

## Топографо-анатомическое и техническое обоснование методики нанесения послабляющих разрезов при замещении значительных дефектов кожи в области передней грудной стенки после радикальной мастэктомии

© С.Н. САДЫГОВА<sup>1</sup>, Э.Э. ТОПУЗОВ<sup>1,2</sup>, А.А. СМИРНОВ<sup>3</sup>, Е.М. ТРУНИН<sup>3</sup>, В.В. ТАТАРКИН<sup>3</sup>,  
А.А. ОВСЕПЬЯН<sup>4</sup>, П.А. БЛЭЙК<sup>3</sup>, Н.В. ШЕМЕРОВ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>СПБГБУЗ «Городской клинический онкологический диспансер», Санкт-Петербург, Россия;

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>4</sup>Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Россия

### РЕЗЮМЕ

Проблема наличия послеоперационного дефекта кожных покровов является актуальной в онкологии, особенно при хирургическом лечении больных раком молочной железы.

**Цель исследования.** Топографо-анатомическое, математическое и техническое обоснование методики послабляющих разрезов при замещении значительных дефектов кожи передней грудной стенки после радикальной мастэктомии (МЭ).

**Материал и методы.** В работу были включены данные о 81 пациентке, проходившей лечение в онкологическом отделении Клинической больницы им. Петра Великого СЗГМУ им. И.И. Мечникова с 2003 по 2011 г. Возраст больных варьировал от 33 до 91 года, при этом медиана составила 59 (95% доверительный интервал — ДИ от 54 до 64) лет, а средний возраст — 60 (95% ДИ от 57 до 63) лет. В возрасте до 50 лет были 20 (24,7%) больных, 50—59 — 22 (27,2%), 60—69 — 16 (19,8%) и 70 лет и старше — 23 (28,4%) пациенток. В основном больным проводилась модифицированная радикальная МЭ — 66 (81,5%) пациенткам, простая МЭ выполнена у 4 (4,9%) и санитарная ампутация — у 11 (13,6%) женщин. С целью математического моделирования, всестороннего изучения и анализа предложенной методики ориентации послабляющих разрезов применялось программное обеспечение Abaqus CAE и программный комплекс Solidworks 2016.

**Результаты.** Общая 3-летняя выживаемость пациенток составила 68,4±5,3%. Всего развилось 9 (11%) осложнений («событий») — рецидивы, прогрессия, которые возникали в сроки от 8 до 106 мес (среднее значение 28,5 мес, медиана 17 мес). Бессобытийная выживаемость составила 62,6±5,5%. При возможности проведения радикальной операции общая выживаемость составляла 72,1±5,6%, при невозможности она снижалась до 45,5±15% ( $\chi^2=3,6388$ ,  $df=1$ , логранговый критерий 0,0493). В среде для математического моделирования Abaqus CAE были созданы виртуальные математические модели: модель *a*, имитирующая предлагаемую геометрическую конфигурацию с расположением центров разрезов в точках пересечения конфокальных эллипсов и гипербол; модель *b*, послабляющие разрезы в которой располагаются без определенного порядка, параллельно длинной оси эллипса дефекта; и модель *c*, аналогичная предыдущей, но с большим количеством разрезов. Показано, что критическое значение напряжения в модели *a* выше (374,4 Па), чем в модели *b* (365,4 Па) и аналогичной модели *c* (330,0 Па). Предложенная нами модель демонстрирует большую способность деформироваться: значение deformation scale factor составляет +3,485e+03, для модели *b* +3,461e+03 и +3,355e+03 для модели *c*.

**Вывод.** Нанесение серии послабляющих разрезов — один из оптимальных способов решения проблемы закрытия обширных дефектов кожи передней грудной стенки и заживления раны после перенесенной радикальной МЭ. Предложенная нами математическая модель ориентации и расположения послабляющих разрезов позволяет уменьшить операционную травму.

**Ключевые слова:** рак молочной железы, реконструктивная хирургия, послеоперационный дефект, послабляющие разрезы.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Садыгова С.Н. — <https://orcid.org/0000-0002-4958-0507>

Топузов Э.Э. — <https://orcid.org/0000-0002-2105-2251>

Смирнов А.А. — <https://orcid.org/0000-0002-2661-3759>

Трунин Е.М. — <https://orcid.org/0000-0002-2452-0321>

Татаркин В.В. — <https://orcid.org/0000-0002-9599-3935>

Овсестьян А.Л. — <https://orcid.org/0000-0002-4050-214X>

Блейк П.А. — <https://orcid.org/0000-0001-9886-1850>

Шемеров Н.В. — <https://orcid.org/0000-0002-9874-6665>

**Автор, ответственный за переписку:** Смирнов Александр Александрович — e-mail: savmeda@yandex.ru

### КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Садыгова С.Н., Топузов Э.Э., Смирнов А.А., Трунин Е.М., Татаркин В.В., Овсестьян А.Л., Блейк П.А., Шемеров Н.В. Топографо-анатомическое и техническое обоснование методики нанесения послабляющих разрезов при замещении значительных дефектов кожи в области передней грудной стенки после радикальной мастэктомии. *Оперативная хирургия и клиническая анатомия (Пироговский научный журнал)*. 2020;4(2):4–14. <https://doi.org/10.17116/operhirurg202040214>

## Topographic, anatomical and technical justification of method of applying laxative incisions when replacing significant skin defects in the anterior chest wall after radical mastectomy

© S.N. SADYGOVA<sup>1</sup>, E.E. TOPUZOV<sup>1,2</sup>, A.A. SMIRNOV<sup>3</sup>, E.M. TRUNIN<sup>3</sup>, V.V. TATARKIN<sup>3</sup>, A.L. OVSEPYAN<sup>4</sup>, P.A. BLAKE<sup>3</sup>, N.V. SHCHEMEROV<sup>3</sup>

<sup>1</sup>I.I. Mechnikov North-West State Medical University Ministry of Health of Russia, St. Petersburg, Russia;

<sup>2</sup>City Clinical Oncology Dispensary, St. Petersburg, Russia;

<sup>3</sup>I.I. Mechnikov North-West State Medical University Ministry of Health of Russia, St. Petersburg, Russia;

<sup>4</sup>V.I. Ulyanov (Lenin) St. Petersburg State Electrotechnical University «LETI», St. Petersburg, Russia

### ABSTRACT

The problem of postoperative skin defect is relevant in oncology, especially in the surgical treatment of patients with breast cancer.

**Aim of study.** Topographic-anatomical, mathematical and technical justification of method of laxative incisions when replacing significant skin defects of the anterior chest wall after radical mastectomy (ME).

**Materials and methods.** The work included data on 81 patients undergoing treatment in the oncology department of the Clinical Hospital named after Peter the Great of the North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov from 2003 to 2011, the age of the patients ranged from 33 to 91 years, while the median was 59 (95% confidence interval — CI from 54 to 64) years, and the average age was 60 (95% CI from 57 to 63) years. At the age less than 50, there were 20 (24.7%) patients, age interval 50—59 years — 22 (27.2%), age interval 60—69 years — 16 (19.8%) and at the age of 70 years and older — 23 (28.4%) patients. Most patients underwent modified radical ME — 66 (81.5%), simple ME was performed in 4 (4.9%) patients, sanitary amputation — in 11 (13.6%) women. For the purpose of mathematical modeling, comprehensive study and analysis of the proposed methodology for orientation of laxative sections, Abaqus CAE software and the Solidworks 2016 software package were used.

