

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto321388>

Сравнение результатов лечения посттравматических ложных суставов диафиза плечевой кости с использованием васкуляризованных костных трансплантатов с мониторным кожным лоскутом и без него: ретроспективное когортное исследование

И.О. Голубев^{1,2}, А.Р. Саруханян², М.В. Меркулов¹, О.М. Бушуев¹, Г.Н. Ширяева¹,
И.А. Кутепов¹, В.Д. Кузнецов¹

¹ НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Российская Федерация;

² Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Применение микрососудистых лоскутов в реконструктивной хирургии имеет высокую актуальность в лечении осложнённых ложных суставов диафиза плечевой кости. Нарушение кровоснабжения анастомоза происходит в 5–10% случаев, что может привести к гибели трансплантата. Использование комбинированного кожно-костного лоскута является простым, доступным и достаточно надёжным способом контроля лоскута, повышающим вероятность успеха операции.

Цель. Сравнить эффективность кровоснабжаемой костной пластики с использованием сигнального кожного лоскута и без него.

Материалы и методы. В отделении микрохирургии и травмы кисти ФГБУ НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова (Москва) в период с 2010 по 2017 год было проведено оперативное лечение 41 пациента с ложными суставами и дефектами плечевой кости с использованием васкуляризованных костных трансплантатов. Из них у 23 (56%) человек костный лоскут применён в комбинации с мониторным кожным лоскутом на перфорантных сосудах, у 18 (44%) пациентов сигнальный кожный лоскут не использовали. Оценку результатов проводили на основании данных рентгенологического исследования и компьютерной томографии.

Результаты. При отсутствии мониторного кожного лоскута консолидация наступила у 14 (77%) пациентов из 18, при его наличии консолидация была достигнута у 22 (96%) человек из 23.

Заключение. Применение сигнального кожного лоскута является эффективным способом контроля кровотока в трансплантате и улучшает результаты лечения.

Ключевые слова: ложный сустав плечевой кости; трансплантат; лоскут; мониторный кожный лоскут; васкуляризованный малоберцовый трансплантат.

Как цитировать:

Голубев И.О., Саруханян А.Р., Меркулов М.В., Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Кутепов И.А., Кузнецов В.Д. Сравнение результатов лечения посттравматических ложных суставов диафиза плечевой кости с использованием васкуляризованных костных трансплантатов с мониторным кожным лоскутом и без него: ретроспективное когортное исследование // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2023. Т. 30, № 1. С. 5–13. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto321388>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto321388>

Comparison of the treatment results of humerus diaphysis post-traumatic false joints using vascularized bone grafts with and without a monitor skin flap: Retrospective cohort study

Igor O. Golubev^{1,2}, Anna R. Sarukhanyan², Maksim V. Merkulov¹, Oleg M. Bushuev¹, Galina N. Shiryayeva¹, Ilya A. Kutepov¹, Vasily D. Kusnetzov¹

¹ Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russian Federation;

² Russian Peoples' Friendship University, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: The use of the microvascular flap in reconstructive surgery of complicated nonunions of the diaphysis of the humerus is highly valuable. Flaps with compromised blood supply are possible in up to 10% of cases and often lead to the failure of vascularized reconstruction. The combined skin + bone graft is a simple, useful, and reliable option for flap vitality control with a high success rate.

OBJECTIVE: To compare microvascular grafting with versus without monitoring the skin flap.

MATERIALS AND METHODS: Forty-one microvascular grafting was performed from 2010 to 2017 in patients with humeral non-union and bone defects in the Department of Microsurgery and Trauma of the Hand of Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics. A combined skin bone flap was used in 23 (56%) patients, and in 18 (44%) patients, grafting was performed without monitoring the skin flap. Computed tomography and X-ray imaging were used to monitor non-union healing. The use of a signal skin flap is an effective way to control blood flow in the graft and improves treatment results.

RESULTS: In the group without monitoring of the skin flap, non-union healing was documented in 14 (77%) cases. In the group with monitoring of the skin flap, nonunion healing occurred in 22 (96%) cases.

CONCLUSION: Monitoring the skin flap is an effective option to ensure microvascular flap blood supply control and improves the outcomes in humeral nonunion healing.

Keywords: humeral nonunion; graft, flap; monitoring skin island; bone defects; vascularized fibula grafts.

To cite this article:

Golubev IO, Sarukhanyan AR, Merkulov MV, Bushuev OM, Shiryayeva GN, Kutepov IA, Kusnetzov VD. Comparison of the treatment results of humerus diaphysis post-traumatic false joints using vascularized bone grafts with and without a monitor skin flap: Retrospective cohort study. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(1):5–13. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto321388>

Received: 16.03.2023

Accepted: 06.04.2023

Published: 19.05.2023

ВВЕДЕНИЕ

Перенос микрососудистых лоскутов в реконструктивной хирургии — надёжный метод укрытия различных дефектов. Их применение имеет высокую актуальность в лечении осложнённых ложных суставов диафиза плечевой кости. Несмотря на высокую вероятность успеха трансплантации микроваскулярных лоскутов, нарушение кровоснабжения анастомоза происходит в 5–10% случаев, что может привести к гибели трансплантата [1–4]. Именно поэтому надёжный мониторинг лоскута так же важен, как и успешная хирургическая процедура. В погружённых васкуляризированных трансплантатах прямая визуализация невозможна. В этих случаях можно оставить небольшой кожный островок, который позволит следить за состоянием трансплантата.

