

Сведения об авторах:

Шимохина Наталья Юрьевна, доктор медицинских наук, доцент кафедры поликлинической терапии и семейной медицины с курсом ПО; тел.: 89233569392; e-mail: doctorcardiolog99@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0091-5265>

Петрова Марина Михайловна, доктор медицинских наук, профессор, первый проректор, заведующая кафедрой; тел.: 89029230211; e-mail: stk99@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8493-0058>

Шестерня Павел Анатольевич, доктор медицинских наук, доцент, проректор по научной работе, профессор кафедры факультетской терапии с курсом ПО; тел.: 89029407616; e-mail: sci-prorector@krasgmu.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8652-1410>

© Коллектив авторов, 2022

УДК 616.8

DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2022.17025>

ISSN – 2073-8137

НЕВРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОСТМАСТЭКТОМИЧЕСКОГО СИНДРОМА И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИХ ДИАГНОСТИКИ

Т. А. Буккиева¹, М. Л. Поспелова^{1,2}, А. Ю. Ефимцев^{1,2}, О. В. Фионик^{1,2},
К. А. Самочерных^{1,2}, Е. А. Горбунова^{1,2}, В. В. Красникова^{1,2}, А. М. Маханова^{1,2}

¹ Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

² Научный центр мирового уровня «Центр персонализированной медицины», Санкт-Петербург, Российская Федерация

NEUROLOGICAL ASPECTS OF POSTMASTECTOMY SYNDROME AND MODERN METHODS FOR THEIR DIAGNOSIS

Bukkieva T. A.¹, Pospelova M. L.^{1,2}, Efimtsev A. Yu.^{1,2}, Fionik O. V.^{1,2},
Samochnykh K. A.^{1,2}, Gorbunova E. A.^{1,2}, Krasnikova V. V.^{1,2}, Makhanova A. M.^{1,2}

¹ National Medical Research Center named after V. A. Almazov, Saint Petersburg, Russian Federation

² World-class Research Centre for Personalized Medicine, Saint Petersburg, Russian Federation

Постмастэктомический синдром является частым осложнением, возникающим у пациенток после перенесенной радикальной операции по поводу рака молочной железы. Современная концепция постмастэктомического синдрома представляет его как комплекс симптомов, связанных не только с нарушениями лимфооттока от верхней конечности, но и с поражением периферической и центральной нервной систем, что приводит к ухудшению качества жизни в послеоперационном периоде. В связи с поражением многих систем организма, диагностический и лечебно-реабилитационный процесс при постмастэктомическом синдроме должен иметь мультидисциплинарный характер. В обзоре рассмотрены разнообразные неврологические проявления при постмастэктомическом синдроме, проанализированы возможности современных методов нейровизуализации в оценке симптомов и эффективности лечебно-реабилитационных мероприятий.

Ключевые слова: постмастэктомический синдром, мастэктомия, рак молочной железы, функциональная магнитно-резонансная томография, функциональная магнитно-резонансная томография покоя, трактография, диффузионно-тензорная магнитно-резонансная томография

Postmastectomy syndrome is a common complication that occurs in patients after undergoing radical surgery for breast cancer. The modern concept of postmastectomy syndrome describes it as a complex of symptoms associated not only with impaired lymphatic drainage from the upper limb, but also with damage to the peripheral and central nervous system, which leads to a significant deterioration in the quality of life of patients in the postoperative period. The treatment and rehabilitation processes in postmastectomy syndrome should be multidisciplinary because of the variety of symptoms and damage of many body systems. The review examines a variety of neurological manifestations in post-mastectomy syndrome, analyzes the possibilities of modern neuroimaging methods in assessing symptoms and the effectiveness of treatment and rehabilitation measures.

Keywords: postmastectomy syndrome, mastectomy, breast cancer, functional magnetic resonance imaging, resting state functional magnetic resonance imaging, diffusion tensor imaging

Для цитирования: Буккиева Т. А., Поспелова М. Л., Ефимцев А. Ю., Фионик О. В., Самочерных К. А., Горбунова Е. А., Красникова В. В., Маханова А. М. НЕВРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОСТМАСТЭКТОМИЧЕСКОГО СИНДРОМА

МА И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИХ ДИАГНОСТИКИ. *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2022;17(1):90-95.
DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2022.17025>

For citation: Bukkueva T. A., Pospelova M. L., Efimtsev A. Yu., Fionik O. V., Samochernykh K. A., Gorbunova E. A., Krasnikova V. V., Makhanova A. M. NEUROLOGICAL ASPECTS OF POSTMASTECTOMY SYNDROME AND MODERN METHODS FOR THEIR DIAGNOSIS. *Medical News of North Caucasus*. 2022;17(1):90-95.
DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2022.17025> (In Russ.)