**Results.** The overall 3-year survival of patients was 68.4±5.3%. A total of 9 (11%) complications («events») developed — relapses, progression, which occurred between 8 and 106 months (average 28.5 months, median 17 months). The non-event survival rate was 62.6±5.5%. If radical surgery was possible, the overall survival rate was 72.1±5.6%, and if impossible, it decreased to 45.5±15% ( $\chi^2=3.6388$ ,  $df=1$ , log-rank criterion 0.0493). In the mathematical modeling environment of Abaqus CAE, virtual mathematical models were created: model a, which imitates proposed geometric configuration with the location of cut centers at the intersection points of confocal ellipses and hyperbolas, model b, in which laxative cuts are located without any order parallel to the long axis of defect ellipse, and model c, similar to the previous one, but with a large number of cuts. It is shown that the critical tension value in model a is higher (374.4 Pa) than in model b (365.4 Pa) and similar to model c (330.0 Pa). Our model demonstrates a great ability to deform: the deformation scale factor is + 3,485e + 03, for model b + 3,461e + 03 and for model c + 3,355e + 03.

**Conclusions.** Applying a series of laxative incisions is one of the best ways to solve the problem of closing extensive skin defects of the anterior chest wall and healing of wound after radical ME. Our proposed mathematical model of orientation and location of laxative cuts can reduce surgical trauma

**Keywords:** breast cancer, reconstructive surgery, postoperative defect, laxative incisions.

### INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Sadygova S.N. — <https://orcid.org/0000-0002-4958-0507>

Topuzov E.E. — <https://orcid.org/0000-0002-2105-2251>

Smirnov A.A. — <https://orcid.org/0000-0002-2661-3759>

Trunin E.M. — <https://orcid.org/0000-0002-2452-0321>

Tatarkin V.V. — <https://orcid.org/0000-0002-9599-3935>

Ovsepyan A.L. — <https://orcid.org/0000-0002-4050-214X>

Blake P.A. — <https://orcid.org/0000-0001-9886-1850>

Shchemerov N.V. — <https://orcid.org/0000-0002-9874-6665>

**Corresponding author:** Smirnov A.A. — e-mail: [savmeda@yandex.ru](mailto:savmeda@yandex.ru)

### TO CITE THIS ARTICLE:

Sadygova SN, Topuzov EE, Smirnov AA, Trunin EM, Tatarkin VV, Ovsepyan AL, Blake PA, Shchemerov NV. Topographic, anatomical and technical justification of method of applying laxative incisions when replacing significant skin defects in the anterior chest wall after radical mastectomy. *Russian Journal of Operative Surgery and Clinical Anatomy = Operativnaya khirurgiya i klinicheskaya anatomiya (Pirogovskii nauchnyi zhurnal)*. 2020;4(2):4–14. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/operhirurg202040214>

## Актуальность

Проблема послеоперационного дефекта кожных покровов является актуальной со времен появления первых оперативных вмешательств. Несмотря на то, что с медицинской точки зрения результат, который достигается оперативным вмешательством, может в полной мере удовлетворять хирурга, эстети-

ческая составляющая для пациента оказывается зачастую не менее важным фактором, чем состояние его здоровья. Данная проблема особенно актуальна у женщин. Один из важных аспектов мастэктомии (МЭ) — создание условий для заживления послеоперационной раны с минимально возможными нарушениями эстетической картины и с максимальным устранением патологического процесса.

Рак молочной железы (РМЖ) в настоящее время — одно из самых распространенных онкологических заболеваний. Со времен появления хирургических вмешательств по поводу РМЖ вопрос послеоперационного закрытия дефекта стал едва ли не основным, так как зона операционной травмы может быть довольно обширной. Вовлечение в злокачественный процесс кожи многими клиницистами расценивается как неоперабельное локорегиональное распространение карциномы [1, 2]. Иногда прорастание опухолью кожи приводит к возникновению ран, язв с их вторичным нагноением, что является абсолютным противопоказанием полихимиотерапии [3, 4]. По последним данным, число таких пациенток достигает 5—10% [5—7]. Лекарственная терапия у них откладывается на неопределенные сроки, что негативно сказывается как на лимфогенной, так и на гематогенной диссеминации злокачественной опухоли. В статье обоснована необходимость оперативного этапа лечения в качестве *up-front* терапии, а также представлен способ закрытия дефекта кожи после МЭ и выполнено его сравнение с другими известными методиками.

**Цель исследования** — топографо-анатомическое, математическое и техническое обоснование методики послабляющих разрезов при замещении значительных дефектов кожи передней грудной стенки после радикальной МЭ.

Задачи:

1) сравнительный анализ различных методик замещения значительных дефектов кожных покровов после радикальной МЭ по поводу РМЖ;

2) топографо-анатомический и математический анализ особенностей дефекта кожных покровов передней грудной стенки после радикальной МЭ и предложение на основании выполненного анализа оптимальной модели кожной пластики;

3) виртуальное математическое моделирование предложенного способа и его сравнение с методикой, использованной в приведенных клинических примерах.

## Материал и методы

В работу включены данные о 81 пациентке, проходившей лечение в онкологическом отделении клинической больницы им. Петра Великого СЗГМУ им. И.И. Мечникова с 2003 по 2011 г. Возраст больных варьировал от 33 до 91 года, медиана — 59 лет (95% доверительный интервал — ДИ от 54 до 64 лет), средний возраст — 60 лет (95% ДИ от 57 до 63 лет). Моложе 50 лет были 20 (24,7%) больных, в возрасте 50—59 лет — 22 (27,2%), 60—69 лет — 16 (19,8%) и 70 лет и старше — 23 (28,4%) пациентки.

В менопаузе были 72 (88,9%) пациентки, у 9 (11,1%) — менструальная функция была сохранена. Все больные имели распадающуюся опухоль с местным распространением и изъязвлением кожи (Т4), при этом стадия IIIb диагностирована у 49

(60,5%), стадия IIIc — у 10 (12,3%) и стадия IV — у 22 (27,2%) пациенток.

Метастазы в подмышечных лимфатических узлах (ЛУ) и/или во внутренних ЛУ молочной железы (МЖ) на стороне поражения (N1) диагностированы у 26 (32,1%) больных; спаянные метастазы в подмышечных ЛУ или метастазы во внутренних ЛУ МЖ на стороне поражения (N2) — у 20 (24,7%); метастазы в подключичных ЛУ или клинически определяемые метастазы во внутренних ЛУ МЖ (N3) — у 15 (18,5%) больных. Центральная часть МЖ была поражена у 17 (21%) больных, верхне-внутренний квадрант — у 39 (48,1%); далее по частоте возникновения располагались нижне-внутренний квадрант — 12 (14,8%) и подмышечная область — 6 (7,4%); остальные локализации выявлялись в единичных наблюдениях.

В основном больным проводилась модифицированная радикальная МЭ — 66 (81,5%) пациенткам, простая МЭ выполнена у 4 (4,9%) и санитарная ампутация — у 11 (13,6%) женщин (см. таблицу). Клинический пример представлен выполнением МЭ с последующим закрытием послеоперационного дефекта с использованием техники послабляющих разрезов. Проведено сравнение данной методики с другими различными способами замещения значительных дефектов кожных покровов передней грудной стенки, которые отображали либо перемещение лоскутов, либо изменение натяжения кожного покрова.

**Математическое моделирование методики послабляющих разрезов.** С целью математического моделирования, всестороннего изучения и анализа предложенной методики ориентации послабляющих разрезов применяли программное обеспечение Abaqus CAE и программный комплекс Solidworks 2016. В программном комплексе SolidWorks 2016 была решена задача поиска фокусов гипербол и по предложенному методу построены модели зоны интереса с различными геометрическими конфигурациями послабляющих разрезов. Полученные модели импортировали в среду математического моделирования Abaqus CAE для исследования напряжений в областях послабляющих разрезов. Поиск критических значений напряжения основан на теории Мизеса-Хенки, которая утверждает, что пластичный материал начи-

## Распределение больных в зависимости от вида оперативного вмешательства

### Distribution of patients depending on the type of surgical intervention

Вид операции	Число больных	
	абс.	%
МЭ по Пейти	57	70,4
МЭ по Холстеду	4	4,9
МЭ с резекцией грудной мышцы	9	11,1
Санитарная ампутация МЖ	11	13,6
Итого	81	100

Примечание. МЭ — мастэктомия; МЖ — молочная железа.

