



© Т.Т. Табагуа¹, В.Е. Левченко¹, В.В. Мортада¹, Р.С. Песоцкий¹, Н.С. Амиров¹,
А.С. Емельянов¹, М.М. Мортада², П.И. Крживицкий¹, В.Ф. Семиглазов¹, П.В. Криворотко¹

Роль обратного лимфогенного картирования при проведении процедуры биопсии сигнальных лимфатических узлов у больных раком молочной железы

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Петрова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Российская Федерация

²Федеральное государственное бюджетное учреждение «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Российская Федерация

© *Tengiz T. Tabagua¹, Valerii E. Levchenko¹, Victoria V. Mortada¹, Roman S. Pesotsky¹, Nikolay S. Amirov¹, Aleksandr S. Emelyanov¹, Mahmud M. Mortada², Pavel I. Krzhivitsky¹, Vladimir F. Semiglazov¹, Petr V. Krivorotko¹*

The Role of Axillary Reverse Mapping during Sentinel Lymph Node Biopsy in Breast Cancer Patients

¹N.N. Petrov National Medicine Research Center of Oncology, St. Petersburg, the Russian Federation

²Saint-Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, St. Petersburg, the Russian Federation

Введение. Частота возникновения лимфедемы после подмышечной лимфаденэктомии варьирует в широких пределах: от 14,1 % до 33,4 %, при этом самые высокие показатели наблюдаются у пациентов, получающих адъювантную лучевую терапию. Рутинное использование биопсии сторожевого лимфатического узла (БСЛУ) вместо подмышечной лимфоаденэктомии (ЛАЭ) привело к снижению частоты лимфедемы и достигло диапазона от 3,5 до 11 %. Таким образом, даже проводя процедуру БСЛУ, мы не всегда можем нивелировать риски развития осложнений. Поскольку в числе удаленных сигнальных лимфатических узлов (СЛУ) могут оказаться лимфатические узлы (ЛУ), ответственные за лимфатический коллектор верхней конечности.

Цель. Оценка взаимосвязи между СЛУ и ЛУ, ответственными за лимфоотток от верхней конечности у больных РМЖ при проведении БСЛУ радиоизотопным методом и с визуализацией лимфатического коллектора верхней конечности при помощи индоцианина зеленого — методика обратного подмышечного картирования.

Материалы и методы. Ретроспективный анализ был проведен на базе ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России. Тридцати пяти пациентам с диагнозом рак молочной железы (РМЖ) при проведении хирургического этапа лечения, включающего биопсию СЛУ, был применен метод обратного подмышечного картирования при помощи инъекции индоцианина зеленого для визуализации ЛУ и сосудов, отвечающих за лимфоотток тканей верхней конечности.

Результаты. В 6 (17,14 %) случаях СЛУ оказался ЛУ, ответственный за лимфатический коллектор верхней конечности. При стандартном патоморфологическом исследовании только в 1 из 6 случаев были обнаружены опухолевые клетки. В остальных 29 (82,86 %) наблюдениях удалось

Introduction. The incidence of lymphedema after axillary lymphadenectomy varies widely, ranging from 14.1 % to 33.4 %, with the highest rates seen in patients receiving adjuvant radiation therapy. The routine use of sentinel lymph node biopsy (SLNB) instead of lymphatic axillary dissection (LAD) resulted in a lower incidence of lymphedema, ranging from 3.5 % to 11 %. Therefore, even when we perform an SLNB procedure, we cannot always offset the risk of complications. This is because the lymph nodes responsible for lymph drainage in the upper limb may be among the removed sentinel lymph nodes.

Aim. To evaluate the relationship between sentinel lymph nodes and lymph nodes responsible for the lymph drainage from the upper limb in BC patients when performing SLNB by radioactive isotope (RI) method and with visualization of the lymph collector of the upper limb using indocyanine green (ICG), an axillary reverse mapping (ARM) technique.

Materials and Methods. The retrospective analysis was carried out on the basis of FSBI N.N. Petrov NMRC of Oncology. Thirty-five patients diagnosed with breast cancer during the surgical stage of treatment, including SLNB and the method of ARM using ICG was applied to visualise lymph nodes and vessels responsible for lymph drainage of upper limb tissues.

