при злокачественных опухолях головы и шеи посвящены немногочисленные работы зарубежных авторов [23–25]. В представленном исследовании ЭВС применялась при других, не менее распространенных онкологических заболеваниях головы и шеи, таких как рак полости рта, опухоли языка, рак небных миндалин, рак губы, рак гортани и злокачественные опухоли придаточных пазух носа. Всем этим опухолям свойственно довольно быстрое распространение в лимфоузлы зон регионарного лимфооттока.

**Цель исследования** – оценка диагностической эффективности эластографии сдвиговой волной в распознавании метастатического поражения лимфатических узлов при опухолях головы и шеи; выявление зависимости показателей жесткости лимфатических узлов от их локализации при различных опухолях головы и шеи; сравнительный

анализ показателей жесткости метастатически измененных лимфоузлов различных локализаций.

### Материал и методы

Проведены ультразвуковые исследования 123 пациентам с опухолями головы и шеи в возрасте 19–76 лет (медиана возраста – 57 лет). У всех пациентов заподозрены метастатические изменения в лимфоузлах различной локализации. В каждом случае была выполнена тонкоигольная аспирационная биопсия до начала лечения.

Ультразвуковые исследования проводились на аппарате Aplio 500 (Toshiba, Япония) линейным датчиком 7–18 МГц. Комплексное УЗИ включало в себя 3 этапа: 1 – ультразвуковое исследование зон лимфооттока в В-режиме; 2 – эластография сдвиговой волной; 3 – прицельная пункция выбранного ЛУ под УЗ-наведением. В В-режиме выявляли наиболее подозрительный в отношении метастатического поражения лимфоузел: снижение эхогенности, преобладание округлой формы, неоднородная структура исследуемого ЛУ, область ворот либо не дифференцируется, либо резко сужена. В доплеровских режимах в пораженных ЛУ определялся нерегулярный (смешанный) тип кровотока с повышенной васкуляризацией как в центре, так и по его периферии.

На втором этапе в режиме реального времени выполнялось эластографическое картирование лимфатического узла и окружающих его тканей. Формирование изображения эластограммы состоит из двух этапов: эластографическое исследование – получение цветного изображения (эластографическое картирование); визуальный анализ эластограммы.

Для получения качественного изображения необходимо соблюдение следующих условий:

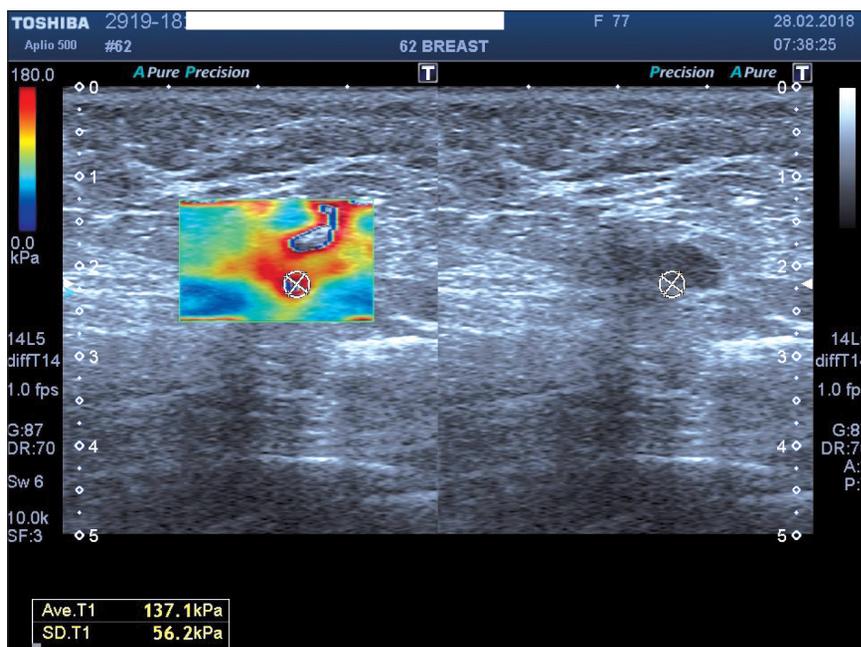


Рис. 1. Эхограмма шейного лимфоузла с метастатическим поражением при раке языка. При эластографии сдвиговой волной в тканях лимфатического узла определяется зона высокой жесткости (картируется оттенками красного цвета). Значение модуля Юнга – 137,1 кПа

уверенная фиксация неподвижного датчика над зоной интереса; минимальное давление на ткани датчиком; минимизация подвижности тканей в зоне проведения эластографического исследования (глотание, дыхание пациента во время проведения исследования). Размеры «зоны интереса» для получения качественного картирования не должны быть большими (рис. 1–3), необходимо добиться равномерного прокрашивания.