В настоящее время в литературе сообщается о более чем 40 способах контроля состояния лоскута. Прямой визуальный мониторинг является широко используемым методом с надёжностью до 100% и общим успехом до 99% [5–9].

Ни один из современных высокотехнологичных методов мониторинга, появившихся в последние десятилетия, не даёт гарантии успеха и не обеспечивает бесспорного преимущества перед прямым визуальным мониторингом. Только имплантируемые доплеровские зонды, инфракрасная спектроскопия и лазерная доплеровская флуометрия продемонстрировали какие-либо доказательства улучшения показателей приживления трансплантатов, но эти методы дорогостоящие и требуют применения специального оборудования. Из-за своей простоты и доступности прямой визуальный мониторинг является стандартом мониторинга васкуляризированного трансплантата во всём мире [4, 10–12] несмотря на то, что этот метод субъективен и зависит от наблюдателя. Прямая визуализация остаётся самым простым, дешёвым и в то же время достаточно надёжным способом контроля лоскута. Этот метод не требует специальных приспособлений и может быть качественно выполнен квалифицированным медицинским персоналом. Кожный лоскут лучше всего подходит для оценки состояния трансплантата.

Визуальная оценка жизнеспособности лоскута позволяет одновременно оценивать множество специфических характеристик: цвет, температуру поверхности, эластичность (консистенцию), капиллярный ответ, кровотечение в ответ на укол или скарификацию. Всё это делает прямой визуальный мониторинг уникальным и незаменимым [1, 13–18].

Первое зарегистрированное использование сигнального кожного лоскута описал Yoshimura в 1983 году [19]. Островок кожи использовался им не только для мониторинга, но и для реконструктивных целей там, где имелся как костный, так и кожный дефект. Quattan и соавт. описали небольшой островок кожи для мониторинга

васкуляризированной малоберцовой кости, лучевого лоскута предплечья или переднебокового лоскута бедра в 1994 году [20–22]. Значение кожного лоскута для мониторинга васкуляризированного трансплантата описывается в нескольких исследованиях. Так, Stranix и соавт. исследовали 362 васкуляризированных трансплантата, содержащих мышцы, и сообщили о значительно более высоких показателях выживаемости трансплантата в мышечных лоскутах, содержащих сигнальный кожный лоскут, несмотря на использование в качестве дополнительных методов контроля ультразвуковой доплерографии, имплантируемого доплеровского зонда и иногда ангиографии. Эти данные подчёркивают важность прямого визуального мониторинга с использованием сигнального кожного лоскута [23]. Dat и соавт. сообщили об аналогичных результатах исследования 573 васкуляризированных трансплантатов и подтвердили значительно более высокие показатели успешного приживления лоскутов, содержащих кожный островок [24].

Цель исследования — сравнить эффективность лечения ложных суставов и дефектов диафиза плечевой кости путём кровоснабжаемой костной пластики с использованием сигнального кожного лоскута и без него.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено ретроспективное когортное исследование пациентов с посттравматическими ложными суставами диафиза плечевой кости, оперированных с января 2010 по декабрь 2017 года.

Критерии соответствия

Критерии включения:

- возраст пациентов от 18 до 85 лет;
- пациенты с посттравматическими ложными суставами диафиза плечевой кости с 2 и более оперативными вмешательствами в анамнезе.

Критерии невключения:

- пациенты с ложными суставами плечевой кости онкологического генеза;
- пациенты с обострением локальной хронической инфекции в зоне ложного сустава.

Условия проведения

Исследование проведено в период с января 2010 по декабрь 2017 года в отделении микрохирургии и травмы кисти ФГБУ НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова (Москва).

Методы оценки целевых показателей

1. Рентгенография.
2. Компьютерная томография.

Этическая экспертиза

Этическую экспертизу не проводили.

Все пациенты, участвовавшие в исследовании, дали письменное информированное добровольное согласие на медицинское вмешательство и публикацию результатов исследования.

Статистический анализ

Для анализа результатов применяли программное обеспечение для статистической обработки данных и работы с графикой R версии 3.6.3.

Для оценки разности пропорций использовали 95% односторонний доверительный интервал (95% ДИ). При сопоставлении двух групп по частоте консолидации для оценки различий между процентными долями использовали угловую критерий Фишера (ϕ).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Участники исследования

Проведено оперативное лечение 41 пациента (19 мужчин и 22 женщин) с ложными суставами и дефектами плечевой кости с использованием васкуляризированных костных трансплантатов. Средний возраст пациентов составил 45 лет и варьировал от 26 до 84 лет. У 38 (93%) пациентов был использован свободный васкуляризированный трансплантат из малоберцовой кости, у 3 (7%) человек — из медиального мыщелка бедренной кости. Во всех случаях применяли накостный остеосинтез пластиной. В большинстве случаев пластина фиксировала только отломки плечевой кости, без трансплантата (мостовидная костная пластика), трансплантат при этом укладывали с противоположной пластины стороны диафиза и фиксировали монокортикально двумя винтами к дистальному и проксимальному отломку плечевой кости.