Results. In 6 (17.14 %) cases, the sentinel lymph node turned out to be the lymph node responsible for the lymphatic collector of the upper limb. Standard pathomorphology showed tumour cells in only 1 in 6 cases. In the remaining 29 cases (82.86 %) it was possible to preserve the lymphatic collector

сохранить лимфатический коллектор (ЛУ и лимфатические сосуды), отвечающий за лимфоотток от тканей верхней конечности.

Выводы. Проведенный анализ продемонстрировал, что маркировка лимфатических сосудов верхней конечности позволяет дифференцировать ответственные зоны лимфооттока, что, в свою очередь, определяет избирательный подход к удалению ЛУ. А также в случае удаления ЛУ, ответственного за отток лимфы от верхней конечности, возможно проведение превентивных мер по профилактике лимфостаза.

Ключевые слова: рак молочной железы; аксиллярная лимфодиссекция; биопсия сигнальных лимфатических узлов; обратное подмышечное картирование; хирургическое лечение рака молочной железы

Для цитирования: Табагуа Т.Т., Левченко В.Е., Мортада В.В., Песоцкий Р.С., Амиров Н.С., Емельянов А.С., Мортада М.М., Крживицкий П.И., Семиглазов В.Ф., Криворотко П.В. Роль обратного лимфогенного картирования при проведении процедуры биопсии сигнальных лимфатических узлов у больных раком молочной железы. *Вопросы онкологии*. 2024; 70(3): 499-505. DOI 10.37469/0507-3758-2024-70-3-499-505

✉ Контакты: Левченко Валерий

(lymph nodes and lymphatic vessels) from the tissues of the upper limb.

Conclusion. The analysis carried out showed that the marking of lymphatic vessels in the upper limb allows the differentiation of the zones responsible for lymphatic drainage, which in turn determines a selective approach to lymph node removal. Also, if the lymph node responsible for draining lymph from the upper limb is removed, preventive measures can be taken to prevent lymphostasis.

Keywords: breast cancer; axillary lymphadenectomy; sentinel lymph node biopsy; axillary reverse mapping; breast cancer surgery

For Citation: Tengiz T. Tabagua, Valerii E. Levchenko, Victoria V. Mortada, Roman. S. Pesotsky, Nikolay S. Amirov, Aleksandr S. Emelyanov, Mahmud M. Mortada, Pavel I. Krzhivitsky, Vladimir F. Semiglazov, Petr V. Krivorotko. The role of axillary reverse mapping during sentinel lymph node biopsy in breast cancer patients. *Voprosy Onkologii = Problems in Oncology*. 2024; 70(3): 499-505. (In Rus). DOI: 10.37469/0507-3758-2024-70-3-499-505

Евгеньевич, levch.ve@gmail.com

Введение

Заболеваемость раком молочной железы (РМЖ) у женщин увеличивается в среднем на 1,06 % в год [1]. Однако несмотря на увеличение частоты выявления данного заболевания, РМЖ остается третьим злокачественным новообразованием по показателю пятилетней выживаемости [2], а значит лечение должно быть направлено не только на избавление от опухоли, но и сохранение достойного уровня жизни у пролеченных пациентов.

В настоящее время хирургический этап лечения является одним из звеньев комплексного лечения РМЖ. Стандарт оперативного вмешательства представляет собой операцию на молочной железе и лимфатическом коллекторе. Несмотря на обширные возможности хирургического лечения и совершенствование операционных методик, риск возникновения послеоперационных осложнений существует всегда. В настоящей статье мы рассмотрим последствия вмешательств на лимфатическом коллекторе.

Одним из самых распространенных осложнений является лимфедема верхней конечности. Лимфедема характеризуется прогрессирующим кумулятивным отеком тканей, обусловленным нарушением дренажной функции лимфатических сосудов. Запускается «порочный круг» данного состояния: застой богатой белком лимфатической жидкости вызывает воспаление и образование фиброза, что приводит к необратимому отвердеванию ткани, тем самым дополнительно подавляя лимфатическую циркуляцию [3].

Развитие данного состояния может привести к физическим и психологическим последствиям, которые могут негативно влиять на качество

жизни пациентов и ставить под угрозу их психоэмоциональное благополучие. Лимфедема нарушает функцию верхней конечности, ограничивая диапазон движений, а также вызывает чувство боли, тяжести и онемения [4–6]. Кроме того, дисфункция лимфатической системы предрасполагает к бактериальным инфекциям, поскольку периферические лимфатические сосуды играют решающую роль в иммунной системе и служат для транспортировки лейкоцитов, регулирования иммунного ответа и опосредуют обработку антигенов [7, 8].