По выполнении данных условий эластографическое изображение фиксируется (“freeze”) для проведения количественного анализа. Визуальная оценка жесткости лимфатических узлов производилась в пределах области эластографического картирования «цветового окна». По цветовому

картированию изменения подразделяли на два типа. Первый тип характеризовался наличием в структуре лимфатического узла участков высокой жесткости, прокрашиваемых оранжевым, красным или бордовым цветами. При втором типе окрашивание ткани лимфатического узла не отличалось от окружающих тканей (оттенки синего цвета) или содержались небольшие участки незначительно повышенной жесткости, прокрашиваемые оттенками зеленого или желтого цветов.

Затем в лимфатических узлах проводили измерение модуля Юнга (кПа) в области с наибольшей жесткостью, которая выбиралась при визуальной оценке эластографической картины. Размер зоны интереса – 3–5 мм. Количественное значение

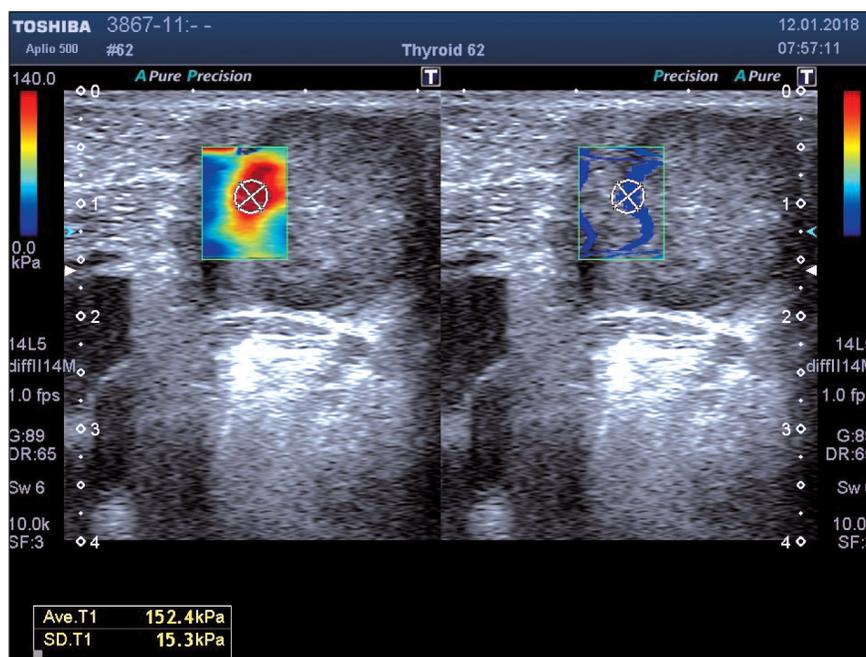


Рис. 2. Эхограмма шейного лимфатического узла с метастатическим поражением при раке гортани. При эластографии сдвиговой волной в тканях лимфатического узла определяется зона высокой жесткости (картируется оттенками красного цвета). Первый тип цветового картирования