У 23 (56%) пациентов в опытной группе был применён комбинированный костно-кожный лоскут, у 18 (44%)



Рис. 1. Комбинированный кожно-костный лоскут из малоберцовой кости.

Fig. 1. Fibular bone combined flap.

человек в контрольной группе выполнено оперативное вмешательство с использованием костного лоскута без кожной порции (рис. 1).

Основные результаты исследования

Оценку результатов сращения проводили на основании данных рентгенологического исследования и компьютерной томографии. Результат сращения оценивали удовлетворительно при наличии единого монолитного блока между трансплантатом и фрагментами плечевой кости.

Консолидация перелома в течение 4–6 мес была достигнута в 22 (96%) случаях в опытной группе и в 14 (77%) — в контрольной (рис. 2).

Данные были статистически обработаны. Проводили сравнение по факту сращения. Для сравнения доли

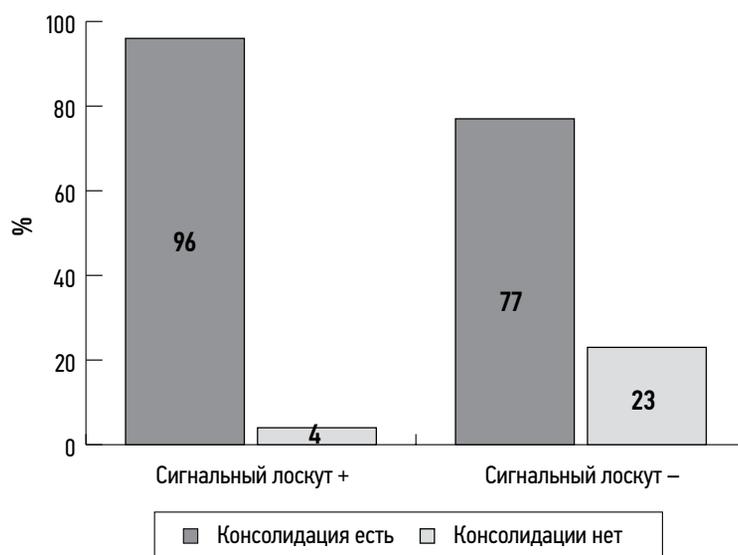


Рис. 2. Сращение в группе кровоснабжаемой пластины у пациентов с применением сигнального лоскута и без него.

Fig. 2. Fusion in the blood-filled plasty group in patients with and without the use of a signal flap.



Рис. 3. Рентгенограммы пациента П., 42 года. Диагноз: «Ложный сустав дистальной трети диафиза левой плечевой кости. Состояние после многократных оперативных вмешательств» (обозначено стрелками).

Fig. 3. Radiographs of patient P., 42 years old. Diagnosis: «Pseudarthrosis of the left humerus diaphysis distal third. Condition after multiple surgical interventions» (indicated by arrows).

пациентов, достигших консолидации в группе с сигнальным лоскутом, с долей лиц в группе без него, использовали доверительный интервал (ДИ) для разности долей (пропорций). Построили 95% ДИ, величина которого составила 0,18–0,174. Поскольку интервал не включает ноль, мы сделали заключение, что различие между группами существует.

Также сравнили группы с помощью углового критерия Фишера: $\varphi=1,825$. Таким образом, статистические тесты показали, что наличие лоскута значительно влияет на консолидацию ($p=0,05$).

Клинический пример

Пациент П., 42 года. Травма получена в январе 2007 года: на горнолыжном курорте в Италии при столкновении с другим лыжником получил оскольчатый перелом диафиза левой плечевой кости на границе средней и нижней трети. На протяжении нескольких лет перенёс множественные оперативные вмешательства. На момент поступления в НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова в 2011 году на рентгенограммах визуализировался ложный сустав дистальной трети левой плечевой кости, фрагмент металлоконструкции (рис. 3).

В сентябре 2011 года выполнена операция: «Экономная резекция зоны ложного сустава левой плечевой кости. Остеосинтез пластиной. Пластика левой плечевой кости свободным васкуляризованным костно-кожным малоберцовым трансплантатом, взятым из правой голени».

Фиксацию трансплантата выполняли по типу «бок-в-бок» (мостовидная костная пластика). При динамическом наблюдении на всём протяжении госпитализации: мониторинг лоскут — тёплый, физиологической окраски, капиллярный ответ удовлетворительный.

На контрольных рентгенограммах через 6 мес после оперативного вмешательства зафиксированы признаки консолидации (рис. 4).