ДС БЦА – дуплексное сканирование брахиоцефальных артерий
ДТ-МРТ – диффузионно-тензорная магнитно-резонансная томография
иЭМГ – игольчатая электромиография
КИМ – комплекс интима-медиа
КТ-ангиография – компьютерно-томографическая ангиография
ПМЭС – постмастэктомический синдром

сЭНМГ – стимуляционная электронейромиография
фМРТ – функциональная магнитно-резонансная томография
фМРТп – функциональная магнитно-резонансная томография покоя
ЭНМГ – электронейромиография
PMPS – (postmastectomy pain syndrome) постмастэктомический болевой синдром

Рак молочной железы – наиболее распространенное онкологическое заболевание среди женщин во всем мире: по данным Всемирной организации здравоохранения, на него приходится около 16 % всех случаев онкологических заболеваний среди женщин. Лечение рака молочной железы является комплексным, включающим хирургическое лечение, химио- и/или лучевую терапию. В оперативном лечении рака молочной железы сохраняет ведущее значение радикальная операция – тотальная мастэктомия, которая заключается в удалении самой молочной железы, окружающей жировой клетчатки и лимфатических узлов и, в зависимости от варианта мастэктомии, малой и/или большой грудной мышц. В большинстве случаев после тотальной мастэктомии возникает ряд осложнений, которые оказывают значительное влияние на реабилитацию пациенток и их возвращение к нормальной жизни. В настоящее время данные осложнения объединяют под понятием постмастэктомического синдрома.

Постмастэктомический синдром (ПМЭС) представляет собой совокупность клинических симптомов органического и функционального характера, которые возникают у пациенток после перенесенной радикальной операции по поводу рака молочной железы [1–4]. Частота встречаемости ПМЭС у пациенток после перенесенной радикальной мастэктомии, по данным современной литературы, составляет от 24 до 80 % [5]. К основным проявлениям ПМЭС относят послеоперационный дефект на стороне операции, рубцовые изменения подмышечной области, нейропатию плечевого сплетения, нарушение подвижности плечевого сустава, а также лимфатический отек верхней конечности. Среди клинических вариантов ПМЭС выделяют: отечный вариант, проявляющийся в виде лимфатического или венозного отека верхней конечности; нейропатический – характеризующийся компрессией нервов плечевого сплетения; церебральный – проявляющийся нарушениями кровообращения в вертебрально-базиллярном бассейне; патобиомеханический – в виде блокад в шейном и грудном отделах позвоночника; смешанный вариант [6].

Долгое время считалось, что ключевую роль в патогенезе ПМЭС играют исключительно нарушения лимфооттока от верхней конечности. В современной онкорехабилитации все больше внимания уделяется неврологическим проявлениям после перенесенной мастэктомии, к которым относятся: поражение периферической нервной системы, скаленус-синдром, нарушения со стороны центральной нервной системы, которые обусловлены целым рядом причин органического и функционального характера.

Неврологические проявления постмастэктомического синдрома

Неврологические проявления ПМЭС достаточно широки и включают в себя нарушения со стороны как периферической, так и центральной нервной системы. Основными проявлениями поражения периферической нервной системы после мастэктомии являются: развитие различных вариантов болевого синдрома, скаленус-синдром, фантомные боли на стороне оперативного вмешательства, двигательные и чувствительные нарушения верхней конечности. Поражение центральной нервной системы обусловлено спазмом позвоночной артерии на стороне поражения с развитием цереброваскулярных нарушений в вертебрально-базиллярном бассейне, а также нарушениями когнитивно-эмоциональной сферы, что приводит к резкому ухудшению качества жизни пациенток в послеоперационном периоде.

Болевой синдром и периферические нарушения со стороны верхней конечности

В связи с ключевым значением болевого синдрома как одного из основных аспектов, снижающих качество жизни пациенток после перенесенной мастэктомии, ему посвящено наибольшее число публикаций [4, 5, 7–9]. Частота встречаемости болевого синдрома после перенесенной мастэктомии составляет по разным данным от 24 до 60 % [4, 5, 7]. В большинстве работ были выявлены основные факторы риска развития болевого синдрома: повторная операция в той же зоне, локализация опухоли в верхне-латеральном квадранте и молодой возраст пациенток [8, 9]. Отмечалось значение повреждения межреберно-плечевых нервов, что является одной из причин возникновения болевого синдрома в послеоперационном периоде [9].

В масштабном исследовании, включившем 131 пациентку в возрасте от 18 до 85 лет, перенесших мастэктомию в период 2012–2014 годов (не менее чем через 3 месяца после операции), была проведена оценка характеристик болевого синдрома и его влияния на качество жизни [8]. Из 131 пациентки болевой синдром наблюдался у 84, что составило 64,1 %. Было определено два ключевых фактора риска развития болевого синдрома после перенесенной операции: локализация опухоли в верхне-латеральном квадранте и наличие в анамнезе лучевой терапии. Среди характеристик болевого синдрома преобладала локализация в подмышечной области с распространением на верхнюю конечность (60 человек), реже встречался синдром фантомных болей в месте оперативного вмешательства.