нает повреждаться в местах, где напряжение по Мизесу становится равным предельному значению. Граничные условия (нагрузки и фиксация), свойства материала были одинаковыми для всех конфигураций. Для стягивания краев модели установлена постоянная концентрированная сила 800 Па.

## Результаты

Срок наблюдения за больными составлял от 11 до 142 мес (в среднем 46 мес, медиана 40 мес).

В неoadьювантном режиме 39 (48,1%) пациенткам проводилась химиотерапия, 12 (14,8%) — гормонотерапия, 5 (6,2%) — лучевая терапия. Практически все больные (80 или 98,8%) получили адьювантную гормонотерапию, 28 (34,6%) — адьювантную химиотерапию.

Общая 3-летняя выживаемость пациенток составила  $68,4 \pm 5,3\%$ . Зарегистрировано 9 (11%) осложнений («событий») — рецидивы, прогрессия. Они возникали в сроки от 8 до 106 мес (в среднем 28,5 мес, медиана 17 мес). Бессобытийная выживаемость составила  $62,6 \pm 5,5\%$ .

**Хирургическое лечение.** При возможности проведения радикальной операции общая выживаемость (ОВ) составляла  $72,1 \pm 5,6\%$ , при невозможности ОВ снижалась до  $45,5 \pm 15\%$  (критерий  $\chi^2=3,6388$ ;  $df=1$ ; логранговый критерий 0,0493).

**Адьювантная химиотерапия.** При прогрессировании заболевания и нерадикальном объеме оперативного вмешательства лечение дополнялось адьювантной химиотерапией. Выживаемость в этой сложной когорте больных составила  $43,8 \pm 10,1\%$  (критерий  $\chi^2=11,4422$ ,  $df=1$ , логранговый критерий 0,0011).

## Сравнительный анализ различных способов замещения значительных дефектов кожи после радикальной МЭ

Различные способы замещения значительных дефектов кожных покровов, применяемые в настоящее время в клинической практике, можно условно разделить на две большие группы: методики, связанные с перемещением кожных лоскутов, и методики, подразумевающие изменение натяжения кожи. В данной работе будут раскрыты преимущества методики послабляющих разрезов как одного из способов изменения натяжения кожи, а также показаны результаты оперативного вмешательства с использованием данного метода. Обосновано применение методики в реальных операционных условиях.

В последнее время в оперативной практике по поводу РМЖ активно внедряются новые методы закрытия послеоперационного дефекта. Данные методики преимущественно относятся к лоскутной пластике, тем не менее каждая из них уникальна и имеет свои особенности. Одним из ярких примеров является лоскутное закрытие послеоперационного дефекта на МЖ по поводу раковой опухоли на стадии T4M2N1,

который был применен с использованием двулобового лоскута и дополнительного разреза. Данный способ был применен Б.А. Мазаевой в 2017 г. (см. рис. 7) и дал хорошие результаты с точки зрения реконструкции, однако при данном способе затрагивается ткань здоровой МЖ, что является его существенным недостатком.

Обсуждая вопрос об «универсальном» лоскутном способе, следует особо отметить торакодорсальный способ (рис. 1), впервые описанный Iginio Tansini в 1896 г. и «реанимированный» Neveri Olivari в 1976 г. [8]. Торакодорсальный лоскут является универсальным и подходит для закрытия дефектов, локализованных в любой зоне МЖ. К преимуществам торакодорсального лоскута относятся хорошее кровоснабжение формируемого лоскута и возможность скрытия послеоперационного рубца в зоне бюстгалтера. Недостатками являются деформация контура спины и деформация сжатия (при использовании лоскута для закрытия дефектов нижней полусферы МЖ), симптом заплатки (разница текстуры кожи донорской и реципиентной зон), необходимость поворота больной во время операции [8].

При онкопластических операциях актуален также способ, который может быть использован для изменения коэффициента натяжения, такой как «bat wing», описанный И.К. Воронниковым в 2018 г. [9]. Данная техника заключается в иссечении опухоли и выполнении разрезов, которые по своей форме напоминают крылья летучей мыши, отчего данный способ получил такое название. Эти разрезы помогают снизить натяжение послеоперационной раны и, как следствие, снижают ишемию. Недостатком данной методики является то, что она не может быть применена при дефектах внушительных размеров.

Одна из ключевых методик, обеспечивающих уменьшение натяжения, — методика по Гризотти (рис. 2). Для опухолей, локализованных в центральной зоне МЖ, рекомендуется центральная сегментэкто-

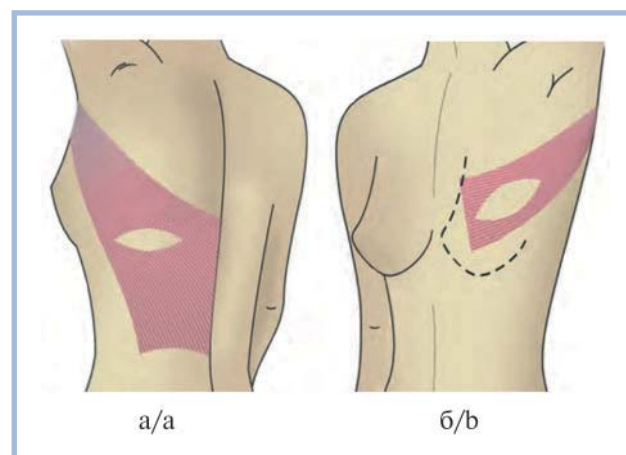
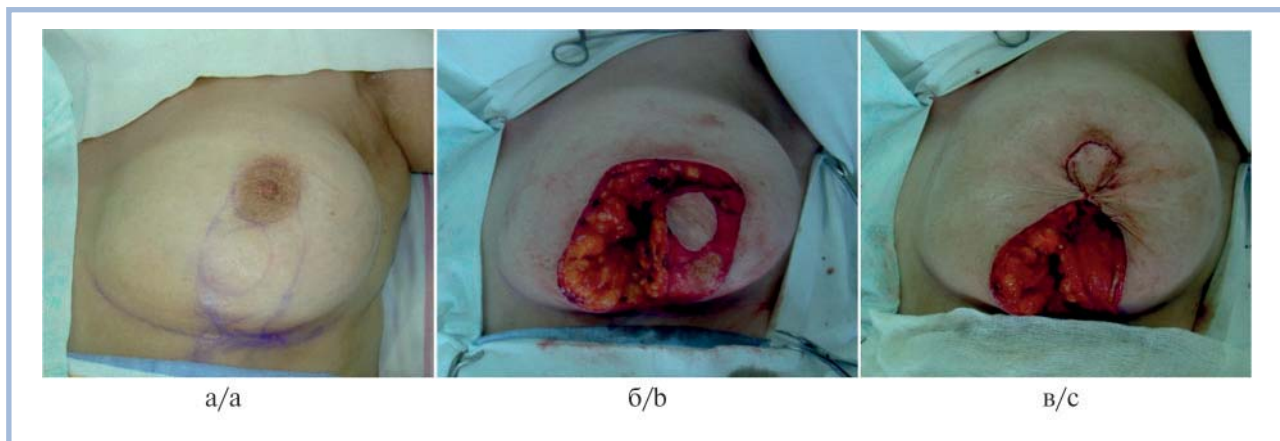


Рис. 1. Торакодосальный лоскут по Iginio Tansini.  
Fig. 1. Thoracodorsal flap according to Iginio Tansini.