Согласно данным, полученным из зарубежных исследований, развитие лимфедемы никак не связано с объемом оперативного вмешательства на молочной железе, но напрямую зависит от объема лимфаденэктомии (ЛАЭ) [9, 10].

Частота возникновения лимфедемы после подмышечной лимфаденэктомии варьирует в широких пределах: от 14,1 % до 33,4 %, при этом самые высокие показатели наблюдаются у пациентов, получающих адъювантную лучевую терапию [11]. Рутинное использование биопсии сторожевого лимфатического узла (БСЛУ) вместо подмышечной ЛАЭ привело к снижению частоты лимфедемы до 3,5–11 %, что было продемонстрировано в отечественных и зарубежных исследованиях [12–14]. Таким образом, даже проводя процедуру БСЛУ, мы не всегда можем нивелировать риски развития осложнений. Это связано и с тем, что в числе удаленных СЛУ могут оказаться ЛУ, ответственные за лимфоотток от верхней конечности.

В настоящее время доступно несколько стандартных способов идентификации сторожевых ЛУ. Основным методом визуализации СЛУ, используемым в ФГБУ «НМИЦ онкологии им.

Н.Н. Петрова» Минздрава России, является радиоизотопный.

В 2011 г. японскими хирургами была описана методика БСЛУ с применением индоцианина зеленого (ICG). Интраоперационно в опухоль, ткани, окружающие опухоль, и/или подкожную клетчатку, расположенную над опухолью, вводился флуоресцирующий препарат ICG. Распределение красителя по лимфатическим путям определяли методом флуоресценции в инфракрасном спектре излучения [15]. Кроме того, в клинической практике используется метод двойной маркировки СЛУ с использованием индоцианина зеленого и радиоизотопа. Данный метод был описан отечественными и зарубежными исследователями [16, 17].

Несмотря на снижение частоты развития лимфедемы после БСЛУ, данное осложнение остается актуальной проблемой для пролеченных пациентов. Метаанализ Disirio и соавт. показал, что большинство случаев лимфедемы возникает в течение 2–5 лет после операции [18], также в литературе имеются данные, что риск отека руки сохраняется на всю жизнь [19, 20].

Для профилактики и лечения лимфедемы, у пациентов после лимфаденэктомии, были разработаны и внедрены в клиническую практику консервативные методики, включающие лечебную физкультуру, обучение пациентов, ручной лимфодренажный массаж, компрессионную терапию и лимфодренажное тейпирование [21, 22].

В настоящее время нет единого мнения относительно наиболее эффективного варианта консервативного лечения и разработка хирургических методов профилактики и лечения лимфедемы стала актуальной задачей в рамках персонализированного лечения РМЖ [23].

В 2007 г. в двух разных исследованиях М. Thompson и С. Nos представили метод обратного подкожного картирования (ARM-axillary reverse mapping), продемонстрировав, что лимфоотток от верхней конечности возможно визуализировать в 100 % (50 из 50) и 71 % (15 из 21) случаев соответственно [24, 25]. Интересно отметить, что в исследовании М. Thompson ЛУ, принимающие лимфу от верхней конечности, и СЛУ при РМЖ не совпадали в 100 % случаев (36 и 36) [24]. По их методике, инъекция красителя (метиленовый синий) выполнялась в плечо подкожно за несколько минут до начала биопсии СЛУ и/или лимфаденэктомии, эта манипуляция позволила визуализировать и сохранить лимфатические сосуды, обеспечивающие лимфоотток от верхней конечности.

В ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России было инициировано исследование, целью которого стала оценка вза-

имосвязи между СЛУ и ЛУ, ответственными за лимфатический коллектор верхней конечности у больных РМЖ при проведении БСЛУ радиоизотопным методом и с визуализацией лимфатического коллектора верхней конечности при помощи индоцианина зеленого — методика обратного подкожного картирования.

Материалы и методы

Ретроспективный анализ был проведен на базе ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России. Информированное согласие получено от каждой пациентки. В период с 2022 по 2023 гг. в исследовании приняло участие 42 женщины.