В работе 2013 года оценивались эпидемиология и характеристики болевого синдрома у 225 женщин по-

сле перенесенной мастэктомии на основании данных опросников МакГилла и SF-36 [9]. По данным исследования, у 27,6 % женщин наблюдался болевой синдром, 62,9 % описали характер боли как «ноющей», 48,4 % – как «тупой», 27,4 % – как «тянущий», реже пациентки описывали боль как жгучую и колющую. Помимо этого, у 144 женщин были выявлены различные чувствительные нарушения верхней конечности. У женщин с PMPS наблюдалось значительное ухудшение качества жизни по сравнению с группой пациентов, не страдающих болевым синдромом.

Таким образом, болевой синдром после перенесенной мастэктомии характеризуется преимущественно ноющей и тупой болью, возникающей в подмышечной области, верхней конечности, реже – в области плеча, грудной стенки, в области послеоперационного рубца и еще реже возникают так называемые фантомные боли [9, 10].

Помимо непосредственно болевого синдрома, после радикального оперативного лечения рака молочной железы зачастую развивается комплекс нарушений периферической нервной системы верхней конечности. В работе 2011 года у 94 % обследованных пациенток после радикальной мастэктомии были выявлены признаки поражения плечевого сосудисто-нервного пучка [11]. Отмечались двигательные расстройства в виде развития повышенной утомляемости верхней конечности, снижения мышечной силы, гипотонии и реже – гипотрофии мышц, наиболее выражено – группы гипотенара. У 86 % пациенток наблюдалось наличие парестезий, снижения болевой и температурной чувствительности; у 79 % пациенток были выявлены вегетативно-сосудистые нарушения верхней конечности.

Скаленус-синдром (синдром передней лестничной мышцы, thoracic outlet syndrome)

Синдром передней лестничной мышцы после перенесенной мастэктомии встречается в 2 вариантах [12]. Первый вариант, синдром Наффцигера, представляет собой ангионейропатию плечевого сплетения и подключичной артерии, возникающую при их компрессии спазмированной передней лестничной мышцей и проявляющуюся болевым синдромом по внутренней поверхности предплечья и кисти, а также в области шеи и надплечья. Вторым вариантом, синдром Персонейдж – Тернера, заключается в развитии компрессионной нейропатии nn. thoracalis longus et dorsalis scapulae спазмированной средней лестничной мышцей и проявляется болевым синдромом в области шеи, надплечья, плеча и лопатки с усилением симптомов при наклоне головы в противоположную по отношению к оперативному вмешательству сторону. В настоящее время первый вариант скаленус-синдрома более известен в русскоязычной и зарубежной литературе как синдром сдавления верхней апертуры грудной клетки (thoracic outlet syndrome) и встречается более часто в сравнении со вторым вариантом [13]. В частности, в исследовании 2013 года скаленус-синдром первого типа в различные сроки после мастэктомии был выявлен у 71,98 % больных [14].

Длительный спазм передней лестничной мышцы может приводить к компрессии позвоночной артерии на стороне оперативного лечения, что проявляется цереброваскулярными нарушениями в вертебрально-базиллярном бассейне.

Цереброваскулярные нарушения

Установлено, что в позднем послеоперационном периоде у пациенток могут развиваться нарушения кровообращения в вертебрально-базиллярном бассейне головного мозга [14–16].

Данные обследования 489 женщин с ПМЭС подтвердили наличие у большинства пациенток цереброваскулярных нарушений в вертебрально-базиллярном бассейне на стороне операции [14]. У 75 % больных наблюдались признаки гемодинамически значимой экстравазальной компрессии позвоночной артерии на стороне оперативного лечения при выполнении позиционной пробы, выявляющей гипертонус передней лестничной мышцы. Дуплексное сканирование сосудов выявило снижение линейной скорости кровотока в сегментах V1 и V2 позвоночной артерии на стороне операции, а также увеличение комплекса интима-медиа (КИМ) более чем на 1 мм в начальных сегментах позвоночной артерии на стороне поражения. Экстравазальная компрессия подключичной и позвоночной артерий отмечалась у 66 % пациенток.

Было обследовано 85 больных после перенесенной мастэктомии, у большинства из которых в динамике было диагностировано наличие цереброваскулярных расстройств [16]. Проводилась ультразвуковая доплерография с исследованием кровотока по магистральным артериям головы и шеи, ультразвуковое дуплексное сканирование для исследования изменений сосудистой стенки, а также спиральная КТ-ангиография для оценки анатомических изменений магистральных артерий шеи. По результатам комплексного обследования было установлено, что основной причиной развития цереброваскулярных нарушений является воздействие спазмированной передней лестничной мышцы при скаленус-синдроме на VI сегмент позвоночной артерии, что приводит к развитию вертебрально-базиллярной недостаточности на стороне поражения. Было выявлено функциональное снижение линейной скорости кровотока в позвоночной артерии на стороне оперативного вмешательства, а также наличие непосредственной компрессии артерий спазмированной передней лестничной мышцей по данным КТ-ангиографии.