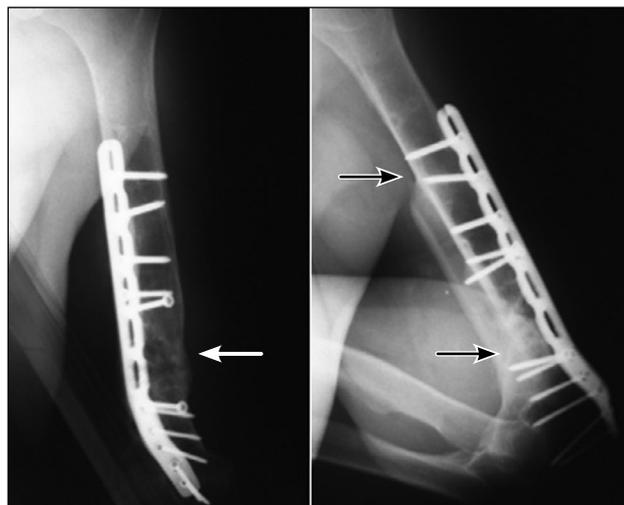


Рис. 4. Пациент П., 42 лет. Рентгенограммы через 6 мес после операции. Признаки консолидации обозначены стрелками.

Fig. 4. Patient P., 42 years old. Radiographs 6 months after surgery. Signs of consolidation are indicated by arrows.

ОБСУЖДЕНИЕ

Проблема лечения ложных суставов насчитывает не один десяток лет. Замедленное сращение или формирование ложных суставов происходит в 5–10% случаев переломов длинных трубчатых костей [25, 26].

С развитием микрохирургических методов васкуляризованные костные трансплантаты хорошо зарекомендовали себя как метод, способный обеспечить решение сложных реконструктивных проблем. Использование свободного лоскута из малоберцовой кости при лечении несращений диафиза плечевой кости также приобрело большую популярность в последние несколько десятилетий [15, 27–29].

Васкуляризованный трансплантат из малоберцовой кости имеет преимущества в случае больших костных дефектов, особенно тех, которым сопутствуют неадекватная васкуляризация окружающих мягких тканей, при наличии инфекции, предшествующих многократных оперативных вмешательствах в анамнезе [5, 14, 29].

Для повышения успешности васкуляризованной костной пластики важно контролировать микроциркуляцию сигнального лоскута на ранней стадии. По данным многих авторов и результатам проведённого мета-анализа, прямой визуальный мониторинг по-прежнему остаётся «золотым стандартом» при оценке состояния трансплантата [1, 4, 12, 17]. Однако использование погружаемых трансплантатов делает невозможным их прямой контроль, в этом случае в роли прямого визуального мониторинга может выступать сигнальный кожный лоскут, являющийся простым и доступным решением. Сигнальный островок на основе перфорантов от малоберцовых сосудов служит постоянным монитором васкуляризации лоскута, что включает такие преимущества, как простота, надёжность, неинвазивность

и способность заполнять сопутствующие дефекты мягких тканей.

Предыдущие фундаментальные и клинические исследования продемонстрировали неотъемлемые преимущества васкуляризированной костной пластики при лечении ложных суставов [30–33]. Васкуляризированный трансплантат малоберцовой кости считается наиболее подходящим для реконструкции плечевой кости из-за его прямой формы, достаточной длины, механической прочности, предсказуемости расположения сосудистой ножки и ограниченной болезни донорского места [33–36].

Тем не менее проходимость микрососудистого анастомоза сложно контролировать, потому что малоберцовый трансплантат глубоко расположен. Для оценки жизнеспособности малоберцового трансплантата можно применять ангиографию, но это дорогая и инвазивная процедура, кроме того, постоянный мониторинг невозможен. Ультразвуковая доплерография используется достаточно часто, потому что она доступна и неинвазивна. Однако она является непрямым методом наблюдения, её нельзя выполнять настолько часто, чтобы это было достаточно эффективно, и для этого требуются специальные навыки и сложное оборудование [28, 33]. Соответственно, клиническая оценка цвета тканей, объёма, наполнения капилляров и кровотока сигнальных кожных лоскутов может оказаться наиболее эффективным методом оценки жизнеспособности васкуляризированного малоберцового трансплантата.

Важным преимуществом комбинированного кожного лоскута является возможность прикрытия им мягкотканых дефектов. Кроме того, наличие кожной порции позволяет уменьшить натяжение тканей в зоне послеоперационной раны, снижая таким образом давление на сосудистый анастомоз и уменьшая вероятность спазма или тромбоза в нём, что, в конечном итоге, оказывает влияние на результаты лечения. По нашему опыту, мониторинг лоскута является несомненным показателем жизнеспособности трансплантата малоберцовой кости при реконструкции дефектов и ложных суставов плечевой кости и позволяет повысить вероятность консолидации.

Ограничения исследования

Исследование не имело ограничений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chae M.P., Rozen W.M., Whitaker I.S., et al. Current Evidence for Postoperative Monitoring of Microvascular Free Flaps. A Systematic Review // *Ann Plast Surg*. 2015. Vol. 74, N 5. P. 621–632. doi: 10.1097/SAP.0b013e3181f8cb32
2. Harrison D.H., Girling M., Mott G. Methods of assessing the viability of free flap transfer during the postoperative period // *Clin Plast Surg*. 1983. Vol. 10, N 1. P. 21–36.
3. Khatri N., Zhang S., Kale S.S. Current Techniques for Postoperative Monitoring of Microvascular Free Flaps // *J Wound*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Трансплантация васкуляризированного костного трансплантата — это эффективный метод лечения ложных суставов и дефектов плечевой кости, а мониторинг кожного лоскута — простой и надёжный способ оценки сосудистого статуса трансплантата, статистически значимо повышающий вероятность успеха процедуры. Таким образом, при посттравматических ложных суставах и дефектах плечевой кости при наличии 2 и более предшествующих оперативных вмешательств в анамнезе применение васкуляризированной костной пластики с использованием сигнального кожного лоскута позволяет значимо увеличить вероятность сращения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО / ADDITIONAL INFO

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Author's contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Источник финансирования. Не указан.