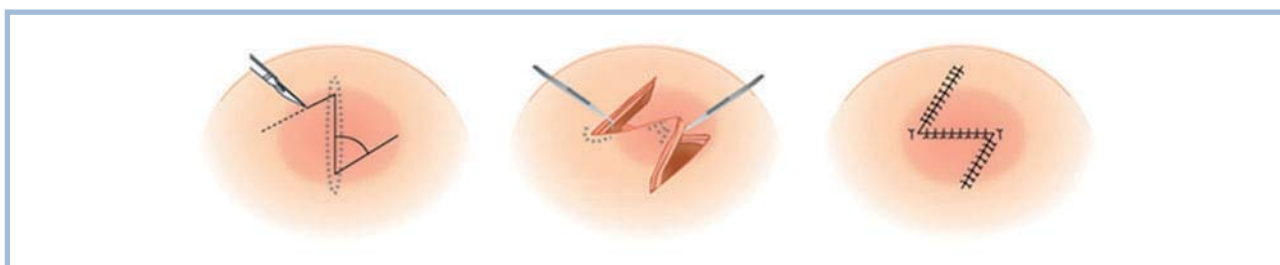


**Рис. 2. Методика по Гризотти [10].**

a — планирование разреза; б — операционное поле; в — формирование нового сосково-ареолярного комплекса.

**Fig. 2. Grisotti method [10].**

a — section planning; b — operational field; c — formation of new nipple-areolar complex.



**Рис. 3. Z-пластика Лангера. Классический пример пластики с перемещением лоскутов.**

**Fig. 3. Z-plastic by Langer. A classic example of plastics with moving flaps.**

мия, описанная доктором Andrea Grisotti в 1994 г. [10]. Данная операция подразумевает иссечение опухоли вместе с сосково-ареолярным комплексом, а образовавшийся дефект закрывается перемещением и ротацией дермоглангулярного лоскута и позволяет не только закрыть дефицит объема, но и создать новый сосково-ареолярный комплекс, а также максимально снизить коэффициент натяжения. Недостатком этого способа также является невозможность применения в условиях наличия обширного дефекта.

Идея улучшения эстетической картины и заживления послеоперационных дефектов известна со времен Лангера, который впервые описал Z-образный метод закрытия дефектов (рис. 3). Смысл данного метода заключался в том, что путем перемещения треугольников геометрически увеличивалась площадь поверхности закрытия дефекта. Тем не менее данный способ успешно применяется до сих пор, хотя довольно сложно минимизировать эстетический дефект после его применения.

Метод перемещения лоскутов довольно практичен и несложен в выполнении, но данный вид пластики — не лучшее решение при закрытии объемных дефектов, таких как постмастэктомический. Это объясняется не только объемом дефекта, но и физиоло-

гической составляющей кожных покровов грудной клетки. Одна из таких составляющих — линии наилучшей релаксации кожи (ЛНРК). Эти линии параллельны ходу коллагеновых волокон, и именно поэтому, а также из-за специфического расположения эластиновых волокон данная методика не является лучшим решением при закрытии дефекта после радикальной МЭ (рис. 4). Использование данного метода в условиях недостаточного размера лоскута приводит к гипертрофическому рубцу, избыточному натяжению, ишемии и ухудшению заживления раны.

Несмотря на то что данный метод создает дополнительную площадь закрытия дефекта, он нарушает физиологическую структуру кожных покровов, а также требует захвата соседних зон. Более того, данный метод рассчитан на наличие обширных лоскутов, мобилизация которых после радикальной МЭ может быть значительно затруднена. На рис. 5 приведен пример послеоперационного закрытия дефекта с использованием лоскутной пластики [11]. При этом способе используются прилежащие ткани, в данном случае — ткань соседней МЖ. Несмотря на хороший реконструктивный результат, способ деформирует кожу передней грудной стенки, а послеоперационные рубцы в области груди находятся практически перпен-

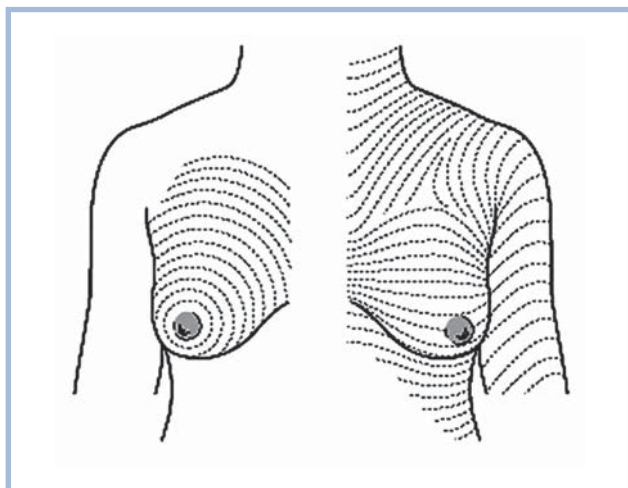


Рис. 4. Линии релаксации натяжения кожи (ЛРНК) в области МЖ.

Fig. 4. Lines of relaxation of skin tension (LRST) in the area of the breast.



Рис. 5. Результат лоскутной пластики на послеоперационном дефекте [11].

Fig. 5. The result of flap plastics on a postoperative defect [11].

дикулярно (в случае вертикального разреза) или под некоторым углом, что ухудшает послеоперационную эстетическую картину. Таким образом, использование данного способа не только изменит расположение ЛРНК, но и приведет к деформации внешнего вида грудной клетки. Кроме того, при избыточном натяжении возможна компрессия сосудов, что вызовет ишемию раны, а также компрессию лимфатических путей. Избыточное натяжение снижает как приток артериальной крови к дефекту, так и ангиогенез, что ведет к снижению пролиферации фибробластов, а соответственно, ухудшает заживление раны.

Таким образом, один из важных аспектов данной проблемы — как можно меньше воздействовать на физиологию кожи и заживления, снизив при этом степень ишемии раны и учитывая эстетическую картину послеоперационного дефекта. Из этого следует, что любое перемещение лоскутов при обширных де-

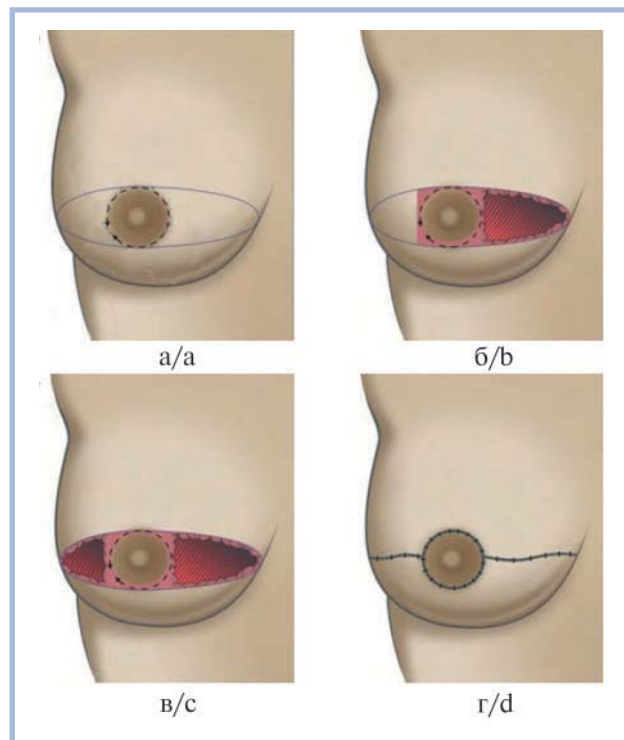


Рис. 6. Горизонтальная редуцирующая маммопластика по Silverstein [8].