Когнитивно-эмоциональные нарушения и качество жизни

В настоящее время появляется все больше исследований, показывающих важность психических расстройств в существенном ухудшении качества жизни пациенток после перенесенной тотальной мастэктомии. Считается, что психоэмоциональные нарушения вплоть до развития тяжелой депрессии по разным данным наблюдаются у 25–90 % женщин после перенесенной мастэктомии [17–19]. У большинства из них после перенесенной мастэктомии отмечаются тревожно-депрессивные расстройства по результатам шкалы тревоги Спилбергера – Ханина и опросника депрессии Бека, а также снижение качества жизни по данным опросника SF-36 [19, 20]. Наибольшая частота депрессии и высокого уровня личностной и реактивной тревожности отмечалась у пациенток в поздние сроки послеоперационного периода, при нарастании неврологических проявлений ПМЭС, а уровень тревожности прямо пропорционально коррелировал со степенью постмастэктомического отека и болевого синдрома [17, 18].

Проводилась сравнительная оценка неврологических расстройств и качества жизни у пациенток после обычного варианта тотальной мастэктомии и после нервсберегающей операции (сохраняющей интактными межреберно-плечевые нервы) [2]. При оценке качества жизни в послеоперационном периоде был отмечен его более высокий уровень у пациенток после нервсберегающей операции, что также коррелировало с более низкой частотой тревожно-депрессивных расстройств.

Таким образом, среди основных неврологических проявлений ПМЭС выделяют: нарушения со стороны периферической нервной системы (плечевого сплетения), нарушения кровообращения в вертебрально-базиллярном бассейне на стороне поражения, болевой синдром, обусловленный различными причинами, а также психические нарушения – тревожные и депрессивные расстройства у пациенток в послеоперационном периоде. Совокупность нарушений со стороны периферической и центральной нервной системы приводит к резкому ухудшению качества жизни и обуславливает необходимость своевременной диагностики и коррекции неврологических расстройств.

Структурно-функциональные исследования нервной системы у пациенток с раком молочной железы и при мастэктомическом синдроме

Дуплексное сканирование брахиоцефальных артерий

Применение метода дуплексного сканирования у пациенток с ПМЭС направлено на выявление цереброваскулярных нарушений, обусловленных компрессией позвоночной артерии на стороне оперативного лечения. По результатам ряда исследований, у обследованных пациенток отмечается снижение линейной скорости кровотока по данным ДС БЦА, а также структурные изменения сосудистой стенки с наличием утолщения КИМ [15, 16]. Использование ДС БЦА перспективно также в оценке динамики состояния брахиоцефальных артерий на фоне проведения комплексной лечебно-реабилитационной терапии.

Электронейромиография

Электронейромиография (ЭНМГ) – это комплекс нейрофизиологических методов исследования, который включает стимуляционную электронейромиографию (сЭНМГ) и игольчатую электромиографию (иЭМГ). Применение электронейромиографии у пациенток после перенесенной тотальной мастэктомии помогает диагностировать компрессию нервов плечевого сплетения, что проявляется замедлением проведения нервного импульса по волокнам. В исследовании 2011 года у 62 % пациенток на стороне операции было выявлено замедление скорости распространения возбуждения по локтевому нерву [11].

Методы нейровизуализации: функциональная МРТ и МР-трактография

Функциональная МРТ (фМРТ) – методика, основанная на эффекте BOLD («blood oxygenation level dependent»), который позволяет выявить активацию различных областей головного мозга на основании гемодинамических изменений в ответ на предъявление того или иного стимула или в покое. Наиболее изученным и широко используемым в современной нейровизуализации вариантом фМРТ является выполнение исследования в состоянии покоя (фМРТ покоя, фМРТп). Данная методика оценивает функциональную активность так называемых сетей покоя головного мозга. Диффузионно-тензорная МРТ (ДТ-МРТ), в свою очередь, является методикой, основанной на оценке диффузии молекул воды вдоль проводящих путей белого вещества головного мозга. Данные ДТ-МРТ позволяют выявить микроструктурные изменения белого вещества, а также оценить геометрию проводящих путей (трактов) головного мозга благодаря осуществлению реконструкции – трактографии.