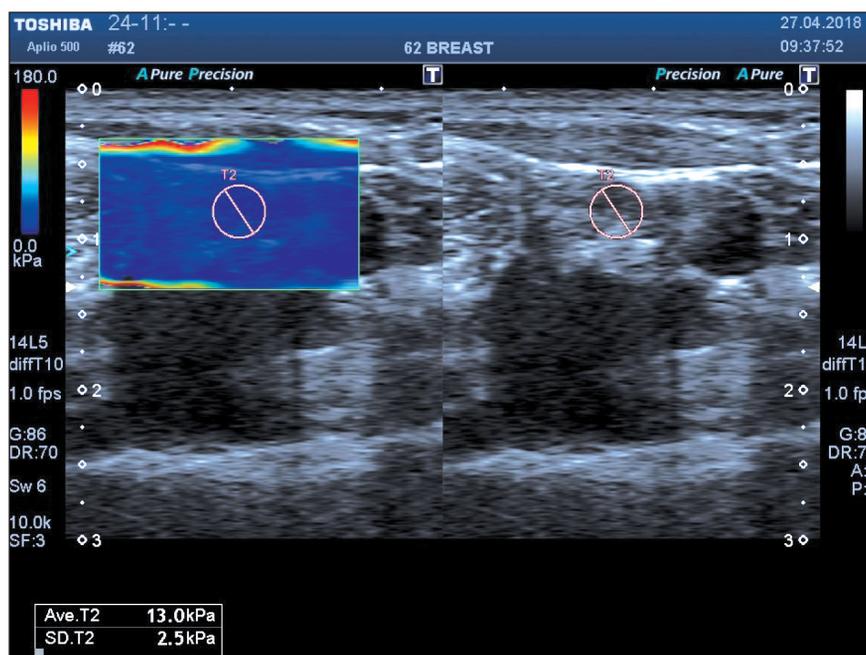


Рис. 3. Эхограмма шейного лимфатического узла с гиперплазией лимфоидно-ретикулярной ткани при цитологически верифицированном раке дна полости рта. При эластографии сдвиговой волной ткани лимфатического узла картируются синим цветом. Второй тип картирования

Таблица 1

**Количество гиперплазированных и метастатически измененных лимфоузлов в сравниваемых группах**

Результаты цитологического исследования	Первичный диагноз					
	Опухоли носа и носовых пазух	Рак миндалин	Рак гортани	Рак дна полости рта	Рак языка	Рак губы
Гиперплазия лимфоидно-ретикулярной ткани	2 (3 %)	14 (21,5 %)	19 (29,2 %)	13 (25 %)	1 (1,5 %)	16 (24,6 %)
Метастатические изменения ЛУ	15 (25,9 %)	-	-	10 (17,2 %)	12 (20,7 %)	21 (36,2 %)

Таблица 2

**Качественная характеристика эластографических свойств лимфатических узлов в сравниваемых группах**

Типы цветового картирования	Первая группа (метастатическое поражение лимфатических узлов, n=58)	Вторая группа (гиперплазия ЛУ, n=65)
	Первый тип	49 (84,5 %)
Второй тип	9 (15,5 %)	55 (84,6 %)

Таблица 3

**Статистические характеристики количественного показателя эластографических свойств лимфатических узлов в сравниваемых группах**

Показатель	Первая группа (метастатическое поражение ЛУ, n=58)			Вторая группа (гиперплазия ЛУ, n=65)		
	Медиана	2,5–97,5-й процентиля	Минимальные-максимальные значения	Медиана	2,5–97,5-й процентиля	Минимальные-максимальные значения
Модуль Юнга, кПа	134,1	7,3–181,7	6,3–184,0	20,1	6,9–138,3	5,3–165,5

для выбранной зоны интереса автоматически отображалось на экране. Измерения проводились трехкратно, для статистического анализа использовалось максимальное значение модуля Юнга. На завершающем этапе исследования выполняли ТАПБ из максимально ригидного участка лимфатического узла под УЗ-контролем.

Больные были разделены на две группы: 58 пациентов с метастазами в регионарные лимфатические узлы и 65 – с гиперплазией лимфоидно-ретикулярной ткани. С учетом первичного диагноза были выделены 6 подгрупп пациентов (табл. 1).

Для проведения статистического анализа использовались стандартные методы (SPSS Statistics). Поскольку распределение количественных эластографических показателей в исследовании считали отличным от нормального, то для их описания применяли следующие непараметрические статистические характеристики (медиану, минимальное – максимальное значения, 2,5–97,5-й процентиля). Для сравнения двух групп использовали критерий Манна – Уитни. Различия между

группами сравнения считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Диагностическую эффективность количественных показателей оценивали при помощи ROC-анализа с определением площади под кривой (AUC).

**Результаты и обсуждение**

При анализе цветового эластографического картирования ткани лимфатических узлов (табл. 2) у 84,5 % пациентов первой группы с метастатическим поражением лимфатических узлов наблюдался первый тип окрашивания (рис. 2). У 84,6 % пациентов второй группы с гиперплазированными лимфатическими узлами наблюдался второй тип окрашивания (рис. 3). Различия между группами достоверны ( $p < 0,001$ ). Количественная оценка жесткости лимфатических узлов отражена в табл. 3. Сравнение анализируемых групп показало значимые различия между ними по значениям модуля Юнга ( $p < 0,001$ ).