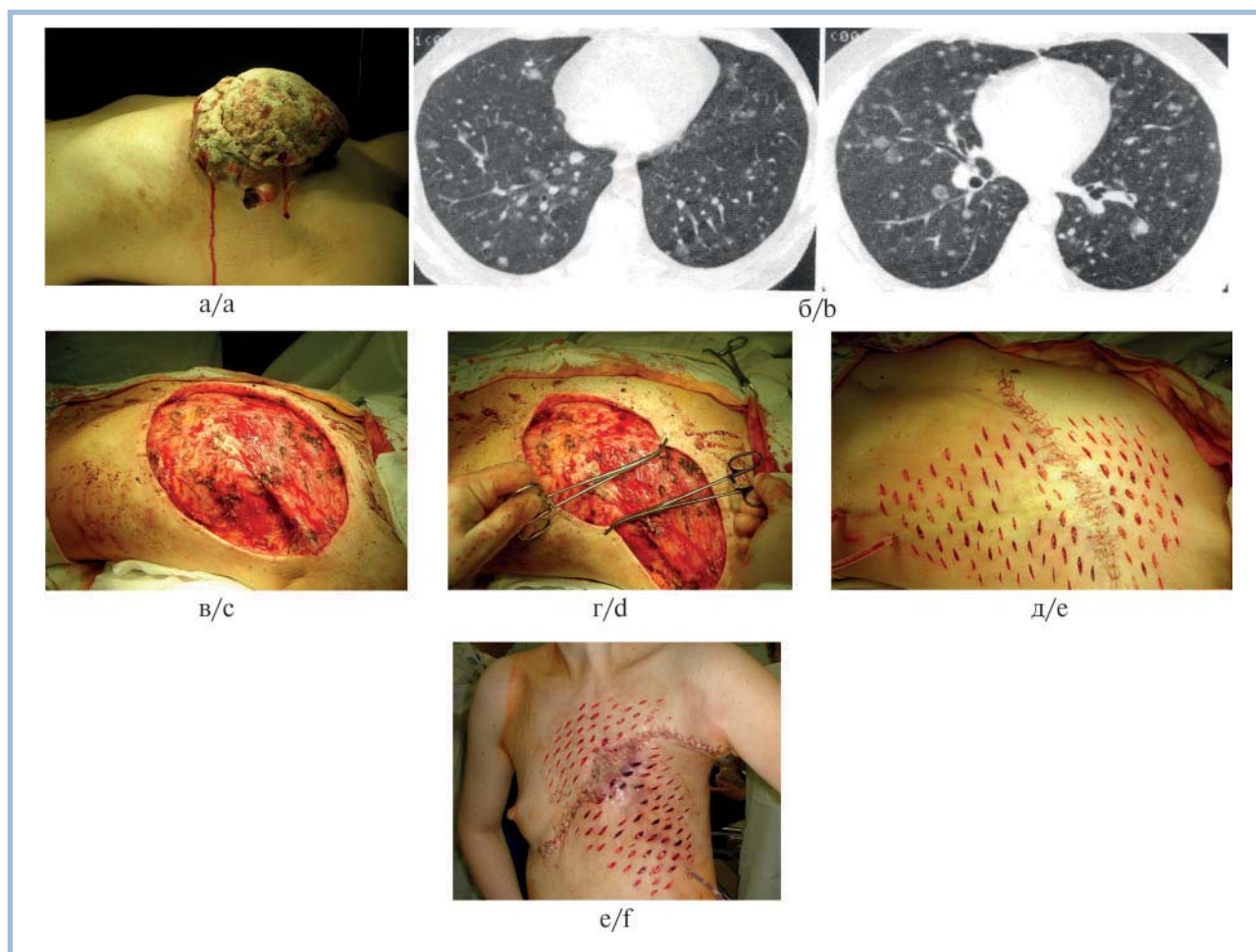
Fig. 6. Horizontal reduction mammoplastics according to Silverstein [8].

фектах — не оптимальный вариант решения данной проблемы. Кроме того, любой вариант пластики, связанный с перемещением кожных лоскутов, гарантированно повреждает основные источники кровоснабжения кожи передней грудной стенки — перфорантные ветви передних и задних межреберных артерий, которые в силу своих топографо-анатомических особенностей (короткая длина, расположение в межреберьях) не могут сколько-нибудь значительно смещаться при мобилизации лоскута.

Увеличение площади закрытия дефекта — не единственный способ решения данной проблемы. Существуют методики, при которых ЛРНК не деформируются, а дополнительная площадь поверхности появляется за счет снижения коэффициента натяжения. Одним из подобных методов является способ горизонтальной редуцирующей маммопластики по Silverstein (рис. 6) [8]. Данная методика может быть использована при наличии небольших дефектов, однако при радикальной МЭ такими разрезами элементарно не уменьшить коэффициент натяжения максимально возможной степени.

#### Устранение значительного дефекта кожных покровов с применением методики послабляющих разрезов

Из представленного обзора можно сделать вывод, что нанесение серии небольших послабляющих раз-



**Рис. 7.** Больная М., 44 лет; диагноз: рак левой молочной железы, IV стадия, cT4N1M1.

а — общий вид; б — КТ органов грудной клетки: метастатическое поражение легких при РМЖ; в — этап оперативного вмешательства (рана); г — этап оперативного вмешательства (попытка стянуть края раны); д — послабляющие разрезы; е — 1-е сутки после операции.

**Fig. 7.** Patient M., 44 years old; diagnosis: cancer of the left breast, stage IV, cT4N1M1.

а — general view; б — CT scan of the chest: metastatic lung damage in breast cancer; в — stage of surgical intervention (wound); г — stage of surgical intervention (attempt to tighten the wound edges); д — laxative incisions; е — 1 day after surgery

резов является одним из оптимальных способов решения проблемы закрытия и заживления раны после перенесенной радикальной МЭ с наличием большого кожного дефекта. Описание данного метода далее рассмотрено на примере клинического случая.

Больная М., 44 лет, поступила в отделение с диагнозом «рак левой молочной железы» (рис. 7, а). При клинико-инструментальном обследовании диагностирована IV стадия заболевания с метастатическим поражением легких, cT4N1M1 (рис. 7, б).

Неoadьювантная полихимиотерапия состояла из 6 циклов по схеме FDC: циклофосфамид (500 мг/м<sup>2</sup> внутривенно в 1-е сутки), доксорубин (50 мг/м<sup>2</sup> внутривенно в 1-е сутки) и фторурацил (500 мг/м<sup>2</sup> внутривенно в 1-е сутки) с последующим переходом на паклитаксел (80 мг/м<sup>2</sup> внутривенно еженедельно, 12 введений).

Через 122 дня от начала системного лечения выполнено оперативное пособие в объеме санитарной

ампутации левой МЖ; операция не являлась радикальной и включала только удаление органа с опухолью; при этом регионарные ЛУ и грудные мышцы были оставлены (рис. 7, в, г).

По причине наличия обширного послеоперационного дефекта были выполнены послабляющие разрезы — насечки на коже по сторонам раны параллельно длинной ее оси (рис. 7, д, е). Как видно из рис. 7, е, удалось достичь существенного снижения коэффициента натяжения. Данное суждение может быть визуально подтверждено тем, что зона отека наблюдается только в небольшой части центрального нижнего края послеоперационной раны. Учитывая внушительный размер дефекта, данный способ является одним из наилучших с точки зрения послеоперационного заживления раны и создания эстетической картины, так как послабляющие разрезы выполнены в проекции линий Лангера. В последующем возможно выполнение множественной вторичной лазерной пластики.