Funding source. Not specified.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациента на публикацию его медицинских данных и фотографий (дата получения согласия 16.02.2012).

Consent for publication. Written consent (signed 16.02.2012) was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

Ostomy Continence Nurs. 2017. Vol. 44, N 2. P. 148–152. doi: 10.1097/WON.0000000000000314

4. Molitor M., Mestak O., Pinkb R., et al. The use of sentinel skin islands for monitoring buried and semi-buried micro-vascular flaps. Part II: Clinical application // *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*. 2021. Vol. 165, N 2. P. 131–138. doi: 10.5507/bp.2021.017

5. Abdel-Galil K., Mitchell D. Postoperative monitoring of microsurgical free tissue transfers for head and neck reconstruction:

- a systematic review of current techniques — Part I. Non-invasive techniques. // *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2009. Vol. 47, N 5. P. 351–355. doi: 10.1016/j.bjoms.2008.11.013
6. Goldberg J., Sepka R.S., Perona B.P., et al. Laser Doppler blood flow measurements of common cutaneous donor sites for reconstructive surgery // *Plast Reconstr Surg*. 1990. Vol. 85, N 4. P. 581–586. doi: 10.1097/00006534-199004000-00013
7. Ozturk C.N., Ozturk C., Ledinh W., et al. Variables affecting postoperative tissue perfusion monitoring in free flap breast reconstruction // *Microsurgery*. 2015. Vol. 35, N 2. P. 123–128. doi: 10.1002/micr.22276
8. Schmulder A., Gur E., Zaretski A. Eight-year experience of the Cook-Swartz Doppler in free-flap operations: microsurgical and reexploration results with regard to a wide spectrum of surgeries // *Microsurgery*. 2011. Vol. 31, N 1. P. 1–6. doi: 10.1002/micr.20816
9. Yuen J.C., Feng Z. Monitoring free flaps using the laser Doppler flowmeter: five-year experience // *Plast Reconstr Surg*. 2000. Vol. 105, N 1. P. 55–61. doi: 10.1097/00006534-200001000-00009
10. Chubb D., Rozen W.M., Whitaker I.S., et al. The efficacy of clinical assessment in the postoperative monitoring of free flaps: a review of 1140 consecutive cases // *Plast Reconstr Surg*. 2010. Vol. 125, N 4. P. 1157–1166. doi: 10.1097/PRS.0b013e3181d0ac95
11. Jallali N., Ridha H., Butler P.E. Postoperative monitoring of free flaps in UK plastic surgery units // *Microsurgery*. 2005. Vol. 25, N 6. P. 469–472. doi: 10.1002/micr.20148
12. Whitaker I.S., Oliver D.W., Ganchi P.A. Postoperative monitoring of microvascular tissue transfers: current practice in the United Kingdom and Ireland // *Plast Reconstr Surg*. 2003. Vol. 111, N 6. P. 2118–2119. doi: 10.1097/01.PRS.0000057070.74385.AF
13. Cervenka B., Bewley A.F. Free flap monitoring: a review of the recent literature // *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2015. Vol. 23, N 5. P. 393–398. doi: 10.1097/MOO.0000000000000189
14. Chao A.H., Meyerson J., Povoski S.P., Kocak E. A review of devices used in the monitoring of microvascular free tissue transfers // *Expert Rev Med Devices*. 2013. Vol. 10, N 5. P. 649–660. doi: 10.1586/17434440.2013.827527
15. Ferguson R.E., Yu P. Techniques of Monitoring Buried Fasciocutaneous Free Flaps // *Plast Reconstr Surg*. 2009. Vol. 123, N 2. P. 525–532. doi: 10.1097/PRS.0b013e318196b9a3
16. Imran Y., Zulmi W., Halim A.S. Skin paddle as an indicator for the viability of vascularised fibular graft // *Singapore Med J*. 2004. Vol. 45, N 3. P. 110–112.
17. Kääriäinen M., Halme E., Laranne J. Modern postoperative monitoring of free flaps // *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2018. Vol. 26, N 4. P. 248–253. doi: 10.1097/MOO.0000000000000467
18. Pellini R., Pichi B., Ruggieri M., et al. Venous flowthrough flap as an external monitor for buried radial forearm free flap in head and neck reconstruction // *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2006. Vol. 59, N 11. P. 1217–1221. doi: 10.1016/j.bjps.2006.01.026
19. Yoshimura M., Shimamura K., Iwai Y., et al. Free vascularised fibular transplant. A new method for monitoring circulation of the grafted fibula // *J Bone Joint Surg Am*. 1983. Vol. 65, N 9. P. 1295–1301.