Все пациентки были обследованы на догоспитальном этапе. Для оценки статуса регионарных ЛУ выполнялось ультразвуковое исследование (УЗИ) молочных желез и зон регионарного лимфооттока, а также маммолимфосцинтиграфия. При отсутствии данных о метастатически измененных ЛУ по результатам двух исследований, ЛУ считались клинически отрицательными (сN0).

Критерии включения:

1. Морфологически верифицированный РМЖ (ER+, HER2-);
2. Размер опухоли до 5,0 см (сT1-2);
3. Клинически отрицательные регионарные ЛУ (сN0);
4. Подписанное добровольное информированное согласие.

Критерии невключения:

1. Биологически-агрессивный подтип РМЖ по данным иммунно-гистохимического исследования (ER-, HER2-/+);
2. Билатеральный рак молочных желез;
3. Травмы/операции на верхней конечности ипсилатеральной стороны;
4. Специфицированные подтипы опухоли по данным гистологического исследования (метапластический, папиллярный, муцинозный и т. д.);
5. Первичная лимфедема верхней конечности.

Критерии исключения:

1. Отсутствие визуализации СЛУ после введения радиоколлоида, меченного ^{99m}Tc ;
2. Отсутствие визуализации лимфатических сосудов и ЛУ, обеспечивающих лимфоотток от верхней конечности после введения индоцианина зеленого.

Из 42 отобранных пациенток 4 были исключены после лимфосцинтиграфии ввиду отсутствия визуализации СЛУ, 3 пациентки были исключены по причине отсутствия идентификации лимфатических сосудов, обеспечивающих

лимфоотток от ткани верхней конечности, после введения индоцианина зелёного. Таким образом, в анализ было отобрано 35 пациентов (рис. 1).

Подробные клинические характеристики пациентов, участвовавших в исследовании, представлены в табл. 1.

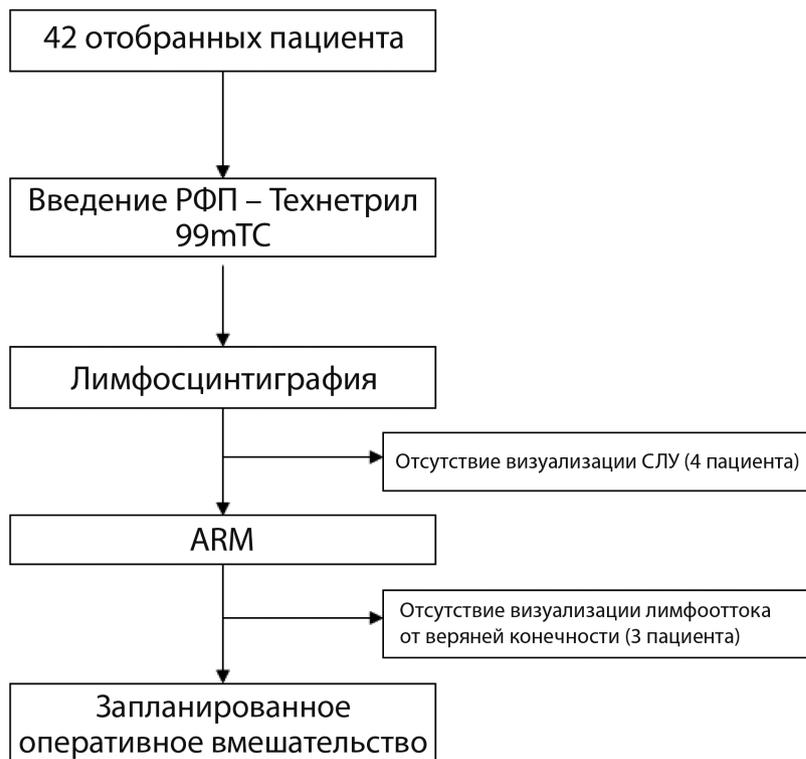


Рис. 1. Дизайн исследования
 ARM (axillary reverse mapping) — метод обратного подмышечного картирования; СЛУ — сигнальный лимфатический узел
 Fig. 1. Research design
 ARM — axillary reverse mapping; SLN — sentinel lymph node

Таблица 1. Клинические характеристики пациентов, участвовавших в анализе
 Table 1. Clinical characteristics of the enrolled patients