В зарубежной литературе встречается ряд работ, в которых освещены изменения структуры и функциональной активности головного мозга у пациенток на фоне лечения рака молочной железы, однако в них преимущественно анализируется влияние хими-

отерапии на изменение функционирования рабочих сетей головного мозга. Были проанализированы различия в активации некоторых зон головного мозга (в коре островка, орбитофронтальной коре и левой средней височной извилине) по данным фМРТп у пациенток с раком молочной железы на фоне химиотерапии по сравнению с пациентками, в лечении которых использовались другие методы [21]. По данным фМРТп у пациенток после химиотерапии были обнаружены нарушения функциональной активности в правой фронтопариетальной и левой премоторной сетях по сравнению с больными, не получавшими химиотерапевтическое лечение [22]. Изучалась структура белого вещества головного мозга у пациенток спустя 20 лет после адьювантной химиотерапии [23]. Было обнаружено снижение целостности белого вещества в кортикоспинальном тракте и в верхнем продольном пучке у пациенток с раком молочной железы, проходивших химиотерапевтическое лечение [24]. Более позднее исследование также подтвердило влияние химиотерапии на целостность белого вещества, выявив снижение показателей фракционной анизотропии и средней диффузивности [25].

Оценивалась возможность использовать фМРТп перед лечением для более точного прогнозирования долгосрочных когнитивных нарушений у пациенток, получавших лечение по поводу рака молочной железы [26]. Было создано несколько возможных моделей, предсказывающих возникновение когнитивного дефицита на основании исходных данных анамнеза и клинической картины, а также данных нейровизуализации, включая фМРТп, выполненную перед лечением.

В современной литературе приводится небольшое число исследований функциональной активности головного мозга у пациенток с различными неврологическими проявлениями ПМЭС. В частности, были выявлены изменения функциональной активности в префронтальной и поясной коре по данным фМРТп у пациентки с диагностированной депрессией в позднем послеоперационном периоде после радикального оперативного лечения рака молочной железы [27]. В исследовании от 2020 года были изучены изменения коннективности рабочих сетей головного мозга у пациенток с раком молочной железы со сравнением между группами пациенток, получавшими и не получавшими химиотерапевтическое лечение. Были выявлены изменения в функциональной коннективности головного мозга с гиперактивностью в префронтальной коре, билатерально в средней височной извилине и в правой височной извилине, причем данные изменения наблюдались у пациенток обеих групп, то есть вне зависимости от наличия химиотерапии [28]. Изменения функциональной коннективности в сетях покоя, отвечающих за процессы внимания, были обнаружены у пациенток на фоне химиотерапии, при этом снижение функциональной активности сетей внимания коррелировало со снижением показателей нейropsихологического тестирования [29].

Функциональные исследования головного мозга могут использоваться для оценки эффективности лечебно-реабилитационных и реконструктивных мероприятий после проведенной мастэктомии. Так, проводилось сравнение функциональной активности зон головного мозга, отвечающих за «восприятие себя» («sense of self»), в двух группах пациенток: в первой – после отсроченной реконструктивной операции на молочной железе по поводу ранее проведенной тотальной мастэктомии и во второй группе – после немедленной односторонней реконструкции молоч-

ной железы во время тотальной мастэктомии [30]. В первой группе активация в зоне интереса была значительно ниже при пальпации в месте мастэктомии по сравнению с естественной молочной железой. Через десять месяцев после реконструкции активация в зоне интереса головного мозга при пальпации реконструированной молочной железы существенно не отличалась от наблюдаемой при пальпации естественной молочной железы. В группе немедленной реконструкции пальпация реконструированной молочной железы вызывала активацию, аналогичную пальпации естественной. Таким образом, по результатам исследования фМРТ головного мозга одновременная реконструкция молочной железы улучшает самовосприятие и, таким образом, качество жизни пациентки после мастэктомии.

Заключение. В настоящий момент отмечается лишь небольшое число полноценных исследований структурно-функциональных изменений нервной системы у пациенток с раком молочной железы по-

сле перенесенной тотальной мастэктомии. Однако в связи с широкой картиной поражения центральной и периферической нервной системы при ПМЭС, представленной в виде компрессии нервов плечевого сплетения, цереброваскулярных и эмоционально-когнитивных нарушений, перспективы применения современных методов диагностики, в том числе методов нейровизуализации, у данной группы пациенток достаточно широки. Современные методы нейровизуализации, такие как функциональная магнитно-резонансная томография в состоянии покоя и диффузионно-тензорная магнитно-резонансная томография, помогут разработать диагностический алгоритм для выявления структурных и функциональных патологических изменений в центральной нервной системе и будут способствовать разработке новых эффективных схем лечебно-реабилитационных мероприятий в послеоперационном периоде.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