20. Furuta S., Hataya Y., Ishigaki Y., Watanabe T. Monitoring the free radial forearm flap in pharyngo-oesophageal reconstruction // *Br J Plast Surg*. 1997. Vol. 50, N 1. P. 40–42. doi: 10.1016/s0007-1226(97)91281-9
21. Al Quattan M.M., Boyd J.B. «Mini paddle» for monitoring the fibular free flap in mandibular reconstruction // *Microsurgery*. 1994. Vol. 15, N 2. P. 153–154. doi: 10.1002/micr.1920150213
22. Tan N.C., Shih H.S., Chen C.C., et al. Distal skin paddle as a monitor for buried anterolateral thigh flap in pharyngoesophageal reconstruction // *Oral Oncol*. 2012. Vol. 48, N 3. P. 249–252. doi: 10.1016/j.oraloncology.2011.09.015
23. Stranix J.T., Jacoby A., Lee Z.H., et al. Skin Paddles Improve Muscle Flap Salvage Rates After Microvascular Compromise in Lower Extremity Reconstruction // *Ann Plast Surg*. 2018. Vol. 81, N 1. P. 68–70. doi: 10.1097/SAP.0000000000001425
24. Dat A.D., Loh I.W., Bruscano-Raiola F. Free-flap salvage: muscle only versus skin paddle — an Australian experience // *ANZ J Surg*. 2017. Vol. 87, N 12. P. 1040–1043. doi: 10.1111/ans.13522
25. Голубев И.О., Кукин И.А., Меркулов М.В., и др. Кровоснабжаемый костный аутотрансплантат из мыщелков бедренной кости в лечении ложных суставов длинных трубчатых костей // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2019. Т. 26, № 2. С. 19–23. doi: 10.17116/vto201902119
26. Кукин И.А., Голубев И.О. Кровоснабжаемые костные трансплантаты из области дистальной трети бедра: современное состояние вопроса // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2018. Т. 25, № 1. С. 66–71. doi: 10.17816/vto201825166-71
27. Голубев И.О., Саруханян А.Р., Меркулов М.М., и др. Тактика хирургического лечения посттравматических ложных суставов и дефектов диафиза плечевой кости // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2019. Т. 26, № 1. С. 35–41. doi: 10.17116/vto201901135
28. Cho B.C., Shin D.P., Byun J.S., et al. Monitoring flap for buried free tissue transfer: its importance and reliability // *Plast Reconstr Surg*. 2002. Vol. 110, N 5. P. 1249–1258. doi: 10.1097/01.PRS.0000025286.03909.72
29. Thorniley M.S., Sinclair J.S., Barnett N.J., et al. The use of near-infrared spectroscopy for assessing flap viability during reconstructive surgery // *Br J Plast Surg*. 1998. Vol. 51, N 3. P. 218–226. doi: 10.1054/bjps.1997.0145
30. Chacha P.B., Ahmed M., Daruwalla J.S., et al. Vascular pedicle graft of the ipsilateral fibula for non-union of the tibia with a large defect. An experimental and clinical study // *J Bone Joint Surg*. 1981. Vol. 63-B, N 2. P. 244–253. doi: 10.1302/0301-620X.63B2.7217150
31. de Boer H.H., Wood M.B. Bone changes in the vascularised fibular graft // *J Bone Joint Surg Br*. 1989. Vol. 71, N 3. P. 374–378. doi: 10.1302/0301-620X.71B3.2722923
32. Doi K., Tominaga S., Shibata T. Bone grafts with microvascular anastomoses of vascular pedicles. An experimental study in dogs // *J Bone Joint Surg Am*. 1977. Vol. 59, N 6. P. 809–815.
33. Guo Q.-F., Xu Z.-H., Wen S.-F., et al. Value of a skin island flap as a postoperative predictor of vascularized fibula graft viability in extensive diaphyseal bone defect reconstruction // *Orthop Traumatol Surg Res*. 2012. Vol. 98, N 5. P. 576–582. doi: 10.1016/j.otsr.2012.03.009
34. Korompilias A.V., Paschos N.K., Lykissas M.G., et al. Recent updates of surgical techniques and applications of free vascularized fibular graft in extremity and trunk reconstruction // *Microsurgery*. 2011. Vol. 31, N 3. P. 171–175. doi: 10.1002/micr.20848
35. Lasaniano N.G., Kanakaris N.K., Giannoudis P.V. Current management of long-bone large segmental defects // *Orthopaedics and Trauma*. 2010. Vol. 24, N 2. P. 149–163. doi: 10.1016/j.mporth.2009.10.003
36. Soucacos P.N., Korompilias A.V., Vekris M.D., et al. The free vascularized fibular graft for bridging large skeletal defects of the upper extremity // *Microsurgery*. 2011. Vol. 31, N 3. P. 190–197. doi: 10.1002/micr.20862