ROC-анализ продемонстрировал высокую эффективность эластографии сдвиговой волной в выявлении патологических шейных лимфа-

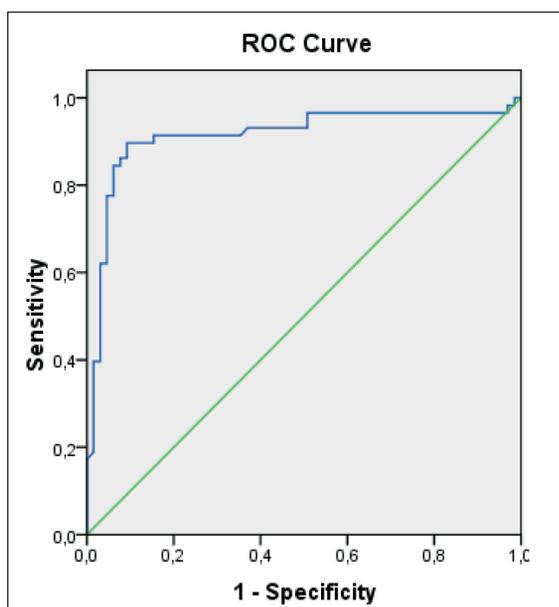


Рис. 4. ROC-кривая теста «модуль Юнга  $\geq 33,2$  кПа – метастатическое поражение шейных лимфатических узлов»

тических узлов высоким показателем *AUC* для модуля Юнга (0,899) (рис. 4). При пороговом значении модуля Юнга тканей исследованных лимфатических узлов 33,2 кПа чувствительность составила 89,7 %, специфичность – 84,6 %.

При анализе данных зарубежной литературы по использованию эластографии сдвиговой волны

для выявления метастатически измененных лимфатических узлов различной локализации обращает на себя внимание заметный разброс значений модуля Юнга (табл. 4). Следует отметить, что сравнивались показатели модуля Юнга для лимфатических узлов различных локализаций, при различных первичных опухолях, исследования выполнялись на УЗ-сканерах различных фирм-производителей. В нашей работе все исследования проводились на одном аппарате с использованием единой методики, как уже упоминалось, исследования проводились трехкратно и сравнивались максимальные показатели модуля Юнга. В исследовании You et al. [13] сравнивали ригидность патологических и гиперплазированных лимфатических узлов шеи при заболеваниях щитовидной железы. Измерения проводились трехкратно и для сравнения использовались средние значения модуля Юнга. Azizi et al. [15] проводили сравнение жесткости метастатических и гиперплазированных ЛУ, но первичные диагнозы у пациентов были разные (лимфома, плоскоклеточный рак, лейкемия и рак предстательной железы).

Мы провели сравнительную оценку количественных показателей жесткости (в кПа) гиперплазированных и метастатических лимфатических узлов по нозологиям (табл. 5). Однако из-за недостаточного количества исследований полученные результаты нельзя считать окончательными. При сравнении показателей модуля Юнга метастатически измененных лимфоузлов с

Таблица 4

**Сравнительный анализ количественных показателей эластографии сдвиговой волной для лимфатических узлов различной локализации**

Авторы	Локализация ЛУ	Вид ЭВС, ультразвуковой аппарат, производитель	Модуль Юнга (кПа) или скорость сдвиговых волн (м/с)		Чувствительность	Специфичность	<i>AUC</i>	Пороговое значение
			Доброкачественные изменения	Злокачественные изменения				
Kim et al. (2018) [17]	Шея	ЭВС, SuperSonic Imagine, Aix-en-Provence, France	11,8 кПа	37,1 кПа	83,3 %	96,8 %	0,933	37,5 кПа
Desmots et al. (2016) [21]	Шея	ЭВС, Aixplorer, SuperSonic Imagine, France	23 ± 25 кПа	72 ± 59 кПа	87 %	88 %	0,903	31 кПа
Choi et al. (2013) [23]	Шея	ЭВС, Aixplorer, SuperSonic Imagine, France	14,22 ± 4,19 кПа	41,06 ± 36,3 кПа	91 %	97 %	0,960	19,44 кПа
You et al. (2017) [13]	Шея	ЭВС, Aixplorer US, SuperSonic Imagine, France	23,5 ± 12,6 кПа	58,7 ± 25,7 кПа	80 %	93,4 %	0,918	40,2 кПа
Azizi et al. (2016) [15]	Шея	ЭВС, Siemens ACUSON S3000US)	2,71 ± 0,65 м/с	3,96 ± 0,96 м/с	92,59 %	75,46 %	0,88	2,93 м/с
Cheng et al. (2016) [16]	Шея	ЭВС	2,71 ± 0,85 м/с	4,46 ± 1,46 м/с	78,9 %	74,4 %	0,855	3,34 м/с

Таблица 5

**Статистические характеристики количественного показателя эластографических свойств метастатически измененных лимфатических узлов в зависимости от первичного диагноза**