1. Тишакова В. Э., Филоненко Е. В., Чиссов В. И., Ефименко Н. А., Урлова А. Н. Физические методы реабилитации онкологических больных после комбинированного лечения рака молочной железы. *Biomedical Photonics*. 2017;6(1):28-37. [Tishakova V. E., Filonenko E. V., Chissov V. I., Efimenko N. A., Urlova A. N. Physical methods of rehabilitation in cancer patients after combined modality treatment for breast cancer. *Biomedical Photonics*. 2017;6(1):28-37. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.24931/2413-9432-2017-6-1-28-37>
2. Обманов И. В., Ярыгин М. Л., Шмырев В. И., Ярыгин Л. М. Неврологические нарушения у больных раком молочной железы после хирургического лечения. *Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова*. 2015;115(8):42-44. [Obmanov I. V., Yarygin M. L., Shmyrev V. I., Yarygin L. M. Neurological disorders in patients with breast cancer after surgical treatment. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S. S. Korsakova*. 2015;115(8):42-44. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/jnevro20151158142-44>
3. Stubblefield M. D., Keole N. Upper Body Pain and Functional Disorders in Patients With Breast Cancer. *PM&R*. 2014;6:170-183. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2013.08.605>
4. Fakhari S., Atashkhoui S., Pourfathi H., Farzin H., Bilehjan E. Postmastectomy Pain Syndrome. *Internat. J. Women's Health Reprod. Sci.* 2017;5(1):18-23. <https://doi.org/10.15296/ijwhr.2017.04>
5. Alves Nogueira Fabro E., Bergmann A., do Amaral E Silva B., Padula Ribeiro A. C., de Souza Abrahão K. [et al.]. Post-mastectomy pain syndrome: incidence and risks. *Breast*. 2012;21:321-325. <https://doi.org/10.1016/j.breast.2012.01.019>
6. Шихкеримов Р. К., Вельшер Л. З., Савин А. А., Стаханов М. Л., Стулин И. Д. [и др.]. Клинические варианты постмастэктомического синдрома. Материалы научно-практической конференции «Новые технологии в диагностике и лечении рака молочной железы и меланомы кожи». Москва: 2010;48-49. Режим доступа: <https://rosoncweb.ru/library/congress/ru/2010/12/16/index.pdf>. Ссылка активна на 07.12.2020. [Shihkerimov R. K., Welscher L. Z., Savin A. A., Stakhanov M. L., Stulin I. D. [et al.]. Klinicheskie varianty postmastjektomicheskogo sindroma. Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii «Novye tehnologii v diagnostike i lechenii raka molochnoj zhelezy i melanomy kozhi». Available at: <https://rosoncweb.ru/library/congress/ru/2010/12/16/index.pdf>. Accessed December 7, 2020. (In Russ.)].
7. Hickey O. T., Nugent N. F., Burke S. M., Hafeez P., Mudrakowski A. L., Shorten G. D. Persistent pain after mastectomy with reconstruction. *J. Clin. Anesth.* 2011;23(6):482-488. <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2011.01.009>
8. Beyaz S. G., Ergönenç J. Ş., Ergönenç T., Sönmez Ö. U., Erkorkmaz Ü., Altıntoprak F. Postmastectomy Pain: A Cross-sectional Study of Prevalence, Pain Characteristics, and Effects on Quality of Life. *Chin. Med. J. (Engl.)*. 2016;129(1):66-71. <https://doi.org/10.4103/0366-6999.172589>
9. Meijuan Y., Zhiyou P., Yuwen T., Ying F., Xinzhong C. A retrospective study of postmastectomy pain syndrome: incidence, characteristics, risk factors, and influence on quality of life. *Sci. World J.* 2013;2013:2-6. <https://doi.org/10.1155/2013/159732>
10. Cui L., Fan P., Qiu C., Hong Y. Single institution analysis of incidence and risk factors for post-mastectomy pain syndrome. *Sci. Rep.* 2018;8(1):11494. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29946-x>
11. Шихкеримов Р. К., Савин А. А., Вельшер Л. З., Стаханов М. Л., Стулин И. Д. [и др.]. Патология плечевого сосудисто-нервного пучка в клинических проявлениях постмастэктомического синдрома. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н. И. Пирогова*. 2011;6(4):86-90. [Shihkerimov R. K., Savin A. A., Welscher L. Z., Stakhanov M. L., Stulin I. D. [et al.]. The pathology of brachial neuro-vascular bundle in clinical manifestations of postmastectomy syndrome. *Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo centra im. N. I. Pirogova*. 2011;6(4):86-90. (In Russ.)]. <https://doi.org/616.833.34:618.19-089.87>
12. Демко А. Н., Куликов Е. П., Жаднов В. А., Зорин Р. А. Постмастэктомическая брахиоплексопатия: клинические и субклинические проявления. *Паллиативная медицина и реабилитация*. 2012;4:5-9. Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_18781605_90945565.pdf. Ссылка активна на 07.12.2020. [Demko A. N., Kulikov E. P., Zhadnov V. A., Zorin R. A. Postmastjektomicheskaja brahiopleksopatija: klinicheskie i subklinicheskie projavlenija. *Palliativnaja medicina i reabilitacija*. 2012;4:5-9. Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_18781605_90945565.pdf. Accessed December 7, 2020. (In Russ.)].
13. Jones M. R., Prabhakar A., Viswanath O., Urits I., Green J. B. [et al.]. Thoracic Outlet Syndrome: A Comprehensive Review of Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment. *Pain and Therapy*. 2019;8(1):5-18. <https://doi.org/10.1007/s40122-019-0124-2>
14. Шихкеримов Р. К. Неврологические, биомеханические и сосудистые расстройства в формировании и проявлениях постмастэктомического синдрома. Диагностика, лечение: автореф. дис. ... канд. мед. наук. 2013. Режим доступа: <https://www.disserscat.com/content/nevrologicheskie-biomekhanicheskie-i-sosudistye-rasstroistva-v-formirovanii-i-proyavleniyakh>. Ссылка активна на 07.12.2020. [Shihkerimov R. K., Nevrologicheskie, biomekhanicheskie i sosudistye rasstroistva v formirovanii i proyavlenijah postmastjektomicheskogo sindroma. Diagnostika, lechenie: avtoref. dis. ... kand. med. nauk. 2013. Available at: <https://www.disserscat.com/content/nevrologicheskie-biomekhanicheskie-i-sosudistye-rasstroistva-v-formirovanii-i-proyavleniyakh>. Accessed December 7, 2020. (In Russ.)].