Параметры	Общее количество 35
Возраст	52,3 (± 12)
TNM	
T1N0M0	24 (68,57 %)
T2N0M0	11 (31,43 %)
Гистологический подтип	
Инвазивный дольковый	2 (5,71 %)
Инвазивный неспецифицированный	33 (94,29 %)
Молекулярный подтип	
ER+,HER2-,Ki-67 < 20 %	27 (77,14 %)
ER+,HER2-,Ki-67 > 20 %	8 (22,86 %)
Активное курение	9 (25,71 %)
Сахарный диабет	5 (14,29)
Индекс массы тела	
< 30	15 (42,86 %)
≥ 30	20 (57,14 %)
Объем оперативного вмешательства	
Органосохраняющая операция с БСЛУ	29 (82,86 %)
Мастэктомия с БСЛУ	6 (17,14 %)

В целях определения СЛУ за 20–24 ч. до операции всем пациентам вводился коллоидный РФП, меченный ^{99m}Tc . После чего выполнялась лимфосцинтиграфия. Интраоперационно в дистальную часть верхней конечности на стороне поражения пациентам вводился препарат индоцианин зеленый (ICG): 3 инъекции подкожно в объеме 2 мл (5 мг/мл) (между 2 и 3, между 4 и 5 пястно-фаланговыми суставами и в ладонную область запястья) с 3-х минутной экспозицией, после чего с помощью системы флуороскопической визуализации, определялось место введения, пути лимфооттока и лимфатический коллектор верхней конечности. На мониторе при выключении операционных ламп наблюдалось свечение красителя через кожу. Одновременно при использовании аппарата Gamma Finder определялся СЛУ, накапливающий РФП, введенный накануне операции. СЛУ удалялся.

Результаты

Среднее время между инъекциями индоцианина зеленого и визуализацией ЛУ, отвечающих за лимфоотток от тканей верхней конечности, составило 14 мин. (8–31 мин.).

В 6 (17,14 %) случаях СЛУ оказался ЛУ, ответственный за лимфатический коллектор верхней конечности. При стандартном патоморфологическом исследовании только в 1 из указанных 6 случаев обнаружены опухолевые клетки. В остальных 29 (82,86 %) случаях удалось сохранить лимфатический коллектор (ЛУ и лимфатические сосуды), обеспечивающий лимфоотток от тканей верхней конечности.

Среднее количество удаленных подмышечных ЛУ при БСЛУ составило 3 (1–5).

Обсуждение

Учитывая высокую частоту развития лимфедемы после аксиллярной лимфодиссекции у пациентов с диагнозом РМЖ, в последние десятилетия было разработано несколько методов, направленных на профилактику возникновения данного состояния.

В 2007 г. в двух разных исследованиях М. Thompson и С. Nos представили метод обратного подмышечного картирования, продемонстрировав, что лимфоотток от верхней конечности возможно визуализировать в 100 % (50 из 50) и 71 % (15 из 21) случаев соответственно [24, 25]. Интересно отметить, что в исследовании М. Thompson ЛУ, принимающие лимфу от верхней конечности, и СЛУ при РМЖ не совпадали в 100 % случаев (36 и 36) [24]. По их методике инъекция красителя (метиленовый синий) выполнялась в плечо подкожно за не-

сколько минут до начала биопсии СЛУ и/или лимфаденэктомии, эта манипуляция позволила визуализировать и сохранить лимфатические сосуды, обеспечивающие лимфоотток от верхней конечности. После внедрения данной методики было проведено несколько исследований, оценивающих ее эффективность. Первичной конечной точкой исследователи обозначили частоту возникновения лимфедемы у пациентов после хирургического вмешательства на аксиллярной области [26, 27]. Данные исследования продемонстрировали снижение частоты развития лимфедемы с 33,4 % до 4 %. Ряд авторов поставил под сомнение сохранение визуализированных узлов и сосудов, поскольку метод обратного подмышечного картирования не мог гарантировать онкологическую радикальность [28]. Споры относительно возможности сохранения лимфооттока от верхних конечностей и соблюдения принципов онкологической безопасности привели к разработке нового протокола лечения. Группой итальянских авторов во главе с F. Vercardo был описан метод профилактики лимфедемы с применением микрохирургической техники, данный протокол получил название LYMPHA (Lymphedema Microsurgical Preventive Healing Approach). Микрохирургический этап заключался в наложении анастомоза по типу «конец в конец» между визуализированными дистальными лимфатическими сосудами и притоками аксиллярной вены с дополнительной фиксацией анастомоза с перилимфатической тканью. После выполнения данной методики после наблюдения в течение 12 мес., ни у одного из 18 пациентов не развилась лимфедема верхней конечности. В 2015 г. F. Vercardo с соавт. сообщили о применении данного метода у 74 пациентов. Только у 3 (4 %) из них развилась лимфедема в течение 48 мес. наблюдения [29]. Аналогичное исследование было проведено J.A. Cook с соавт. в 2021 г. [30]. Согласно полученным данным, было зарегистрировано 3 случая развития лимфедемы из 33 пациентов (9 %).

