

DOI: 10.21294/1814-4861-2023-22-3-83-89

УДК: 618.19-006.6-08-059-06+616.833.34-07

Для цитирования: Худяков П.А., Потапов А.Л., Иванов С.А., Каприн А.Д. Ультразвуковая эластометрия плечевого сплетения после комбинированного лечения рака молочной железы. Сибирский онкологический журнал. 2023; 22(3): 83–89. – doi: 10.21294/1814-4861-2023-22-3-83-89

For citation: Khudiakov P.A., Potapov A.L., Ivanov S.A., Kaprin A.D. Ultrasound elastometry of the brachial plexus after combined modality treatment of breast cancer. Siberian Journal of Oncology. 2023; 22(3): 83–89. – doi: 10.21294/1814-4861-2023-22-3-83-89

## УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ЭЛАСТОМЕТРИЯ ПЛЕЧЕВОГО СПЛЕТЕНИЯ ПОСЛЕ КОМБИНИРОВАННОГО ЛЕЧЕНИЯ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

П.А. Худяков<sup>1</sup>, А.Л. Потапов<sup>1</sup>, С.А. Иванов<sup>1,2</sup>, А.Д. Каприн<sup>2,3,4</sup>

Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Россия<sup>1</sup>

Россия, 249031, г. Обнинск, ул. Маршала Жукова, 10. E-mail: pasha\_lin@mail.ru<sup>1</sup>

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия<sup>2</sup>

Россия, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6<sup>2</sup>

Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России,

г. Москва, Россия<sup>3</sup>

Россия, 125284, г. Москва, 2-й Боткинский пр-д, 3<sup>3</sup>

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России,

г. Обнинск, Россия<sup>4</sup>

Россия, 249036, г. Обнинск, ул. Королева, 4<sup>4</sup>

### Аннотация

Применение эластометрии плечевого сплетения сдвиговой волной важно для повышения качества лечения пациенток с постмастэктомическим отеком верхней конечности. **Цель исследования** – оценка плотности тканей плечевого сплетения у пациенток после комбинированного лечения рака молочной железы с помощью соноэластометрии сдвиговой волной. **Материал и методы.** Обследовано 30 пациенток с постмастэктомическим отеком верхней конечности после комбинированного лечения рака молочной железы, которым выполнена эластометрия плечевого сплетения в межлестничной борозде сдвиговой волной. Сравнивали сторону, где применялась лучевая терапия, с контрлатеральной (здоровой) стороной у одной пациентки. **Результаты.** Медианные значения жесткости ткани в межлестничной борозде, измеренные путем эластометрии сдвиговой волной, составили 30,4 (26,2–35,8) и 16,2 (15–19) кПа на больной и здоровой стороне ( $p < 0,001$ ) соответственно. Не выявлено значимых различий в жесткости тканей, связанных с возрастом пациенток, ведущей стороной (правая/левая) и индексом массы тела. **Выводы.** Эластометрия сдвиговой волной является альтернативным методом исследования плечевого сплетения при лучевой терапии рака молочной железы. На стороне с применением комбинированного лечения рака молочной железы периневральные ткани плечевого сплетения плотнее, чем на здоровой стороне. В клинической практике эластометрия может быть использована для наблюдения за динамикой лучевых повреждений и их последствий.

**Ключевые слова:** эластометрия плечевого сплетения, постмастэктомический отек верхней конечности, лучевые повреждения верхней конечности.

## ULTRASOUND ELASTOMETRY OF THE BRACHIAL PLEXUS AFTER COMBINED MODALITY TREATMENT OF BREAST CANCER

P.A. Khudiakov<sup>1</sup>, A.L. Potapov<sup>1</sup>, S.A. Ivanov<sup>1,2</sup>, A.D. Kaprin<sup>2,3,4</sup>

A. Tsyb Medical Radiological Research Centre – branch of the National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russia, Obninsk, Russia<sup>1</sup>

10, Marshal Zhukov St., 249031, Obninsk, Russia. E-mail: pasha\_lin@mail.ru<sup>1</sup>

RUDN University, Moscow, Russia<sup>2</sup>

6, Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russia<sup>2</sup>

P.A. Hertsen Moscow Oncology Research Institute – branch of the National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russia, Moscow, Russia<sup>3</sup>

3, 2nd Botkinsky proezd, 125284, Moscow, Russia<sup>3</sup>

National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russia, Obninsk, Russia<sup>4</sup>