15. Максимова М. Ю., Скрылев С. И., Кошчев А. Ю., Щипакин В. Л., Синицын И. А., Четкин А. О. Недостаточность кровотока в артериях вертебрально-базиллярной системы при синдроме передней лестничной мышцы. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2018;12(2):5-11. [Maksimova M. Yu., Skrylev S. I., Koshcheev A. Yu., Shchipakin V. L., Sinicyan I. A., Chechetkin A. O. Vertebrobasilar insufficiency with underlying scalenus syndrome. *Annaly klinicheskoy i experimentalnoy neurologii*. – *Annals of clinical and experimental neurology*. 2018;12(2):5-11. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.18454/ACEN.2018.2.1>
16. Савин Л. А. Цереброваскулярные нарушения у больных с пост-мастэктомическим синдромом: автореф. дис. ... канд. мед. наук. 2010. Режим доступа: <http://medical-diss.com/medicina/tserebrovaskulyarnye-narusheniya-u-bolnyh-s-postmastektomicheskim-sindromom>. Ссылка активна на 07.12.2020. [Savin L. A. Cerebrovaskulyarnye narusheniya u bolnyh s post-mastektomicheskim sindromom: avtoref. dis. ... kand. med. nauk. 2010. Available at: <http://medical-diss.com/medicina/tserebrovaskulyarnye-narusheniya-u-bolnyh-s-postmastektomicheskim-sindromom>. Accessed December 7, 2020. (In Russ.)].
17. Одинец Т. Е., Брискин Ю. А. Коррекция функционального состояния вегетативной нервной системы у женщин с постмастэктомическим синдромом на стационарном этапе лечения. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2016;93(3):34-37. [Odinets T. E., Briskin Yu. A. Correction of the functional state of the autonomic nervous system in women with postmastectomy syndrome in the inpatient phase of treatment. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fisicheskoy kultury*. – *Issues of balneology, physiotherapy and medical physical training*. 2016;93(3):34-37. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/kurort2016334-37>
18. Wisotzky E., Hanrahan N., Lione T. P., Maltser S. Deconstructing Postmastectomy Syndrome: Implications for Physiatric Management. *Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am.* 2017;28(1):153-169. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2016.09.003>
19. Масляков В. В., Лёвина В. А., Накаева Е. Ю. Качество жизни и послеоперационная реабилитация больных раком молочной железы. *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2014;9(1(33)):26-29. [Masljakov V. V., Ljovina V. A., Nakaeva E. Ju. Quality of life and postoperative rehabilitation of patients with cancer of the mammary gland. *Meditsinskij vestnik Severnogo Kavkaza*. – *Medical News of North Caucasus*. 2014;9(1(33)):26-29. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.14300/mnnc.2014.09007>
20. Демко А. Н., Каминский Ю. Д., Куликов Е. П., Федотова М. С., Шомова М. В. Качество жизни больных раком молочной железы после функционально-щадящей мастэктомии. *Паллиативная медицина и реабилитация*. 2014;1:9-12. Режим доступа: <http://eport.fesmu.ru/eLib/Article.aspx?id=296911>. Ссылка активна на 07.12.2020. [Demko A. N., Kaminskij Ju. D., Kulikov E. P., Fedotova M. S., Shomova M. V. Kachestvo zhizni bolnyh rakom molochnoj zhelezy posle funkcional'no-shhadzashhej mastjektomii. *Palliativnaja medicina i rehabilitacija*. – *Palliative medicine and rehabilitation*. 2014;1:9-12. Available at: <http://eport.fesmu.ru/eLib/Article.aspx?id=296911>. Accessed December 7, 2020. (In Russ.)].
21. López Zunini R. A., Scherling C., Wallis N., Collins B., MacKenzie J. [et al.]. Differences in verbal memory retrieval in breast cancer chemotherapy patients compared to healthy controls: a prospective fMRI study. *Brain Imag. Behav.* 2013;7(4):460-477. <https://doi.org/10.1007/s11682-012-9213-0>
22. Hosseini S. M., Kesler S. R. Multivariate pattern analysis of fMRI in breast cancer survivors and healthy women. *J. Int. Neuropsychol. Soc.* 2014;20(4):391-401. <https://doi.org/10.1017/S1355617713001173>
23. Koppelmans V., de Groot M., de Ruiter M. B., Boogerd W., Seynaeve C. [et al.]. Global and focal white matter integrity in breast cancer survivors 20 years after adjuvant chemotherapy. *Hum. Brain. Mapp.* 2014;35(3):889-899. <https://doi.org/10.1002/hbm.22221>
24. Menning S., de Ruiter M. B., Veltman D. J., Boogerd W., Oldenburg H. S. A. [et al.]. Changes in brain white matter integrity after systemic treatment for breast cancer: a prospective longitudinal study. *Brain Imag. Behav.* 2018;12(2):3240334. <https://doi.org/10.1007/s11682-017-9695-x>
25. Mzayek Y., de Ruiter M. B., Oldenburg H. S. [et al.]. Measuring decline in white matter integrity after systemic treatment for breast cancer: omitting skeletonization enhances sensitivity. *Brain Imag. Behav.* 2020;23(7). <https://doi.org/10.1007/s11682-020-00319-1>
26. Kesler S. R., Rao A., Blayney D. W., Oakley-Girvan I. A., Karuturi M., Palesh O. Predicting Long-Term Cognitive Outcome Following Breast Cancer with Pre-Treatment Resting State fMRI and Random Forest Machine Learning. *Front. Hum. Neurosci.* 2017;11:555. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00555>
27. Gawrysiak M. J., Carvalho J. P., Rogers B. P., Nicholas C. R., Dougherty J. H., Hopko D. R. Neural Changes following Behavioral Activation for a Depressed Breast Cancer Patient: A Functional MRI Case Study. *Case Rep. Psychiatry.* 2012;2012:152916. <https://doi.org/10.1155/2012/152916>
28. Chen V. C. H., Lin K. Y., Tsai Y. H., Weng J. C. Connectome analysis of brain functional network alterations in breast cancer survivors with and without chemotherapy. *PLoS One.* 2020;15(5):e0232548. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232548>
29. Shen C. Y., Chen V. Ch., Yeh D. C. [et al.]. Association of functional dorsal attention network alterations with breast cancer and chemotherapy. *Sci. Rep.* 2019;9:104. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36380-6>
30. Caterson S. A., Fox S. E., Tobias A. M., Lee B. T. Functional MRI to evaluate «sense of self» following perforator flap breast reconstruction. *PLoS One.* 2012;7(11):e49883. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049883>