REFERENCES

1. Chae MP, Rozen WM, Whitaker IS, et al. Current evidence for postoperative monitoring of microvascular free flaps: a systematic review. *Ann Plast Surg.* 2015;74(5):621–632. doi: 10.1097/SAP.0b013e3181f8cb32
2. Harrison DH, Girling M, Mott G. Methods of assessing the viability of free flap transfer during the postoperative period. *Clin Plast Surg.* 1983;10(1):21–36.
3. Khatri N, Zhang S, Kale SS. Current Techniques for Postoperative Monitoring of Microvascular Free Flaps. *J Wound Ostomy Continence Nurs.* 2017;44(2):148–152. doi: 10.1097/WON.0000000000000314
4. Molitor M, Mestak O, Pink R, et al. The use of sentinel skin islands for monitoring buried and semi-buried micro-vascular flaps. Part II: Clinical application. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub.* 2021;165(2):131–138. doi: 10.5507/bp.2021.017
5. Abdel-Galil K, Mitchell D. Postoperative monitoring of microsurgical free tissue transfers for head and neck reconstruction: a systematic review of current techniques — part I. Non-invasive techniques. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2009;47(5):351–355. doi: 10.1016/j.bjoms.2008.11.013
6. Goldberg J, Sepka RS, Perona BP, et al. Laser Doppler blood flow measurements of common cutaneous donor sites for reconstructive surgery. *Plast Reconstr Surg.* 1990;85(4):581–586. doi: 10.1097/00006534-199004000-00013
7. Ozturk CN, Ozturk C, Ledinh W, et al. Variables affecting postoperative tissue perfusion monitoring in free flap breast reconstruction. *Microsurgery.* 2015;35(2):123–128. doi: 10.1002/micr.22276
8. Schmulder A, Gur E, Zaretski A. Eight-year experience of the Cook-Swartz Doppler in free-flap operations: microsurgical and reexploration results with regard to a wide spectrum of surgeries. *Microsurgery.* 2011;31(1):1–6. doi: 10.1002/micr.20816
9. Yuen JC, Feng Z. Monitoring free flaps using the laser Doppler flowmeter: five-year experience. *Plast Reconstr Surg.* 2000;105(1):55–61. doi: 10.1097/00006534-200001000-00009
10. Chubb D, Rozen WM, Whitaker IS, et al. The efficacy of clinical assessment in the postoperative monitoring of free flaps: a review of 1140 consecutive cases. *Plast Reconstr Surg.* 2010;125(4):1157–1166. doi: 10.1097/PRS.0b013e3181d0ac95
11. Jallali N, Ridha H, Butler PE. Postoperative monitoring of free flaps in UK plastic surgery units. *Microsurgery.* 2005;25(6):469–472. doi: 10.1002/micr.20148
12. Whitaker IS, Oliver DW, Ganchi PA. Postoperative monitoring of microvascular tissue transfers: current practice in the United Kingdom and Ireland. *Plast Reconstr Surg.* 2003;111(6):2118–2119. doi: 10.1097/01.PRS.0000057070.74385.AF
13. Cervenka B, Bewley AF. Free flap monitoring: a review of the recent literature. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2015;23(5):393–398. doi: 10.1097/MO0.0000000000000189
14. Chao AH, Meyerson J, Pivoski SP, Kocak E. A review of devices used in the monitoring of microvascular free tissue transfers. *Expert Rev Med Devices.* 2013;10(5):649–660. doi: 10.1586/17434440.2013.827527
15. Ferguson REH Jr, Yu P. Techniques of monitoring buried fasciocutaneous free flaps. *Plast Reconstr Surg.* 2009;123(2):525–532. doi: 10.1097/PRS.0b013e318196b9a3
16. Imran Y, Zulmi W, Halim AS. Skin paddle as an indicator of the viability of vascularised fibular graft. *Singapore Med J.* 2004;45(3):110–112.
17. Kääriäinen M, Halme E, Laranne J. Modern postoperative monitoring of free flaps. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2018;26(4):248–253. doi: 10.1097/MO0.0000000000000467
18. Pellini R, Pichi B, Ruggieri M, et al. Venous flow-through flap as an external monitor for buried radial forearm free flap in head and neck reconstruction. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2006;59(11):1217–1221. doi: 10.1016/j.bjps.2006.01.026
19. Yoshimura M, Shimamura K, Iwai Y, et al. Free vascularized fibular transplant. A new method for monitoring circulation of the grafted fibula. *J Bone Joint Surg Am.* 1983;65(9):1295–1301.
20. Furuta S, Hataya Y, Ishigaki Y, Watanabe T. Monitoring the free radial forearm flap in pharyngo-oesophageal reconstruction. *Br J Plast Surg.* 1997;50(1):40–42. doi: 10.1016/s0007-1226(97)91281-9
21. Al Qattan MM, Boyd JB. «Mini paddle» for monitoring the fibular free flap in mandibular reconstruction. *Microsurgery.* 1994;15(2):153–154. doi: 10.1002/micr.1920150213
22. Tan NC, Shih HS, Chen CC, et al. Distal skin paddle as a monitor for buried anterolateral thigh flap in pharyngoesophageal reconstruction. *Oral Oncol.* 2012;48(3):249–252. doi: 10.1016/j.oraloncology.2011.09.015
23. Stranix JT, Jacoby A, Lee ZH, et al. Skin Paddles Improve Muscle Flap Salvage Rates After Microvascular Compromise in Lower Extremity Reconstruction. *Ann Plast Surg.* 2018;81(1):68–70. doi: 10.1097/SAP.0000000000001425
24. Dat AD, Loh IW, Brusino-Raiola F. Free-flap salvage: muscle only versus skin paddle — an Australian experience. *ANZ J Surg.* 2017;87(12):1040–1043. doi: 10.1111/ans.13522
25. Golubev IO, Kukin IA, Merculov MV, et al. Free vascularized femoral condyle bone graft in treatment of tubular bone nonunions. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2019;26(2):19–23. (In Russ). doi: 10.17116/vto201902119
26. Kukin IA, Golubev IO. Vascularized bone grafts from the distal third of the femur. Present state of the matter. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2018;25(1):66–71. (In Russ). doi: 10.17816/vto201825166-71
27. Golubev IO, Sarukhanyan AR, Merkulov MM, et al. Surgery tactic in humeral nonunion. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2019;26(1):35–41. (In Russ). doi: 10.17116/vto201901135
28. Cho BC, Shin DP, Byun JS, et al. Monitoring flap for buried free tissue transfer: its importance and reliability. *Plast Reconstr Surg.* 2002;110(5):1249–1258. doi: 10.1097/01.PRS.0000025286.03909.72
29. Thorniley MS, Sinclair JS, Barnett NJ, et al. The use of near-infrared spectroscopy for assessing flap viability during reconstructive surgery. *Br J Plast Surg.* 1998;51(3):218–226. doi: 10.1054/bjps.1997.0145
30. Chacha PB, Ahmed M, Daruwalla JS. Vascular pedicle graft of the ipsilateral fibula for non-union of the tibia with a large defect. An experimental and clinical study. *J Bone Joint Surg Br.* 1981;63-B(2):244–253. doi: 10.1302/0301-620X.63B2.7217150
31. de Boer HH, Wood MB. Bone changes in the vascularised fibular graft. *J Bone Joint Surg Br.* 1989;71(3):374–378. doi: 10.1302/0301-620X.71B3.2722923
32. Doi K, Tominaga S, Shibata T. Bone grafts with microvascular anastomoses of vascular pedicles: an experimental study in dogs. *J Bone Joint Surg Am.* 1977;59(6):809–815.
33. Guo QF, Xu ZH, Wen SF, et al. Value of a skin island flap as a postoperative predictor of vascularized fibula graft viability in