На современном этапе в Российской Федерации отсутствуют результаты собственных исследований и наблюдений, оценивающих частоту развития лимфедемы верхних конечностей у пациентов с диагнозом РМЖ после хирургического вмешательства и наложения профилактического лимфовенулярного анастомоза.

Выводы

Результаты проведенного анализа продемонстрировали, что маркировка лимфатических сосудов верхней конечности позволяет нам дифференцировать ответственные зоны лимфооттока, что, в свою очередь, определяет избирательный

подход к удалению ЛУ. А также в случае удаления ЛУ, ответственного за отток лимфы от верхней конечности, возможно проведение превентивных мер по профилактике лимфостаза.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики

Исследование выполнено в соответствии с Хельсинкской декларацией ВМА в редакции 2013 г. Протокол исследования № 10 от 18.05.2023 одобрен локальным этическим комитетом по биомедицинской этике ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Compliance with patient rights and principles of bioethics

The study was conducted in accordance with the WMA Helsinki Declaration, as amended in 2013. The study protocol No 10 dated 18 May 2023 was approved by the Biomedical Ethics Committee of the NMRC of Oncology named after N.N. Petrov of MoH of Russia. All patients provided written informed consent to participate in the study.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Financing

The study was performed without external funding.

Участие авторов

Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

Authors' contributions

All authors made a significant contribution to the preparation of the publication. This included the conception of the article, the obtaining and analysis of data, writing, editing, checking and approval of the text of the article.