Диагноз	Заболевания носа и носовых пазух (n=15)	Рак губы (n=21)	Рак дна полости рта (n=10)	Рак языка (n=12)
Модуль Юнга, кПа	22,2–177,6	35,8–168,0	42,8–167,8	62,0–184,0

Таблица 6

**Сравнительный анализ количественных показателей эластографических свойств лимфатических узлов при опухолях головы и шеи, раке молочной железы и меланоме кожи**

Показатель	Метастатическое поражение ЛУ при раке молочной железы (n=33)			Метастатическое поражение ЛУ при меланоме кожи (n=11)			Метастатическое поражение ЛУ при опухолях головы и шеи (n=58)		
	Медиана	2,5–97,5-й проценты	Мин.-максим. значения	Медиана	2,5–97,5-й проценты	Мин.-максим. значения	Медиана	2,5–97,5-й проценты	Мин.-максим. значения
Модуль Юнга, кПа	91,7	14,0–150,0	14,0–150,0	101,8	14,0–164,5	14,0–164,5	134,1	7,3–181,7	6,3–184,0

учетом первичного диагноза отмечается разброс показателей жесткости от 22,2 кПа до 184,0 кПа. Различия в значениях модуля Юнга обусловлены, вероятно, техническими погрешностями в измерениях эластичности ЛУ и окружающих их тканей (близкое расположение крупных сосудистых пучков, костных структур, различная выраженность подкожно-жировой клетчатки). Наиболее близкие к нашим результатам пороговые значения жесткости представлены в исследовании Kim et al. [17] – 37,5 кПа и Desmots et al. [22] – 31,0 кПа. При этом показатели диагностической чувствительности и специфичности также оказались схожими: в нашем исследовании – 89,7 % и 84,6 %; у зарубежных авторов – 83,3 %, 96,8 % и 87 %, 88 % соответственно.

Анализ данных показателей жесткости, полученных нами при исследовании патологических ЛУ у больных опухолями головы и шеи, не выявил значимых различий ( $p > 0,05$ ), что позволяет использовать эластографию как дополнительный метод исследования, не ориентируясь на локализацию первичного очага (табл. 5). Кроме того, нами был проведен сравнительный анализ значений модуля Юнга у больных с ЗНО ЛОР-органов, с метастатическим поражением подмышечных ЛУ при раке молочной железы и метастазами в лимфоузлы у больных с меланомой кожи (табл. 6). Значимых различий показателей модуля Юнга метастатически измененных ЛУ при различных заболеваниях не выявлено ( $p = 0,05$ ).

Если сравнивать данные, ранее полученные нами при исследовании подмышечных лимфатических узлов при раке молочной железы [21], лимфоузлов различной локализации при мела-

номе кожи [26] и лимфоузлов при заболеваниях головы и шеи, можно выявить более высокие показатели чувствительности при исследовании шейных лимфоузлов – 89,7 %, для подмышечных лимфатических узлов при раке молочной железы этот показатель составил 85,0 %, для лимфатических узлов при меланоме кожи – 86 %. Несколько разнятся показатели специфичности: для шейных лимфоузлов этот показатель составил 84,6 %, для подмышечных лимфатических узлов – 82 %, для ЛУ при меланоме кожи – 77 %.