4, Koroleva St., 249036, Obninsk, Russia<sup>4</sup>

### Abstract

Shear wave elastometry is important for improving the quality of treatment of patients with postmastectomy edema of the upper limb. **Objective:** to assess the density of brachial plexus tissues measured by shear wave sonoelastometry in breast cancer patients who received combined modality treatment. **Material and Methods.** We examined 30 breast cancer patients with postmastectomy edema of the upper limb, who underwent shear wave elastometry of the brachial plexus in the interscalene region. The side where radiation therapy (RT) was delivered was compared with the contralateral (healthy) side in one patient. **Results.** The median values of tissue stiffness measured by shear wave elastometry were 30.4 (26.2–35.8) and 16.2 (15–19) kPa on the affected and unaffected side, respectively ( $p < 0.001$ ). There was no statistically significant difference in tissue stiffness associated with the age of the patients, right/left side and body mass index. **Conclusion.** Shear wave elastometry is an alternative method for examining the brachial plexus in radiotherapy for breast cancer. On the RT side, the perineural tissues of the brachial plexus were denser than those on the healthy side. In clinical practice, elastometry can be used to monitor the dynamics of radiation damage and their consequences.

**Key words:** elastometry of the brachial plexus, postmastectomy edema of the upper limb, radiation injuries of the upper limb.

### Введение

Лучевая терапия является одним из методов лечения после перенесенной радикальной операции по поводу рака молочной железы (РМЖ). Поздние лучевые повреждения сопровождаются осложнениями в области плечевого сплетения (снижение чувствительности, мышечная слабость и боли в верхней конечности) [1]. Это связано с фиброзными изменениями в периневральных тканях, их компрессией и ишемией вследствие массивного отека верхней конечности (лимфедемы) у 10–30 % пациенток после радикальной операции на молочной железе с лучевой терапией [2]. Такие виды осложнений оцениваются как визуальным осмотром, так и с использованием инструментальных методов – электромиографии (ЭМГ) [3], магнитно-резонансной томографии (МРТ), ультразвукового исследования (УЗИ) [4]. МРТ и ЭМГ не всегда доступны на практике, являются инвазивными методиками обследования. МРТ не применима к пациенткам, страдающим клаустрофобией, с металлоконструкциями, кардиостимуляторами. Часто используется контрастное вещество. УЗИ плече-

вого сплетения используется при блокаде верхней конечности, посттравматических осложнениях и периневральном фиброзе [5]. Предполагается, что в условиях постлучевых изменений ультразвуковая визуализация в зоне плечевого сплетения будет отличаться от здоровых тканей. Требуется дать оценку эластичности периневральной области в качестве подтверждающих данных для ранней диагностики поражения надключичной области с включенным в него плечевым сплетением.

Соноэластометрия является неинвазивным методом, широко используется в диагностике злокачественных заболеваний молочной железы, предстательной железы, щитовидной железы, при оценке степени фиброза печеночной ткани [6, 7]. В настоящее время используется 2 метода: эластография компрессионная и метод сдвиговой волны (SWE). В отличие от компрессионной, эластометрия сдвиговой волной дает количественную оценку эластичности (жесткости) состояния периневральных областей. Скорость распространения волны в плотных (фиброзных) тканях выше, чем в интактных (здоровых). С использованием формулы

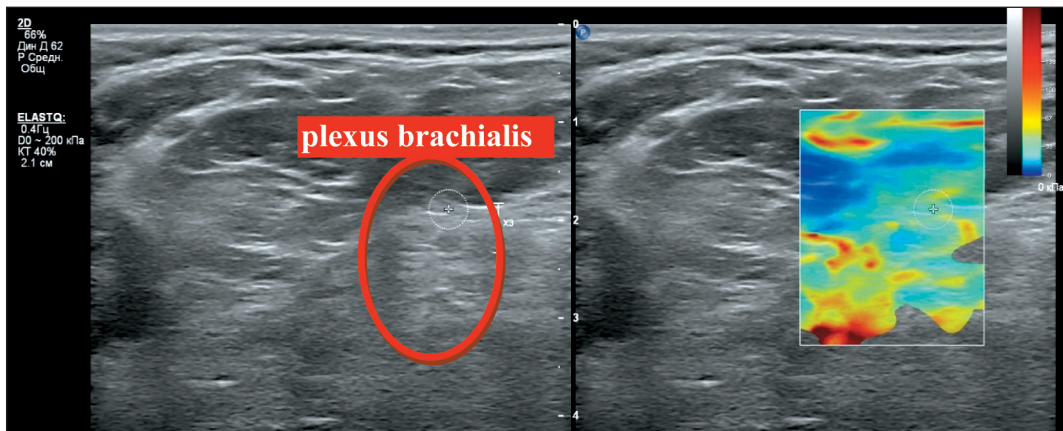


Рис. 1. Картирование плечевого сплетения в межлестничной борозде  
Fig. 1. Mapping of the brachial plexus in the interscalene groove

