

С.В. Слесаренко¹, П.А. Бадюл¹, К.С. Слесаренко²

ПРЕДОПЕРАЦИОННАЯ ЛОКАЦИЯ ПЕРФОРАНТНЫХ АРТЕРИЙ ПРИ ПОМОЩИ ИНФРАКРАСНОЙ ТЕРМОГРАФИИ

S.V. Sliesarenko, P.O. Badyul, K.S. Sliesarenko

PREOPERATIVE LOCATION OF PERFORATOR ARTERIES BY USING INFRARED THERMOGRAPHY

¹ Днепропетровский центр термической травмы и пластической хирургии, г. Днепропетровск, Украина² Днепропетровская государственная медицинская академия, г. Днепропетровск, Украина

В статье описан метод и представлен опыт применения инфракрасной термографии для локации перфорантных артерий перед выполнением реконструктивно-пластических операций у 12 пациентов. В группе сравнения, которая включала 22 пациента, для такой же диагностической цели была использована КТ ангиография. Установлено, что диагностика перфорантов при помощи инфракрасной термографии позволяет с достаточной точностью лоцировать точки выхода перфорантов в покровные ткани и может стать удачной альтернативой или дополнением для уже применяющихся методов.

Ключевые слова: перфорантный лоскут, пропеллер-лоскут, питающая ножка, термография, КТ-ангиография.

This article describes a method and describes the experience of the application of infrared thermography for locating perforator arteries before performing reconstructive plastic surgery in 12 patients. In the comparison group, which included 22 patients, for a diagnostic purpose CT angiography was used. The authors argue that the diagnosis of perforators by using infrared thermography allows with sufficient accuracy define of perforators exit points in the cover tissues and can be a good alternative or complement to the already applied methods.

Key words: perforator flap, propeller flap, flap pedicle, thermography, CT angiography.

УДК 616.13-073.65-089.163

doi 10.17223/1814147/56/2

ВВЕДЕНИЕ

Применение локальных и свободных перфорантных лоскутов в современной пластической и реконструктивной хирургии становится все более популярным. Эти лоскуты позволяют эффективно решать большинство проблем восстановления утраченных тканей при травмах, обширных резекциях в онкологии или других случаях, связанных с утратой значимых объемов кожи и мягких тканей [5, 6]. Пластика локальными перфорантными лоскутами позволяет не только реваскуляризовать зону повреждения, но и получить стойкий к механическим воздействиям кожный покров, близкий по своим характеристикам утраченному [1, 2, 7]. Вместе с тем, выполнение пластики с применением перфорантных лоскутов обязывает специалиста максимально точно лоцировать точку выхода доминирующего перфоранта в покровные ткани для предоперационного планирования дизайна лоскута с аксилярным питающим сосудом. Для выполнения задачи локации выхода перфоранта сегодня применяются ручной аудиодоплер, цветной ультразвуковой доплер, компьютерная томография (КТ) с ангиогра-

фией и магнитно-резонансная диагностика [3, 4, 13]. В научных публикациях принято считать, что КТ с ангиографией является золотым стандартом в диагностике перфорантных сосудов [4, 8, 11, 12]. В относительно недавних научных публикациях можно встретить и сообщения о применении термографии для подобной диагностики [8, 13].

В настоящем исследовании описан метод и дана оценка эффективности инфракрасной термографии для диагностики и локации перфорантных сосудов в различных регионах тела человека.

Цель исследования: оценка эффективности инфракрасной термографии для диагностики и локации перфорантных сосудов в различных регионах тела человека.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

За период с 2013 по 2015 г. проведен ретроспективный анализ результатов лечения 34 пациентов, которые были разделены на две группы. В первой группе, включающей 12 пациентов, перед выполнением реконструктивных вмешательств с применением транспозиции перфорантных лоскутов на сосудистой ножке было

проведено термографическое исследование предполагаемой зоны формирования лоскута (табл. 1). Во второй группе (22 пациента) для той же цели была проведена КТ ангиография донорской области с использованием контраста «Ультравист» (табл. 2). В обеих группах с диагностической целью дополнительно были использованы аудиодоплер «Минидоп» с датчиком 8 МГц и цветной ультразвуковой доплер.

В представленные группы не включались пациенты с коморбидной патологией. Средний возраст пациентов составил 31,6 и 41,3 года для первой и второй групп соответственно. Предоперационно определялись точки выхода перфорантных сосудов в кожу и далее интраоперационно оценивалось совпадение полученных данных с расположением перфорантного сосуда на этапе препарирования лоскута.

Таблица 1

Параметры пациентов первой группы, у которых основным диагностическим исследованием перфорантов была выбрана инфракрасная термография

Пациент	Возраст, лет	Зона формирования лоскута	Лоскут	Цветной доплер	Аудио доплер	Размер лоскута, см	Осложнения (краевой некроз)
1	45	Бедро	ALT	-	+	22 × 10	1 × 1,5 см
2	22	Голень	Propeller	-	+	11 × 4,5	-
3	49	Бедро	ALT	-	+	17 × 8	-
4	22	Голень	Sural	-	+	11 × 4,5	-
5	50	Бедро	ALT	+	+	20 × 9	-
6	22	Спина	Free style	-	+	10 × 5	0,5 × 1 см
7	29	Бедро	Free style	+	+	18 × 5	-
8	29	Предплечье	Backer	+	+	18 × 4	-
9	43	Голень	Propeller	+	+	10 × 3	-
10	28	Бедро	Free style	+	+	18 × 3	-
11	30	Спина	TDA	+	+	25 × 10	-
12	11	Спина	TDA	+	+	20 × 8	-