**Выводы**

Проведенное исследование выявило значимые различия ( $p < 0,001$ ) в значениях модуля Юнга метастатически измененных и гиперплазированных лимфатических узлов у пациентов с опухолями головы и шеи. При этом наилучшие показатели диагностической эффективности в выявлении метастатического поражения лимфоузлов были достигнуты при пороговом значении модуля Юнга 33,2 кПа (чувствительность – 89,7 %, специфичность – 84,6 %), площадь под кривой (AUC) составила 0,899. Показатели модуля Юнга метастатических лимфатических узлов не зависят от их локализации и первичного диагноза. Это позволяет использовать эластографию сдвиговой волны как дополнительную диагностическую технологию для выявления метастатического поражения периферических лимфоузлов. Зону повышенной жесткости в ткани исследуемого лимфатического узла следует рассматривать как мишень для прицельной тонкоигольной аспирационной биопсии под ультразвуковым наведением.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Denis M., Bayat M., Mehrmohammadi M., Gregory A., Song P., Whaley D.H., Pruthi S., Chen S., Fatemi M., Alizad A. Update on breast cancer detection using comb-push ultrasound shear elastography. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control*. 2015 Sep; 62(9): 1644–50.
2. Осипов Л.В. Технологии эластографии в ультразвуковой диагностике. *Медицинский алфавит*. 2013; 3–4(23): 2–21. [Osipov L.V. Elastography technologies in ultrasound diagnostics. *Medical alphabet*. 2013; 3 4(23): 2–21. (in Russian)].
3. Митков В.В., Миткова М.Д. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2015; 2: 94–108. [Mitkov V.V., Mitkova M.D. Ultrasound Shear Wave Elastography. *Journal of Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2015; 2: 94–108. (in Russian)].
4. Bayat M., Denis M., Gregory A., Mehrmohammadi M., Kumar V., Meixner D., Fazio R.T., Fatemi M., Alizad A. Diagnostic features of quantitative comb-push shear elastography for breast lesion differentiation. *PLoS One*. 2017 Mar 3; 12(3): e0172801. doi: 10.1371/journal.pone.0172801.
5. Kim J.Y., Shin J.K., Lee S.H. The Breast Tumor Strain Ratio Is a Predictive Parameter for Axillary Lymph Node Metastasis in Patients With Invasive Breast Cancer. *AJR*. 2015 Dec; 205(6): W630–8. doi: 10.2214/AJR.14.14269.
6. Youk J.H., Son E.J., Han K., Gweon H.M., Kim J.A. Performance of shear-wave elastography for breast masses using different region-of-interest (ROI) settings. *Acta Radiol*. 2018 Jul; 59(7): 789–797. doi: 10.1177/0284185117735562.
7. Wang F., Chang C., Chen M., Gao Y., Chen Y.L., Zhou S.C., Li J.W., Zhi W.X. Does Lesion Size Affect the Value of Shear Wave Elastography for Differentiating Between Benign and Malignant Thyroid Nodules? *J Ultrasound Med*. 2018 Mar; 37(3): 601–609. doi: 10.1002/jum.14367.
8. Tian W., Hao S., Gao B., Jiang Y., Zhang S., Guo L., Luo D. Comparison of Diagnostic Accuracy of Real-Time Elastography and Shear Wave Elastography in Differentiation Malignant From Benign Thyroid Nodules. *Medicine (Baltimore)*. 2015 Dec; 94(52): e2312. doi: 10.1097/MD.0000000000002312.
9. Chang N., Zhang X., Wan W., Zhang C., Zhang X. The Preciseness in Diagnosing Thyroid Malignant Nodules Using Shear-Wave Elastography. *Med Sci Monit*. 2018 Feb 2; 24: 671677.
10. Митков В.В., Васильева А.К., Миткова М.Д. Ультразвуковая эластография сдвиговой волны у больных с подозрением на рак предстательной железы. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2012; 5: 18–29. [Mitkov V.V., Vasileva A.K., Mitkova M.D. Shear Wave Ultrasound Elastography in Prostate Cancer Diagnosis. *Journal of Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2012; 5: 18–29. (in Russian)].
11. Митков В.В., Гогаева И.М., Миткова М.Д., Колесников Г.П., Васильева А.К., Кадрев А.В., Рязанцев А.А. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной в характеристике рака яичка. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2017; 5: 13–24. [Mitkov V.V., Gogaeva I.M., Mitkova M.D., Kolesnikov G.P., Vasileva A.K., Kadrev A.V., Ryazantsev A.A. Ultrasound shear wave elastography in testicular cancer characterization. *Journal of Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2017; 5: 13–24. (in Russian)].
12. Park A.Y., Kim J.A., Son E.J., Youk J.H. Shear-wave elastography for papillary thyroid carcinoma can improve prediction of cervical lymph node metastasis. *Ann Surg Oncol*. 2016 Dec; 23(Suppl 5): 722–729. doi: 10.1245/s10434-016-5572-x.