расчета модуля Юнга она может быть рассчитана не только в м/с, но и в килопаскалях (кПа).

**Цель исследования** – оценка плотности тканей плечевого сплетения у пациенток после комбинированного лечения рака молочной железы с помощью соноэластометрии сдвиговой волной.

#### Материал и методы

Работа выполнялась на базе отдела анестезиологии и реанимации МРНЦ им. А.Ф. Цыба с 2021 по 2023 г. В исследование включалось 30 пациенток в возрасте 48–70 лет (средний возраст – 63 года). Критериями включения являлись лимфостаз верхней конечности после комбинированного лечения РМЖ, включающего радикальную мастэктомию с подмышечной лимфаденэктомией и лучевую терапию на зоны регионарных лимфоузлов в разовой очаговой дозе – 2 Гр 5 раз в нед, СОД 44–50 Гр. Критериями исключения были воспаления, травмы и новообразования плечевого пояса.

Положение пациентки при исследовании: лежа на спине с повернутой в противоположную сторону головой. Зону межлестничной борозды с включенным в нее плечевым сплетением в условиях лучевой нагрузки и отека сравнивали под ультразвуковой навигацией с противоположной здоровой стороной у тех же пациенток. Использовался аппарат PHILIPS EPIQ7 с линейным датчиком PHILIPS eL18-4 20 Гц сдвиговой волной в режиме реального времени (ElastQ).

Ультразвуковой поиск плечевого сплетения в межлестничном пространстве включает на первом этапе получение серошкального изображения и поиск области исследования. После включения режима эластографии устанавливалось цветное окно с учетом зоны интереса, в данном случае в межлестничной борозде с заключенным в ней плечевым сплетением (рис. 1). Необходимо выждать несколько секунд для стабилизации цветовой рамки. В режиме «freezing» в рамке оценивается качество исследования в виде цветного распространения эластометрических волн. После этого

рассчитывается количественная оценка жесткости тканей, где на участках окрашивание было корректное.

Мы использовали европейские рекомендации по эластометрии, согласно которым для оценки жесткости ткани используется не менее 10 измерений [7]. Данный тип ультразвуковой эластографии (ElastQ) предоставляет значения жесткости в цветовом эластографическом окне, в котором значения кодируются разными цветами. Плотность ткани обозначается определенным цветом и картируется автоматически. Более жесткие участки ткани картируются красным цветом, мягкие – синим. Промежуточные – желтым и зеленым цветами. Осуществлялась количественная оценка жесткости исследуемой области, которая сравнивалась со здоровой (контралатеральной) стороной путем измерения значений модуля Юнга в кПа. При каждом измерении автоматически определяются значения модуля Юнга. Использовался индикатор качества данных при каждом измерении – IQR/Med «интерквартильный размах/медиана» представлено в виде процента. Соотношение IQR/Med используется как фактор качества, этот показатель должен быть  $\leq 30\%$  на данном УЗ аппарате. EQI средн. – среднее значение жесткости ткани в кПа. Минимальное количество точек замера – 3 на каждое картирование с учетом стандартного отклонения [8] (рис. 2).

Статистическую обработку полученных результатов выполняли с помощью программ Statistica 10.0 и открытого онлайн ресурса medstatistic.ru (<https://medstatistic.ru/>) с учетом современных рекомендаций [9]. Использовали критерий согласованных пар Wilcoxon. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

#### Результаты

Выявлены значимые различия параметров жесткости тканей плечевого сплетения в межлестничной борозде у пациенток в зоне, подвергшейся лучевой терапии, и условно здоровой стороне (табл. 1). При