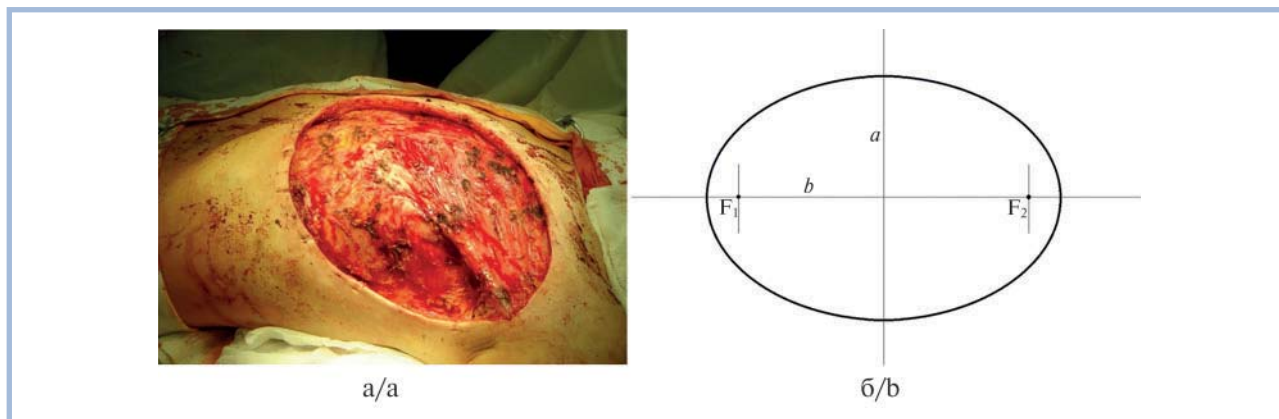


Рис. 8. Вид операционной раны после радикальной мастэктомии (а), эллипс с параметрами  $a$  и  $b$ , соответствующими длине и ширине раны; точками  $F_1$  и  $F_2$  отмечены фокусы построенного эллипса (б).

Fig. 8. Type of surgical wound after radical mastectomy (a), ellipse with parameters  $a$  and  $b$  corresponding to the length and width of the wound; points  $F_1$  and  $F_2$  mark the foci of the constructed ellipse (b).

Морфологически у данной больной верифицирован инвазивный протоковый рак, трижды — негативный с высоким индексом пролиферативной активности (82%).

#### Топографо-анатомическое и математическое обоснование применяемой методики

Нанесение послабляющих разрезов — одна из наименее травматичных и в то же время довольно эффективных методик устранения значительных послеоперационных дефектов кожных покровов передней грудной стенки. Несмотря на широкое распространение этой методики, в настоящее время не существует четкого метода определения оптимальной локализации «послабляющих» разрезов. С целью устранения этой неопределенности нами выполнены математическое моделирование и создание оптимальной, по нашему мнению, физической модели, а также сравнение последней со способом нанесения послабляющих разрезов, ориентированных по большому диаметру раны.

Как видно на рис. 8, дефект кожных покровов после радикальной МЭ приближается по форме к эллипсу. А ввиду того, что линии Лангера вокруг МЖ располагаются в виде концентрических конфокальных эллипсов (рис. 9), оптимальный вектор тяги каждой точки периметра раны должен соответствовать нормали этой точки эллипса, при этом траектория смещения каждой точки к прямой  $b$  при стягивании раны будет соответствовать конфокальной гиперболе, проходящей через соответствующую точку (см. рис. 9). В то же время оптимальная ориентация каждого конкретного разреза будет задаваться периметром конфокального эллипса, расположенного за пределами зоны кожного дефекта, а центры предполагаемых разрезов — местами пересечений серии заданных конфокальных гипербол и эллипсов (рис. 10).

Согласно нашей гипотезе критические значения напряжений в областях разрезов зависят от геометрического расположения этих разрезов (далее — геометрическая конфигурация). С целью всестороннего изучения и анализа применяемой методики был выполнен конечно-элементный анализ области интереса для исследования нагрузок в тканях при различных геометрических конфигурациях послабляющих разрезов. В программном комплексе SolidWorks 2016 была решена задача поиска фокусов гипербол и по предложенному методу построены модели зоны интереса с различными геометрическими конфигурациями послабляющих разрезов и с допущением: исследуемый участок упрощен до параллелепипеда (рис. 11).

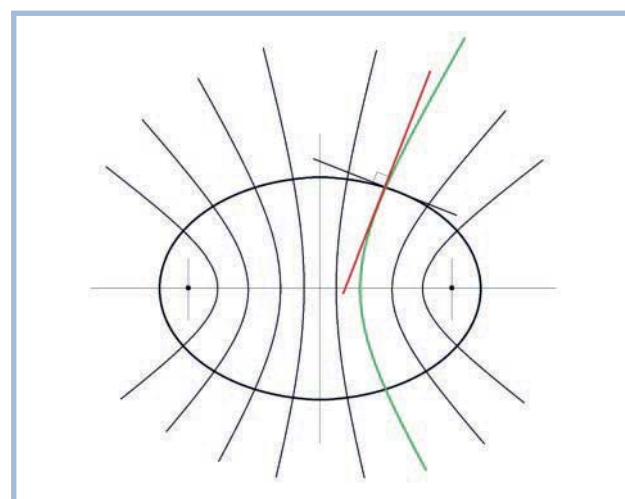


Рис. 9. Эллипс с конфокальными гиперболами: красным отмечена нормаль к конкретной точке периметра раны, зеленым — конфокальная гипербола, проходящая через эту точку.

Fig. 9. An ellipse with confocal hyperbolas: red indicates the normal to a specific point on the perimeter of wound, green indicates a confocal hyperbola passing through this point.



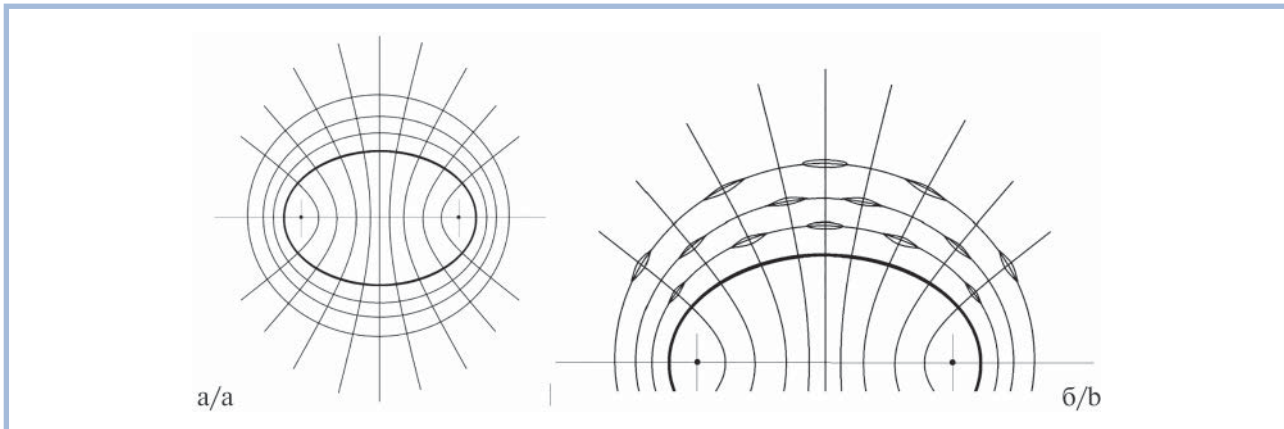


Рис. 10. Эллипс с конфокальными гиперболами и эллипсами (а, б); оптимальная ориентация «послабляющих» разрезов вокруг дефекта кожных покровов эллиптической формы (б).

Fig. 10. An ellipse with confocal hyperbolas and ellipses (a, b); the optimal orientation of «laxative» sections around the defect of elliptical shape skin (b).