13. You J., Chen J., Xiang F., Song Y., Khamis S., Lu C., Lv Q., Zhang Y., Xie M. The value of quantitative shear wave elastography in differentiating the cervical lymph nodes in patients with thyroid nodules. *J Med Ultrason* (2001). 2018 Apr; 45(2): 251–259. doi: 10.1007/s10396-017-0819-0.
14. Chen B.B., Li J., Guan Y., Xiao W.W., Zhao C., Lu T.X., Han F. The value of shear wave elastography in predicting for undiagnosed small cervical lymph node metastasis in nasopharyngeal carcinoma: A preliminary study. *Eur J Radiol*. 2018 Jun; 103: 19–24. doi: 10.1016/j.ejrad.2018.03.006.
15. Azizi G., Keller J.M., Mayo M.L., Piper K., Puett D., Earp K.M., Malchoff C.D. Shear wave elastography cervical lymph nodes: predicting malignancy. *Ultrasound Med Biol*. 2016 Jun; 42(6): 1273–81. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2016.01.012.
16. Cheng K.L., Choi Y.J., Shim W.H., Lee J.H., Baek J.H. Virtual Touch Tissue Imaging Quantification Shear Wave Elastography: Prospective Assessment of Cervical Lymph Nodes. *Ultrasound Med Biol*. 2016 Feb; 42(2): 378–86. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2015.10.003.
17. Kim H.J., Choi I.H., Jin S.Y., Park H.K., Byun D.W., Suh K., Yoo M.H. Efficacy of Shear-Wave Elastography for Detecting Postoperative Cervical Lymph Node Metastasis in Papillary Thyroid Carcinoma. *Int J Endocrinol*. 2018 Sep 4; 2018: 9382649. doi: 10.1155/2018/9382649.
18. Evans A., Rauchhaus P., Whelehan P., Thomson K., Purdie C.A., Jordan L.B., Michie C.O., Thompson A., Vinnicombe S. Does shear wave ultrasound independently predict axillary lymph node metastasis in women with invasive breast cancer? *Breast Cancer Res Treat*. 2014 Jan; 143(1): 153–7. doi: 10.1007/s10549-013-2747-z.
19. Seo M., Sohn Y.M. Differentiation of benign and metastatic axillary lymph nodes in breast cancer: additive value of shear wave elastography to B-mode ultrasound. *Clin Imaging*. 2018 Jul/Aug; 50: 258263. doi: 10.1016/j.clinimag.2018.04.013.
20. Tamaki K., Tamaki N., Kamada Y., Uehara K., Miyashita M., Sm Chan M., Ishida T., Ohuchi N., Sasano H. Non-invasive evaluation of axillary lymph node status in breast cancer patients using shear wave elastography. *Tohoku J Exp Med*. 2013 Nov; 231(3): 211–6.
21. Косташ О.В., Кабин Ю.В., Сметов Н.А., Капустин В.В., Громов А.И. Эластография сдвиговой волной в распознавании метастатического поражения подмышечных лимфатических узлов при раке молочной железы. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2017; 3: 22–31. [Kostash O.V., Kabin Yu.V., Smetkhov N.A., Kapustin V.V., Gromov A.I. Shear wave elastography in recognition of metastatic axillary lymph nodes in women with breast cancer. *Journal of Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2017; 3: 22–31. (in Russian)].
22. Desmots F., Fakhry N., Mancini J., Reyre A., Vidal V., Jacquier A., Santini L., Moulin G., Varoquaux A. Shear wave elastography in head and neck lymph node assessment: image quality and diagnostic impact compared with B-mode and Doppler ultrasonography. *Ultrasound Med Biol*. 2016 Feb; 42(2): 387–98. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2015.10.019.
23. Choi Y.J., Lee J.H., Lim H.K., Kim S.Y., Han M.W., Cho K.J., Baek J.H. Quantitative shear wave elastography in the evaluation of metastatic cervical lymph nodes. *Ultrasound Med Biol*. 2013 Jun; 39(6): 935–40. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2012.12.009.
24. Fujiwara T., Tomokuni J., Iwanaga K., Ooba S., Haji T. Acoustic radiation force impulse imaging for reactive and malignant/metastatic cervical lymph nodes. *Ultrasound Med Biol*. 2013 Jul; 39(7): 1178–83. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2013.02.001.
25. Meng W., Xing P., Chen Q., Wu C. Initial experience of acoustic radiation force impulse ultrasound imaging of cervical lymph nodes. *Eur J Radiol*. 2013 Oct; 82(10): 1788–92. doi: 10.1016/j.ejrad.2013.05.039.
26. Косташ О.В., Кабин Ю.В., Сметов Н.А., Капустин В.В., Громов А.И. Метастатическое поражение периферических лимфатических узлов при злокачественной меланоме кожи: роль эластографии сдвиговой волной. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2017; 6: 25–35. [Kostash O.V., Kabin Yu.V., Smetkhov N.A., Kapustin V.V., Gromov A.I. Metastatic peripheral lymph nodes in cutaneous malignant melanoma: role of shear wave elastography. 2017; 6: 25–35. (in Russian)].