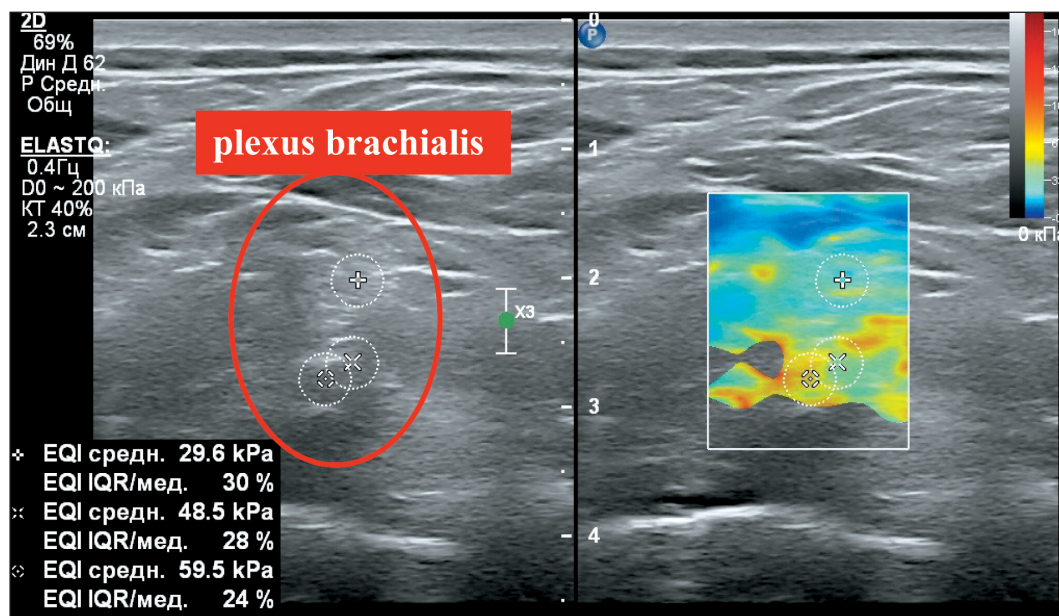


Рис. 2. Жесткость ткани периневральной области в межлестничной борозде, кПа  
 Fig. 2. Stiffness of the tissue of the perineural region in the interscalene groove, in kPa

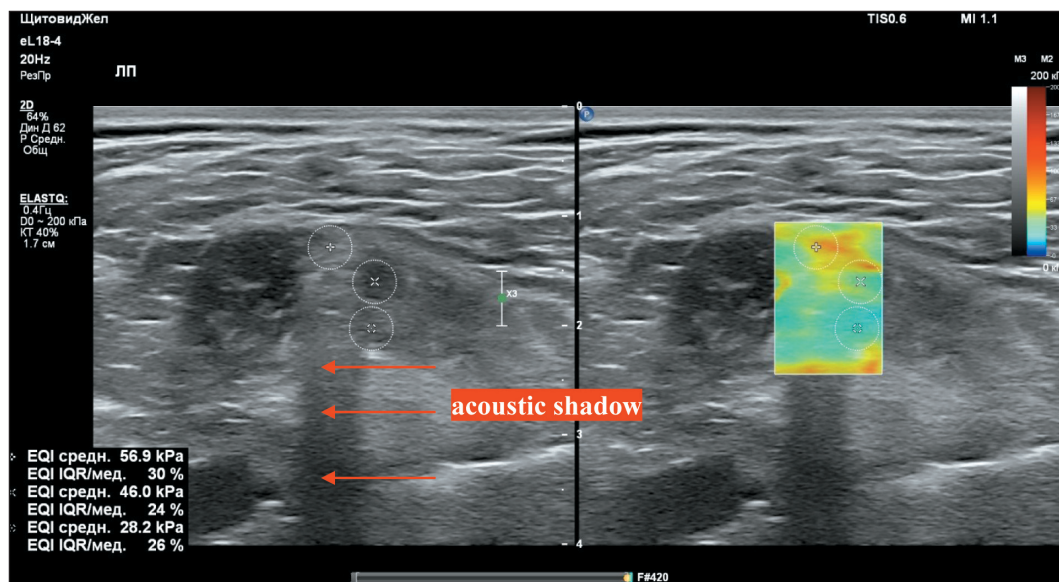


Рис. 3. Измерение эластичности плечевого сплетения у пациентки Ж., 56 лет, в межлестничной борозде на стороне комбинированного лечения с помощью SWE. Среднее значение 43,7 кПа  
 Fig. 3. Measurement of the elasticity of the brachial plexus with SWE in a 56-year-old patient; RT side. The average value is 43.7 kPa