extensive diaphyseal bone defect reconstruction. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012;98(5):576–582. doi: 10.1016/j.otsr.2012.03.009

34. Korompilias AV, Paschos NK, Lykissas MG, et al. Recent updates of surgical techniques and applications of free vascularized fibular graft in extremity and trunk reconstruction. *Microsurgery.* 2011;31(3):171–175. doi: 10.1002/micr.20848

35. Lasaniano NG, Kanakaris NK, Giannoudis PV. Current management of long-bone large segmental defects. *Orthopaedics and Trauma.* 2010;24(2):149–163. doi: 10.1016/j.mporth.2009.10.003

36. Soucacos PN, Korompilias AV, Vekris MD, et al. The free vascularized fibular graft for bridging large skeletal defects of the upper extremity. *Microsurgery.* 2011;31(3):190–197. doi: 10.1002/micr.20862

ОБ АВТОРАХ

Голубев Игорь Олегович, д.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1291-5094>;

eLibrary SPIN: 2090-0471; e-mail: iog305@mail.ru

* **Саруханян Анна Робертовна**,

врач травматолог-ортопед;

адрес: Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8088-2309>;

eLibrary SPIN: 6074-5170; e-mail: annesr@mail.ru

Меркулов Максим Владимирович, д.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9362-3449>;

eLibrary SPIN: 4695-3570; e-mail: mer-vika@mail.ru

Бушуев Олег Михайлович, к.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0051-2666>;

eLibrary SPIN: 9793-5486; e-mail: bushuev_oleg@mail.ru

Ширяева Галина Николаевна, к.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

e-mail: hand-clinic@mail.ru

Кутепов Илья Александрович, к.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3802-2577>;

eLibrary SPIN: 6598-7387; e-mail: kutepov_cito@mail.ru

Кузнецов Василий Дмитриевич, аспирант,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1745-8010>;

eLibrary SPIN: 4093-7566; e-mail: Dr.kuznetsovvd@gmail.com

AUTHORS' INFO

Igor O. Golubev, MD, Dr. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1291-5094>;

eLibrary SPIN: 2090-0471; e-mail: iog305@mail.ru

* **Anna R. Sarukhanyan**,

traumatologist-orthopedist;

address: 6 Miklukho-Maklaya Str., 117198, Moscow, Russia;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8088-2309>;

eLibrary SPIN: 6074-5170; e-mail: annesr@mail.ru

Maksim V. Merkulov, MD, Dr. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist,

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9362-3449>;

eLibrary SPIN: 4695-3570; e-mail: mer-vika@mail.ru

Oleg M. Bushuev, MD, Cand. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0051-2666>;

eLibrary SPIN: 9793-5486; e-mail: bushuev_oleg@mail.ru

Galina N. Shiryayeva, MD, Cand. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist;

e-mail: hand-clinic@mail.ru

Ilya A. Kutepov, MD, Cand. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3802-2577>;

eLibrary SPIN: 6598-7387; e-mail: kutepov_cito@mail.ru

Vasily D. Kusnetsov, graduate student,

traumatologist-orthopedist;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1745-8010>;

eLibrary SPIN: 4093-7566; e-mail: Dr.kuznetsovvd@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author