Поступила/Received 02.10.18  
Принята в печать/Accepted 04.02.19

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Лежнев Дмитрий Анатольевич**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики, Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова (г. Москва, Россия). SPIN-код: 6648-9613. Researcher ID (WOS): B-6854-2018. Author ID (Scopus): 24468778600. ORCID: 0000-0002-7163-2553.

**Васильев Александр Юрьевич**, профессор, член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, кафедра лучевой диагностики, Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова (г. Москва, Россия). SPIN-код: 3519-0938. AuthorID (РИНЦ): 242494. Researcher ID (WOS): O-8862-2017. Author ID (Scopus): 7402046692. ORCID: 0000-0002-0635-4438.

**Егорова Елена Алексеевна**, доктор медицинских наук, профессор кафедры лучевой диагностики, Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова (г. Москва, Россия). SPIN-код: 3771-3676. Researcher ID (WOS): O-7304-2017. Author ID (Scopus): 57196761433. ORCID: 0000-0003-2580-5692.

**Смысленова Маргарита Витальевна**, доктор медицинских наук, профессор кафедры лучевой диагностики, Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова (г. Москва, Россия).

**Трутен Виктор Павлович**, доктор медицинских наук, профессор кафедры лучевой диагностики, Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова (г. Москва, Россия).

**Петровская Виктория Васильевна**, доктор медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики, Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова (г. Москва, Россия). SPIN-код: 3086-5063. ORCID: 0000-0001-8298-9913.

**Громов Александр Игоревич**, доктор медицинских наук, профессор кафедры лучевой диагностики, Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова (г. Москва, Россия). SPIN-код: 6842-8684. ORCID: 0000-0002-9014-9022.

**Косташ Ольга Владимировна**, врач отделения ультразвуковой диагностики, Московская городская онкологическая больница № 62 (г. Москва, Россия). SPIN-код: 9188-4429.

**Кабин Юрий Вячеславович**, кандидат медицинских наук, врач отделения ультразвуковой диагностики, Московская городская онкологическая больница № 62 (г. Москва, Россия). SPIN-код: 5502-9412.

**Капустин Владимир Викторович** доктор медицинских наук, заведующий отделением ультразвуковой диагностики, Московская городская онкологическая больница № 62, Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова (г. Москва, Россия). SPIN-код: 2056-1115. ORCID: 0000-0002-3771-1354.

### **Финансирование**

*Это исследование не потребовало дополнительного финансирования.*

### **Конфликт интересов**

*Авторы объявляют, что у них нет конфликта интересов.*

## ABOUT THE AUTHORS

**Dmitry A. Lezhnev**, MD, DSc, Professor, Head of Diagnostic Imaging Department, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after Evdokimov (Moscow, Russia). Researcher ID (WOS): B-6854-2018. Author ID (Scopus): 24468778600. ORCID: 0000-0002-7163-2553.

**Aleksandr Yu. Vasilyev**, MD, DSc, Professor, Corresponding Member RAS, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after Evdokimov (Moscow, Russia). Researcher ID (WOS): O-8862-2017. Author ID (Scopus): 7402046692. ORCID: 0000-0002-0635-4438.

**Elena A. Egorova**, MD, DSc, Professor of the Diagnostic Imaging Department, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after Evdokimov (Moscow, Russia). Researcher ID (WOS): O-7304-2017. Author ID (Scopus): 57196761433. ORCID: 0000-0003-2580-5692.

**Margarita V. Smyslenova**, MD, DSc, Professor of the Diagnostic Imaging Department, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after Evdokimov (Moscow, Russia).

**Viktor P. Truten**, MD, DSc, Professor of the Diagnostic Imaging Department, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after Evdokimov (Moscow, Russia).

**Viktoriia V. Petrovskaya**, MD, DSc, Professor of the Diagnostic Imaging Department, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after Evdokimov (Moscow, Russia). ORCID: 0000-0001-8298-9913.

**Aleksandr I. Gromov**, MD, DSc, Professor of the Diagnostic Imaging Department, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after Evdokimov (Moscow, Russia). ORCID: 0000-0002-9014-9022.

**Olga V. Kostash**, MD, Ultrasound Diagnostics Department, Moscow City Oncology Hospital No. 62 (Moscow, Russia).

**Yury V. Kabin**, MD, PhD, Ultrasound Diagnostics Department, Moscow City Oncology Hospital No. 62 (Moscow, Russia).

**Vladimir V. Kapustin**, MD, PhD, Head of Ultrasound Diagnostics Department, Moscow City Oncology Hospital No. 62 (Moscow, Russia). ORCID: 0000-0002-3771-1354.

### **Funding**

*This study required no funding.*

### **Conflict of interest**

*The authors declare that they have no conflict of interest.*