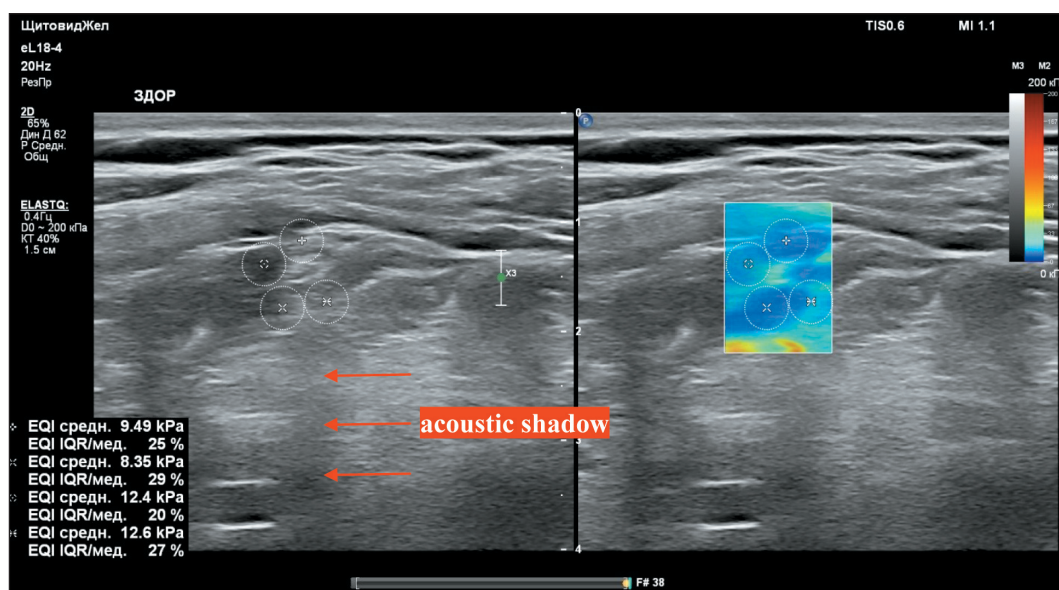


Рис. 4. Измерение эластичности плечевого сплетения у пациентки Ж., 56 лет, в межлестничной борозде с помощью SWE на контрлатеральной стороне. Среднее значение – 10,7 кПа  
 Fig. 4. Measurement of the elasticity of the brachial plexus with SWE in a 56-year-old patient; contralateral side. The average value is 10.7 kPa

Таблица 1/Table 1

**Параметры жесткости тканей плечевого сплетения в межлестничной борозде сдвиговой волной, кПа**  
**Parameters of stiffness of the tissues of the brachial plexus in the interscalene region by a shear wave, in kPa**

Параметр/Parameter	Me (QI–QIII)	95 % ДИ/95 % CI
Лучевая терапия*/Radiation therapy*	30,4 (26,2–35,8)	28,8–33,6
Здоровая сторона/Healthy side	16,2 (15–19)	15,8–17,9

Примечание: \* – различия между контрлатеральными и ипсилатеральными сторонами плечевого сплетения в межлестничной борозде значимы ( $p < 0,001$ ).

Note: \* – statistically significant differences were between the contralateral and ipsilateral sides of the brachial plexus in the interscalene groove ( $p < 0.001$ ).

Таблица 2/Table 2

**Жесткость тканей, кПа**  
**Tissue stiffness, in kPa**

Тип мягкой ткани/Soft tissue type		Модуль Юнга, кПа/ Young's Modulus, in kPa
Молочная железа/ Breast	Нормальная жировая/Normal fat tissue	18–24
	Нормальная железистая/Normal granular	28–66
	Фиброзная/Fibrous	96–244
	Карцинома/Carcinoma	22–560
Печень/Liver	Нормальная/Normal	6–7
	Цирроз/Cirrhosis	15–100
Почка/Kidney	Фиброзная ткань/Fibrous tissue	10–55

этом не выявлено влияния на указанные параметры таких показателей, как возраст, индекс массы тела и ведущая сторона (правша/левша).