All authors have approved the final version of the article before publication, agreed to assume responsibility for all aspects of the work, implying proper review and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Каприн А.Д., et al. Комбинированное и комплексное лечение больных раком молочной железы. Клинические рекомендации. АОР. 2021. [Kaprin A.D., et al. Combined and complex treatment of patients with breast cancer. Clinical recommendations. AOR. 2021 (In Rus)].
- Siegel R.L., Miller K.D., Jemal A. Cancer statistics, 2020. *CA Cancer J Clin.* 2020; 70(1): 7-30.-DOI: <http://dx.doi.org/10.3322/caac.21590>.
- Hespe G.E., Nores G.G., Huang J., Mehrara B.J. Pathophysiology of lymphedema—Is there a chance for medication treatment? *J Surg Oncol.* 2016; 115(1): 96-8.-DOI: <https://doi.org/10.1002/jso.24414>.
- Smoot B., Wong J., Cooper B., et al. Upper extremity impairments in women with or without lymphedema following breast cancer treatment. *J Cancer Surviv.* 2010; 4(2): 167-78.-DOI: <https://doi.org/10.1007/s11764-010-0118-x>.
- Cidón E.U., Perea C., López-Lara F. Life after breast cancer: dealing with lymphedema. *Clin Med Insights Oncol.* 2011; 5: CMO.S6389.-DOI: <https://doi.org/10.4137/CMO.S6389>.
- O'Toole J., Jammallo L.S., Skolny M.N., et al. Lymphedema following treatment for breast cancer: A new approach to an old problem. *Crit Rev Oncol Hematol.* 2013; 88(2): 437-46.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.critrevonc.2013.05.001>.
- Liao S., von der Weid P.Y. Lymphatic system: An active pathway for immune protection. *Semin Cell Dev Biol.* 2015; 38: 83-9.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2014.11.012>.
- Rockson S.G. The lymphatics and the inflammatory response: lessons learned from human lymphedema. *Lymphat Res Biol.* 2013; 11(3): 117-20.-DOI: <https://doi.org/10.1089/lrb.2013.1132>.
- Segerström K., Bjerle P., Graffman S., Nyström Å. Factors that influence the incidence of brachial oedema after treatment of breast cancer. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* 1992; 26(2): 223-7.-DOI: <https://doi.org/10.3109/02844319209016016>.
- Burak W.E., Hollenbeck S.T., Zervos E.E., et al. Sentinel lymph node biopsy results in less postoperative morbidity compared with axillary lymph node dissection for breast cancer. *Am J Surg.* 2002; 183(1): 23-7.-DOI: [https://doi.org/10.1016/s0002-9610\(01\)00848-0](https://doi.org/10.1016/s0002-9610(01)00848-0).
- Johnson A.R., Kimball S., Epstein S., et al. Lymphedema incidence after axillary lymph node dissection. *Annals of Plastic Surgery.* 2019; 82(4S): S234-41.-DOI: <https://doi.org/10.1097/SAP.0000000000001864>.
- Криворотко П., Зернов К., Палтуев Р., et al. Биопсия сигнальных лимфатических узлов при раннем раке молочной железы: опыт НИИ Онкологии им. Н.Н. Петрова. *Вопросы онкологии.* 2017; 63(2): 267-273.-DOI: <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2017-63-2-267-273>. [Krivorotko P., Zernov K., Paltuev R., et al. Sentinel lymph node biopsy in early breast cancer: the experience of the N.N. Petrov Research Institute of Oncology. *Voprosy Onkologii = Problems in Oncology.* 2017; 63(2): 267-73.-DOI: <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2017-63-2-267-273>. (In Rus)].
- DiSipio T., Rye S., Newman B., Hayes S. Incidence of unilateral arm lymphoedema after breast cancer: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Oncol.* 2013; 14(6): 500-15.-DOI: [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(13\)70076-7](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(13)70076-7).
- Wernicke A.G., Goodman R.L., Turner B.C., et al. A 10-year follow-up of treatment outcomes in patients with early stage breast cancer and clinically negative axillary nodes treated with tangential breast irradiation following sentinel lymph node dissection or axillary clearance. *Breast Cancer Res Treat.* 2010; 125(3): 893-902.-DOI: <https://doi.org/10.1007/s10549-010-1167-6>.
- Aoyama K., Kamio T., Ohchi T., et al. Sentinel lymph node biopsy for breast cancer patients using fluorescence navigation with indocyanine green. *World J Surg Oncol.* 2011; 9(1).-DOI: <https://doi.org/10.1186/1477-7819-9-157>.
- Семиглазов В.Ф., Криворотко П.В., Жильцова Е.К., et al. Двадцатилетний опыт изучения биопсии сигнальных лимфатических узлов при раке молочной железы. *Онкологии женской репродуктивной системы.* 2020; 16(1): 12-20.-DOI: <https://doi.org/10.17650/1994-4098-2020-16-1-12-20>.
- [Semiglazov V.F., Krivorotko P.V., Zhiltsova E.K., et al. Twenty-year experience of examining biopsies of signal lymph