Полученная модель импортировалась в среду математического моделирования Abaqus CAE для исследования напряжений в областях послабляющих разрезов. Поиск критических значений напряжения основан на теории Мизес-Хенки, которая утверждает, что пластичный материал начинает повреждаться в местах, где напряжение по Мизесу становится равным предельному значению. Исходя из этого нами была сформирована задача — подобрать геометрическую конфигурацию послабляющих разрезов таким образом, чтобы значение критических значений напряжения было максимальным и при этом сохранялась возможность стягивать края раны. Граничные условия (нагрузки и фиксация), свойства материала были одинаковыми для всех конфигураций (рис. 12). Для стягивания краев модели установлена постоянная концентрированная сила 800 Па.

Были приняты следующие механические свойства модели: коэффициент Пуассона — 0,2, модуль Юнга — 2 МПа; было допущено, что материал изотропен [12]. Сгенерированная сетка конечных элементов неструктурирована и содержит 41 430 гексаэдров (рис. 13).

Были созданы 3 подобные модели: модель *a*, имитирующая предлагаемую геометрическую конфигурацию с расположением центров разрезов в точках пересечения конфокальных эллипсов и гипербол, модель *b*, послабляющие разрезы в которой располагаются без определенного порядка (на усмотрение хирурга), и модель *c*, аналогичная предыдущей, но с большим количеством разрезов. Общее количество послабляющих разрезов в модели *a* составило 84, в модели *b* — 60, а в модели *c* — 90 (рис. 14). Для всех 3 моделей было смоделировано 15-секундное стягивание краев с шагом 0,02 с. Результаты, полученные в процессе эпюры, можно интерпретировать как подтверждение нашей гипотезы: критическое значение напряжения в модели *a* с предложенной нами геоме-

трической конфигурацией выше (374,4 Па), чем в модели *b* с послабляющими разрезами, ориентированными по большому диаметру (365,4 Па) и аналогичной модели *c* (330,0 Па). Кроме того, объем тканей с высоким значением напряжения меньше у нашей модели (см. рис. 14). Особое внимание стоит уделить значению деформации. Предложенная нами модель демонстрирует большую способность деформироваться: значение deformation scale factor составляет

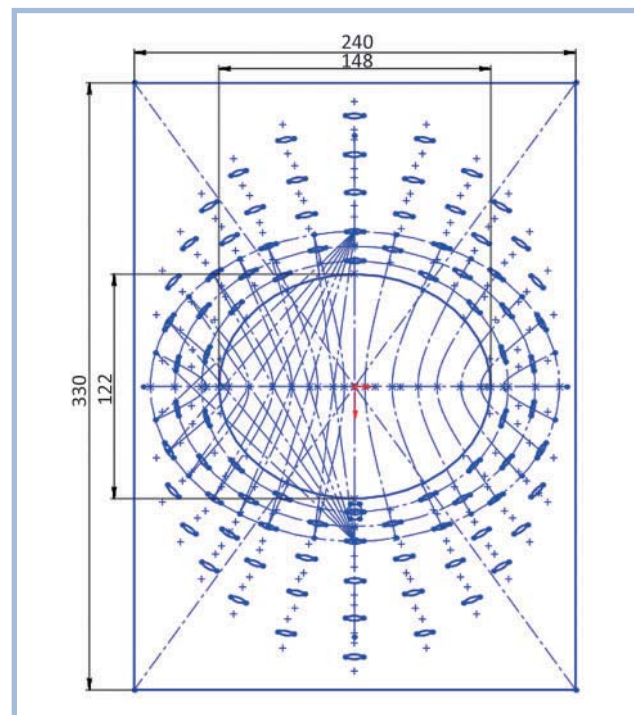


Рис. 11. Чертеж предложенной модели в программном комплексе SolidWorks 2016.

Fig. 11. Scheme of proposed model in the SolidWorks 2016 software package.

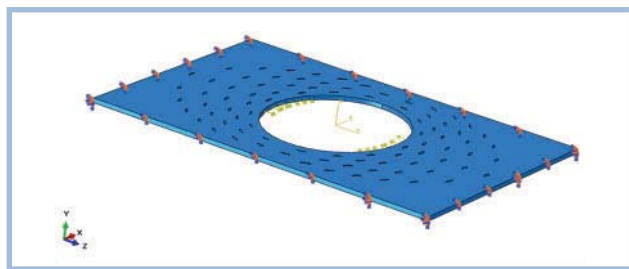


Рис. 12. Граничные условия для предложенной модели.  
Fig. 12. Boundary conditions for the proposed model.



Рис. 13. Сетка конечных элементов предложенной модели в Abaqus CAE.

Fig. 13. The finite element mesh of the proposed model in Abaqus CAE.

+3,485e+03 (см. рис. 14, а). Значение этого же параметра для модели *b* составляет +3,461e+03 (см. рис. 14, б) и +3,355e+03 для модели *c* (см. рис. 14, в).

### Заключение

1. При небольших по размеру опухолях локальных стадий T1—T3 без отдаленного метастазирования, даже с прорастанием в подкожную жировую клетчатку и кожу в качестве up-front терапии необходимо проводить оперативный этап лечения. При раке с отдаленными метастазами, особенно висцеральными, а также при статусе лимфатических узлов N3 показано неoadъювантное системное лечение (химиогормонотерапия). Небольшое количество рецидивов в исследуемой когорте женщин (11%) указывает на то, что большинство распадающихся опухолей могут быть удалены радикально.

2. Нанесение серии послабляющих разрезов является одним из оптимальных способов решения проблемы закрытия обширных дефектов кожи передней грудной стенки и заживления раны после перенесенной радикальной мастэктомии.

3. Предложенная математическая модель ориентации и расположения послабляющих разрезов позволяет уменьшить операционную травму, а также за счет большей способности к деформации более эффективно сводить края послеоперационного дефекта с меньшей вероятностью формирования зон повышенного

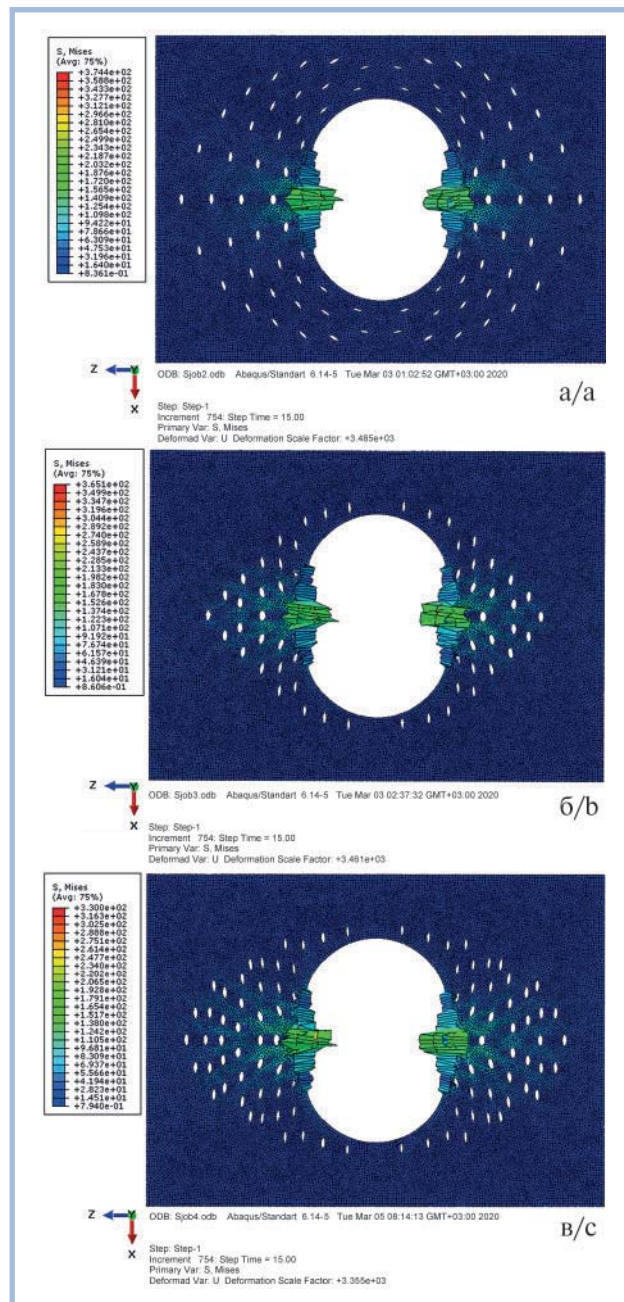


Рис. 14. Эпюры напряжений по Мизесу. а — для предложенной модели (модель *a*); б — для модели с диаметрально ориентированными послабляющими разрезами (модель *b*); в — для модели с диаметрально ориентированными послабляющими разрезами (модель *c*).