*Клинический пример*

*Пациентка Ж., 56 лет. На стороне, где проводилось комбинированное лечение РМЖ (рис. 3), окрашивание картированной зоны в зеленые и желтые цвета и среднее значение 43,7 кПа указывают на более плотную ткань по сравнению с контрольной (интактной) областью, где среднее значение модуля Юнга 10,7 кПа с окрашиванием в синий и голубой цвета (рис. 4). Также на интересующем участке периневральной области в зоне лучевой терапии визуально определяется умеренно выраженная акустическую тень (acoustic shadow) в зоне лучевых изменений (рис. 3), по сравнению с контрлатеральной стороной (рис. 4), где такая тень менее выражена.*

**Обсуждение**

Проблема контроля осложнений лучевой терапии после комбинированного лечения РМЖ является актуальной. Результаты данного исследования показывают существенную разницу в жесткости ткани плечевого сплетения в надключичной области между ипсилатеральной и контрлатеральной сторонами. В литературе представлены экспериментально полученные количественные данные оценки модуля Юнга и, следовательно, жесткости различных тканей (табл. 2) [10]. Учитывая достаточно широкий разброс данных в одной и той

же области, абсолютные числовые значения как диагностический критерий не надежны.

Полученная нами двукратная разница в результатах между сторонами является относительной сравнительной величиной, показывающей разницу в плотности тканей. Контрлатеральная область необходима для корректной оценки количественных результатов жесткости ткани у одного и того же пациента. Разница в акустической тени под нервными корешками не всегда нами прослеживалась, но наличие ее указывает на зону с более плотными участками ткани на стороне проведения лучевой терапии. Аналогичные результаты получены в работе Т. Kültür et al. [11], которые проводили оценку плечевого сплетения эластографией сдвиговой волной после лучевой терапии рака молочной железы. Авторы показали увеличение плотности ткани более чем в 3 раза по отношению к здоровой стороне у той же пациентки. Значение эластичности ипсилатерального плечевого сплетения было значительно выше у пациентов, получавших лучевую терапию (51 кПа), по сравнению с контрлатеральным плечевым сплетением – 18 кПа.

Результаты по контрлатеральной стороне плечевого сплетения, идентичные нашим, получены М.А. Bedewi et al., которые использовали эластографию сдвиговой волной для оценки нервных корешков CV5–CVII плечевого сплетения в межлестничной борозде у здоровых людей, при этом получены нормальные соноэластографические значения. Модуль упругости при сдвиге нервно-

го корешка C5 составил 16,9 кПа, для нервного корешка CVI – 15,7 кПа, для нервного корешка CVII – 16 кПа [12].

Изменения эластичности ткани помогают во время распознать нарушения функции верхней конечности. Помимо лучевой терапии, радикальные операции с тотальной подмышечной лимфодиссекцией также ухудшают питание ткани, вызывают лимфостаз верхней конечности, плексопатии. Сахарный диабет, ожирение также усиливают частоту возникновения нарушений оттока лимфы. Лимфедема III–IV степени требует хирургической коррекции с безопасным видом обезболивания.

Блокада плечевого сплетения является альтернативным видом анестезии [13]. Практическое применение данных УЗИ, в частности эластометрии в режиме SWE, может учитываться при проведении межлестничных блокад. Периневральная область имеет более плотную структуру, поэтому необходимо учитывать полученные данные в обеспечении визуально контролируемого распространения местного анестетика в межлестничной борозде для снижения риска нежелательных осложнений регионарной анестезии. Изменения плотности периневрального

пространства и прилегающих тканей требуют более сильной нейростимуляции для точной локализации нервных корешков, позиции иглы и правильного распространения местного анестетика [14].

### Выводы

В отличие от МРТ и ЭМГ, эластометрия сдвиговой волной является альтернативным методом исследования плечевого сплетения при лучевой терапии рака молочной железы, являясь объективным, неинвазивным доступным способом визуализации. В режиме SWE периневральные ткани, получившие лучевую нагрузку, жестче (плотнее), чем на здоровой стороне. Такие пациентки требуют большего внимания, более частого обращения для контроля последствий лечения РМЖ. Своевременная ультразвуковая диагностика, обнаружение начальных последствий лучевой терапии являются превентивной мерой охраны здоровья и улучшения качества жизни пациенток при выявлении отрицательных последствий комбинированного лечения РМЖ. В клинической практике она может быть использована для контроля за динамикой лучевых повреждений и их последствий.

### ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Gosk J., Rutowski R., Reichert P., Rabczyński J. Radiation-induced brachial plexus neuropathy – aetiopathogenesis, risk factors, differential diagnostics, symptoms and treatment. *Folia Neuropathol.* 2007; 45(1): 26–30.
2. Пасов В.В., Червякова А.Е. Отдаленные результаты реконструктивно-пластических операций у больных вторичным лимфостазом верхних конечностей. *Сибирский онкологический журнал.* 2013; (2): 72–6. [Pasov V.V., Chervyakova A.E. Long-term results of reconstructive-plastic surgeries in patients with secondary lymphostasis of upper extremities. *Siberian Journal of Oncology.* 2013; (2): 72–6. (in Russian)].
3. Partanen V.S., Nikkanen T.A. Electromyography in the estimation of nerve lesions after surgical and radiation therapy for breast cancer. *Strahlentherapie.* 1978; 154(7): 489–94.
4. Sakellariou V.I., Badilas N.K., Mazis G.A., Stavropoulos N.A., Kotoulas H.K., Kyriakopoulos S., Tagkalegkas I., Sofianos I.P. Brachial plexus injuries in adults: evaluation and diagnostic approach. *ISRN Orthop.* 2014. doi: 10.1155/2014/726103.
5. Griffith J.F. Ultrasound of the Brachial Plexus. *Semin Musculoskeletal Radiol.* 2018; 22(3): 323–33. doi: 10.1055/s-0038-1645862.
6. Российская ассоциация специалистов ультразвуковой диагностики в медицине [Internet]. Рекомендации по проведению эластографии сдвиговой волной для оценки жесткости печени при использовании ультразвуковых аппаратов компании Philips с примером протокола 30.05.2017. [cited 2019 Mar 25]. URL: <http://www.rasudm.org/recomendation/details.htm?id=15>. [Russian Association of Specialists in Ultrasound Diagnostics in Medicine. Recommendations for Shear Wave Elastography to Evaluate Liver Stiffness Using Philips Ultrasound Machines with Sample Protocol 30.05.2017. [cited 2019 Mar 25]. URL: <http://www.rasudm.org/recomendation/details.htm?id=15>. (in Russian)].
7. Dietrich C.F., Bamber J., Berzigotti A., Bota S., Cantisani V., Castera L., Cosgrove D., Ferraioli G., Friedrich-Rust M., Gilja O.H., Goertz R.S., Karlas T., de Knegt R., de Ledinghen V., Piscaglia F., Procopet B., Saftoiu A., Sidhu P.S., Sporea I., Thiele M. EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Liver Ultrasound Elastography, Update 2017 (Long Version). *Ultraschall Med.* 2017; 38(4): 16–47. doi: 10.1055/s-0043-103952. Erratum in: *Ultraschall Med.* 2017; 38(4): 48.

8. Ferraioli G., Filice C., Castera L., Choi B.I., Sporea I., Wilson S.R., Cosgrove D., Dietrich C.F., Amy D., Bamber J.C., Barr R., Chou Y.H., Ding H., Farrokh A., Friedrich-Rust M., Hall T.J., Nakashima K., Nightingale K.R., Palmeri M.L., Schafar F., Shiina T., Suzuki S., Kudo M. WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 3: liver. *Ultrasound Med Biol.* 2015; 41(5): 1161–79. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2015.03.007.
9. Кузовлев А.Н., Ядгаров М.Я., Берикашвили Л.Б., Рябова Е.В., Гончарова Д.Д., Переходов С.Н., Лихванцев В.В. Выбор метода статистического анализа. *Анестезиология и реаниматология.* 2021; 3: 88–93. [Kuzovlev A.N., Jadgarov M.Ja., Berikashvili L.B., Rjabova E.V., Goncharova D.D., Perehodov S.N., Lihvancev V.V. Choosing the right statistical test. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology.* 2021; 3: 88–93. (in Russian)]. doi: 10.17116/anaesthesiology202103188.
10. Sarvazyan A.P. Elastic properties of soft tissues. San Diego: Academic Press, 2001. p. 107–27.
11. Kültür T., Okumuş M., İnal M., Yalçın S. Evaluation of the Brachial Plexus With Shear Wave Elastography After Radiotherapy for Breast Cancer. *J Ultrasound Med.* 2018; 37(8): 2029–35. doi: 10.1002/jum.14556.
12. Bedewi M.A., Nissman D., Aldossary N.M., Maetani T.H., El Sharkawy M.S., Koura H. Shear wave elastography of the brachial plexus roots at the interscalene groove. *Neurol Res.* 2018; 40(9): 805–10. doi: 10.1080/01616412.2018.1480922.
13. Худяков П.А., Потапов А.Л. Оценка эффективности общей и регионарной анестезии при дерматолипофасциотомии у пациенток с постмастэктомическим отеком верхней конечности. *Анестезиология и реаниматология.* 2022; (4): 66–70. [Khudyakov P.A., Potapov A.L. Effectiveness of general and regional anesthesia for dermatolipofasciotomy in patients with upper limb swelling following mastectomy. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology* 2022; (4): 66–70. (in Russian)]. doi: 10.17116/anaesthesiology202204166.
14. Худяков П.А., Потапов А.Л., Дербугов В.Н. Способ межлестничной блокады плечевого сплетения при вторичном лимфостазе верхней конечности после радикальной мастэктомии. Патент РФ № 2735889. Заявл. 15.06.2020; Опубл. 09.11.2020. [Khudyakov P.A., Potapov A.L., Derbugov V.N. The method of interstitial blockade of the brachial plexus in secondary lymphostasis of the upper limb after radical mastectomy. The patent of the Russian Federation No 2735889. 09.11.2020. (in Russian)].