- nodes in breast cancer. *Tumors of Female Reproductive System*. 2020; 16(1): 12-20.-DOI: <https://doi.org/10.17650/1994-4098-2020-16-1-12-20>. (In Rus)].
18. Ballardini B., Santoro L., Sangalli C., et al. The indocyanine green method is equivalent to the 99mTc-labeled radiotracer method for identifying the sentinel node in breast cancer: A concordance and validation study. *Eur J Surg Oncol*. 2013; 39(12): 1332-1336.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejso.2014.01.022>.
 19. DiSipio T., Rye S., Newman B., Hayes S. Incidence of unilateral arm lymphoedema after breast cancer: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Oncol*. 2013; 14(6): 500-15.-DOI: [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(13\)70076-7](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(13)70076-7).
 20. Stout N.L., Pfalzer L.A., Springer B., et al. Breast cancer-related lymphedema: comparing direct costs of a prospective surveillance model and a traditional model of care. *Phys Ther*. 2012; 92(1): 152-63.-DOI: <https://doi.org/10.2522/ptj.20100167>.
 21. Shih Y.C.T., Xu Y., Cormier J.N., et al. Incidence, treatment costs, and complications of lymphedema after breast cancer among women of working age: a 2-year follow-up study. *J Clin Oncol*. 2009; 27(12): 2007-14.-DOI: <https://doi.org/10.1200/JCO.2008.18.3517>.
 22. Stuver M.M., ten Tusscher M.R., Agasi-Idenburg C.S., et al. Conservative interventions for preventing clinically detectable upper-limb lymphoedema in patients who are at risk of developing lymphoedema after breast cancer therapy. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015; 2015(2).-DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009765.pub2>.
 23. Badger C., Preston N., Seers K., Mortimer P. Physical therapies for reducing and controlling lymphoedema of the limbs. *Cochrane Database Syst Rev*. 2004; (4): CD003141.-DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003141.pub2>.
 24. Markkula S.P., Leung N., Allen V.B., Furniss D. Surgical interventions for the prevention or treatment of lymphoedema after breast cancer treatment. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019; 2(2): CD011433.-DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011433.pub2>.
 25. Thompson M., Korourian S., Henry-Tillman R., et al. Axillary reverse mapping (ARM): A new concept to identify and enhance lymphatic preservation. *Ann Surg Oncol*. 2007; 14(6): 1890.-DOI: <https://doi.org/10.1245/s10434-007-9412-x>.
 26. Nos C., Lesieur B., Clough K.B., Lecuru F. Blue dye injection in the arm in order to conserve the lymphatic drainage of the arm in breast cancer patients requiring an axillary dissection. *Ann Surg Oncol*. 2007; 14(9): 2490-6.-DOI: <https://doi.org/10.1245/s10434-007-9450-4>.
 27. Johnson A.R., Fleishman A., Granoff M.D., et al. Evaluating the impact of immediate lymphatic reconstruction for the surgical prevention of lymphedema. *Plast Reconstr Surg*. 2021; 147(3): 373e-381e.-DOI: <https://doi.org/10.1097/PRS.00000000000007636>.
 28. Yue T., Zhuang D., Zhou P., et al. A prospective study to assess the feasibility of axillary reverse mapping and evaluate its effect on preventing lymphedema in breast cancer patients. *Clin Breast Cancer*. 2015; 15(4): 301-6.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clbc.2015.01.010>.
 29. Boneti C., Korourian S., Bland K., et al. Axillary reverse mapping: mapping and preserving arm lymphatics may be important in preventing lymphedema during sentinel lymph node biopsy. *J Am Coll Surg*. 2008; 206(5): 1038-42; discussion 1042-4.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2007.12.022>.
 30. Campisi C.C., Ryan M., Boccardo F., Campisi C. LyMPHA and the prevention of lymphatic injuries: a rationale for early microsurgical intervention. *J Reconstr Microsurg*. 2014; 30(1): 71-2.-DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0033-1349348>.
 31. Cook J.A., Sasor S.E., Loewenstein S.N., et al. Immediate lymphatic reconstruction after axillary lymphadenectomy: a single-institution early experience. *Ann Surg Oncol*. 2020; 28(3): 1381-7.-DOI: <https://doi.org/10.1245/s10434-020-09104-2>.

Поступила в редакцию / Received / 12.01.2024

Прошла рецензирование / Reviewed / 20.02.2024

Принята к печати / Accepted for publication / 22.02.2024

Сведения об авторах / Author Information / ORCID ID

Тенгиз Тенгизович Табагуа / Tengiz. T. Tabagua / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1471-9473>.
 Валерий Евгеньевич Левченко / Valerii E. Levchenko / ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-6597-376X>.
 Виктория Владимировна Мортада / Victoria V. Mortada / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1982-5710>.
 Роман Сергеевич Песоцкий / Roman. S. Pesotsky / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2573-2211>.
 Николай Сергеевич Амиров / Nikolay S. Amirov / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2421-3284>.
 Александр Сергеевич Емельянов / Aleksandr S. Emelyanov / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0528-9937>.
 Махмуд Мустафа Мортада / Mahmud M. Mortada / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5838-6861>.
 Павел Иванович Крживицкий / Pavel I. Krzhivitsky / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6864-6348>.
 Владимир Федорович Семглазов / Vladimir F. Semiglazov / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0077-9619>.
 Петр Владимирович Криворотко / Petr V. Krivorotko / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4898-9159>.