Fig. 14. Stress diagrams by Mises

натяжения кожи, что в конечном итоге будет способствовать лучшим условиям заживления раны и формированию оптимального косметического эффекта.

### Перспективы дальнейшей разработки темы

Планируется создание программного обеспечения, способного распознавать края дефекта кожи передней грудной стенки и на основании расчета геометрических характеристик дефекта строить карту

оптимального расположения послабляющих разрезов для его ликвидации.

#### Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования — С.Н. Садыгова, Э.Э. Топузов, А.А. Смирнов.

Сбор и обработка материала — С.Н. Садыгова, А.А. Смирнов, Е.М. Трунин, В.В. Татаркин, А.Л. Овсепьян, Н.В. Щемеров, П.А. Блейк.

Написание текста — Э.Э. Топузов, А.А. Смирнов, П.А. Блейк.

Редактирование — Э.Э. Топузов, А.А. Смирнов, П.А. Блейк.

#### Participation of authors:

Concept and design of the study — S.N. Sadygova, E.E. Topuzov, A.A. Smirnov.

Data collection and processing — S.N. Sadygova, A.A. Smirnov, E.M. Trunin, V.V. Tatarkin, A.L. Ovsepyan, P.A. Blake, N.V. Shchemerov.

Text writing — E.E. Topuzov, A.A. Smirnov, P.A. Blake.

Editing — E.E. Topuzov, A.A. Smirnov, P.A. Blake.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**The authors declare no conflicts of interest.**

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Фомин Д.К., Тарарухина О.Б., Назаров А.А. Системная лучевая терапия: варианты лечения метастатического поражения скелета. *Паллиативная медицина и реабилитация*. 2013;1:5-9. Fomin DK, Tararukhina OB, Nazarov AA. Systemic radiation therapy: treatment options for metastatic skeletal lesions. *Palliativnaya meditsina i reabilitatsiya*. 2013;1:5-9. (In Russ.).
2. Lang J, Tereffe W, Mitchell MP. Primary tumor extirpation in breast cancer patients who present with stage IV disease is associated with improved survival. *Ann Surg Oncol*. 2013;20:1893-1899.
3. Орлова Р.В., Вайзьян Р.И. Химиотерапия злокачественных опухолей: проблемы и перспективы. *Вопросы онкологии*. 2015;2:244-251. Orlova RV, Vaizyan RI. Chemotherapy of malignant tumors: problems and prospects. *Voprosy onkologii*. 2015;2:244-251. (In Russ.).
4. Akay CL, Ueno NT, Chisholm GB. Primary tumor resection as a component of multimodality treatment may improve local control and survival in patients with stage IV inflammatory breast cancer. *Cancer*. 2014;120:1319-1328.
5. Каприн А.Д. Состояние онкологической помощи населению России в 2016 г. Под ред. Каприна А.Д., Старинского В.В., Петровой Г.В. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена филиал ФГБУ «НМИРЦ» Минздрава России; 2017. Kaprin AD. *Sostoyaniye onkologicheskoi pomoshchi naseleniyu Rossii v 2016 g.* Pod red. Kaprina A.D., Starinskogo V.V., Petrovoi G.V. M.: MNIIOI im. P.A. Gertsena filial FGBU «NMIRTs» Minzdrava Rossii; 2017. (In Russ.).
6. Чиссов В.И. Злокачественные новообразования в России в 2011 г. (*заболеваемость и смертность*). Под ред. Чиссова В.И., Старинского В.В., Петровой Г.В. М.: ФГБУ «МНИОИ им. П.А. Герцена» Минздрава России; 2013. Chissov VI. *Zlokachestvennyye novoobrazovaniya v Rossii v 2011 godu (zabolevaemost' i smertnost')*. Pod red. Chissova V.I., Starinskogo V.V., Petrovoi G.V. M.: FGBU «MNIIOI im. P.A. Gertsena» Minzdrava Rossii; 2013.
7. Siegel R, Naishadham D, Jemal A. Cancer statistics 2013. *CA Cancer J Clin*. 2013;63:11-30.
8. Исмагилов А.Х., Ванесян А.С., Хамитов А.Р., Камалетдинов И.Ф. Онкопластическая хирургия молочной железы: основы, классификация, алгоритм выполнения. *Опухоли женской репродуктивной системы*. 2014;4:37-45. Ismagilov AH, Vanesyan AS, Hamitov AR, Kamaletdinov IF. Onco-plastic breast surgery: basics, classification, algorithm of execution. *Opukhohi zhenskoi reproduktivnoi sistemy*. 2014;4:37-45. (In Russ.).
9. Воротников И.К., Летагин В.П., Высоцкая И.В., Буров Д.А., Павлов А.В. Хирургическое лечение рака молочной железы: от концепции «искоренения» к эстетической хирургии. *Опухоли женской репродуктивной системы*. 2018;14(2):20-26. Vorotnikov IK, Letyagin VP, Vysockaya IV, Burov DA, Pavlov AV. Surgical treatment of mammary gland cancer: from conception of elimination to aesthetic surgery. *Opukhohi zhenskoi reproduktivnoi sistemy*. 2018;14(2):20-26. (In Russ.).
10. Исмагилов А.Х., Ванесян А.С., Губайдуллин Х.М., Гамиров Р.Р. Разработка поэтапного алгоритма применения онкопластических операций при раке молочной железы центральной и медиальной локализации. Клинические исследования и опыт в онкологии. 2013. Ismagilov AH, Vanesyan AS, Gubaidullin HM, Gamirov RR. *Razrabotka poetapnogo algoritma primeneniya onkoplasticheskikh operatsii pri rake molochnoi zhelezy tsentral'noi i medial'noi lokalizatsii. Klinicheskie issledovaniya i opyt v onkologii*. 2013. (In Russ.).
11. Мазаева Б.А., Кукушкина Л.Б., Стойко Ю.М. Реконструктивно-пластическое закрытие обширного дефекта грудной клетки после радикальной мастэктомии справа по поводу рака правой молочной железы Т4N2M1. *Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова*. 2017;12(1):111-112. Mazaeva BA, Kukushkina LB, Stojko YuM. Reconstructive treatment of extensive defect of the breast after radical mastectomy in a patient with breast cancer T4N2M1. *Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo Tsentra im. N.I. Pirogova*. 2017;12(1):111-112. (In Russ.).
12. Федоров А.Е., Самарцев В.А., Кириллова Т.А. О механических свойствах кожи человека. *Российский журнал биомеханики*. 2006;2:29-42. Fedorov AE, Samartsev VA, Kirillova TA. Mechanical properties of human skin. *Rossiiskii zhurnal biomekhaniki*. 2006;2:29-42. (In Russ.).

Поступила 01.03.20

Received 01.03.20

Принята к печати 26.03.20

Accepted 26.03.20