Поступила/Received 06.04.2023

Одобрена после рецензирования/Revised 02.06.2023

Принята к публикации/Accepted 14.06.2023

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Худяков Павел Алексеевич**, научный сотрудник отделения анестезиологии и реанимации, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск, Россия). E-mail: pasha\_lin@mail.ru. ORCID: 0000-0002-0272-4737.

**Потапов Александр Леонидович**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом анестезиологии и реанимации, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск, Россия). ORCID: 0000-0003-3752-3107.

**Иванов Сергей Анатольевич**, доктор медицинских наук, член-корреспондент РАН, директор, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск, Россия); профессор кафедры онкологии и рентгенодиагностики им. В.П. Харченко, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (г. Москва, Россия). SPIN-код: 4264-5167. Author ID (Scopus): 16070399200. ORCID: 0000-0001-7689-6032.

**Каприн Андрей Дмитриевич**, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой онкологии и рентгенодиагностики им. В.П. Харченко, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»; директор, Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Москва, Россия); генеральный директор, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск, Россия). SPIN-код: 1759-8101. ORCID: 0000-0001-8784-8415.

## ВКЛАД АВТОРОВ

**Худяков Павел Алексеевич**: существенный вклад в разработку концепции, планирование научной работы, анализ или интерпретацию данной работы, написание черновика статьи.

**Потапов Александр Леонидович**: анализ научной работы, статистическая обработка, критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания.

**Иванов Сергей Анатольевич**: утверждение публикуемой версии статьи.

**Каприн Андрей Дмитриевич**: утверждение публикуемой версии статьи.

**Финансирование**

*Это исследование не потребовало дополнительного финансирования.*

**Конфликт интересов**

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

## ABOUT THE AUTHORS

**Pavel A. Khudiakov**, Researcher, Department of Anesthesiology and Intensive Care, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre – branch of the National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russia (Obninsk, Russia). E-mail: pasha\_lin@mail.ru. ORCID: 0000-0002-0272-4737.

**Aleksandr L. Potapov**, MD, Professor, Head of the Department of Anesthesiology and Resuscitation, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre – branch of the National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russia (Obninsk, Russia). ORCID: 0000-0003-3752-3107.

**Sergey A. Ivanov**, MD, DSc, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre – branch of the National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russia (Obninsk, Russia); Professor of Chair of Oncology and Radiology named after Kharchenko, RUDN University (Moscow, Russia). Author ID (Scopus): 16070399200. ORCID: 0000-0001-7689-6032.

**Andrej D. Kaprin**, MD, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of Chair of Oncology and Radiology named after Kharchenko, RUDN University; Director, P.A. Hertsen Moscow Oncology Research Institute – branch of the National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russia (Moscow, Russia); Director General, National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russia (Obninsk, Russia). ORCID: 0000-0001-8784-8415.

## AUTHOR CONTRIBUTION

**Pavel A. Khudiakov**: study conception, data analysis and interpretation, drafting of the manuscript.

**Aleksandr L. Potapov**: analysis of scientific work, statistical processing, critical revision with the introduction of valuable intellectual content.

**Sergey A. Ivanov**: final approval of the published version of the manuscript.

**Andrej D. Kaprin**: final approval of the published version of the manuscript.

**Funding**

*This study required no funding.*

**Conflict of interests**

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