Поступила 05.03.2020

Сведения об авторах:

Буккиева Татьяна Александровна, младший научный сотрудник, аспирант кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии; тел.: 89992112530; e-mail: tanya-book25@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6779-0241>

Поспелова Мария Львовна, доктор медицинских наук, доцент кафедры неврологии и психиатрии; тел.: 89111769084; e-mail: pospelovaml@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3553-6537>

Ефимцев Александр Юрьевич, кандидат медицинских наук, заведующий НИО лучевой диагностики, доцент кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации; тел.: 89046113159; e-mail: atralf@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2249-1405>

Фионик Ольга Владимировна, доктор медицинских наук, профессор кафедры сердечно-сосудистой хирургии; тел.: 89218499195; e-mail: fvolga@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9730-1226>

Самочерных Константин Александрович, доктор медицинских наук, директор РНХИ им. проф. А. Л. Поленова, руководитель Центра персонализированной онкологии; e-mail: neurobaby12@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0350-0249>

Горбунова Елена Алексеевна, ординатор кафедры рентгенологии, лаборант-исследователь группы персонифицированного лечения постмастэктомического синдрома; тел.: 899110829381; e-mail: lenagorbuнова-124@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3987-9916>

Красникова Варвара Валерьевна, младший научный сотрудник исследовательской группы; тел.: 89522189632; e-mail: varya.krasnikova.93@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3261-8812>

Маханова Альбина Мансуровна, аспирант кафедры неврологии и психиатрии, лаборант-исследователь группы; тел.: 89050251719; e-mail: a.mahanova.a@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3188-1886>