Таблица 2

Параметры пациентов второй группы, у которых основным диагностическим исследованием перфорантов была выбрана КТ ангиография

Пациент	Возраст, лет	Зона формирования лоскута	Лоскут	Цветной доплер	Аудио доплер	Размер лоскута, см	Осложнения (краевой некроз)
1	27	Голень	Sural	+	+	7 × 3	-
2	43	Голень	Propeller	-	+	15 × 6	-
3	56	Голень	Sural	+	+	6 × 4	-
4	30	Голень	Propeller	+	+	14 × 6	-
5	52	Предплечье	Backer	+	+	12 × 4	3 × 1 см
6	33	Бедро	PFAPs-3	+	+	17 × 4	-
7	22	Предплечье	Backer	-	+	13 × 4	-
8	25	Предплечье	Backer	+	+	4 × 3	-
9	25	Кисть	Dorsal Metacarpal Flap	+	+	6 × 3	-
10	35	Голень	Propeller	+	+	16 × 8	6 × 4 см
11	65	Голень	Sural	+	+	5 × 3	-
12	38	Голень	Sural	+	+	14 × 7	-
13	63	Голень	Sural	+	+	11 × 6	-
14	72	Голень	propeller	+	+	7 × 4	-
15	55	Голень	Sural	+	+	12 × 4	-
16	30	Брюшная стенка	Groin Flap	-	+	12 × 8	-
17	49	Спина	LAP	+	+	17 × 8	-
18	38	Голень	propeller	-	+	15,5 × 7	-
19	46	Грудная клетка	IMAP	-	+	13,5 × 7	-
20	46	Голень	Sural	-	+	11 × 8 см	-
21	38	Голень	Sural	-	+	17 × 7 см	-
22	21	Голень	Sural	-	+	10 × 5 см	1,5 × 1 см

Методика термографии при планировании перфорантного лоскута заключалась в следующем: исследование зоны формирования лоскута проводили в комнате с температурой от 20 до 25 °С, где после достижения кожей стабильной температуры делали базовый снимок с помощью инфракрасной камеры (Dali TE-W2). Затем поверхность кожи охлаждали путем контакта с контейнером, наполненным холодной (20...22 °С) водой. Через 5 мин контейнер удаляли и производили серию снимков инфракрасной камерой в течение последующих 15 мин, до фазы нагревания кожи до значений исходной температуры. В процессе нагревания кожи на термограмме проявлялись «теплые» точки выхода перфорантов, как наиболее быстро нагревающиеся участки за счет поступления теплой крови в участок охлажденной кожи. В результате на термограммах было получено изображение, где четко визуализировались места выхода перфорантных сосудов. Теплые и холодные зоны между перфорантами позволяли нам определить зону безопасного включения участков кожи в состав лоскута. Итогом описанного термографического исследования являлась прецизионная разметка дизайна лоскута по расположению и площади, что наглядно продемонстрировано в клиническом примере.

Клинический пример

Мужчина, 29 лет, пострадавший в результате индустриальной травмы, получил контактные ожоги расплавленным пластиком. Переведен в специализированный центр на 18-е сут после ожога. При поступлении: в области коленного сустава слева по передне-латеральной поверхности имеет место гранулирующая рана площадью до 220 см² с некрозом черного цвета в центре (рис. 1). При ревизии раны и после удаления девитализированных тканей сформировался глубокий раневой дефект размером 4 × 4 см, со вскрытием капсулы сустава и обнажением глубоких анатомических структур (рис. 2). С целью восстановления покровных тканей и их каркасной функции, устранения тканевого дефекта и реваскуляризации первично поврежденных структур коленного сустава запланирована пластика перфорантным пропеллер-лоскутом. Для определения места локации перфорантных сосудов и дизайна предполагаемого лоскута была проведена инфракрасная термография интересующего донорского участка кожи по описанной выше методике (рис. 3). Определены и маркированы «теплые» точки, которые совпадают с точками выхода перфорантных сосудов в покровные ткани, по данным доплер-исследования.



Рис. 1. Обширная рана в области коленного сустава слева при поступлении в клинику



Рис. 2. Рана после удаления девитализированных тканей. В центре визуализируется глубокий раневой дефект со вскрытием капсулы сустава и обнажением глубоких анатомических структур

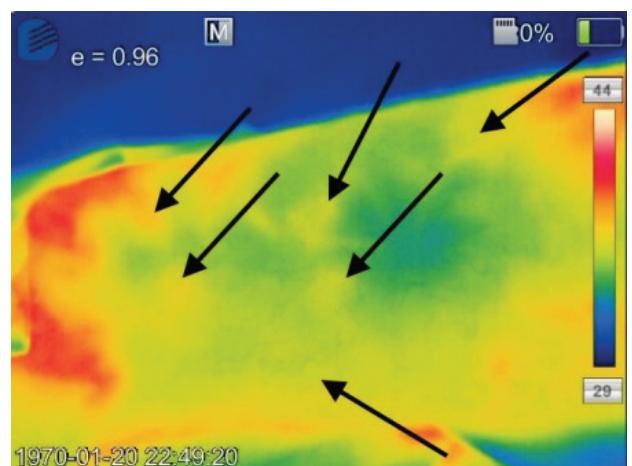


Рис. 3. Термограмма передне-латеральной поверхности в области коленного сустава. Определяется гипертермия в области раневого дефекта. Латеральнее раны на неповрежденной коже. Стрелками показаны «теплые» точки, которые совпадают с точками выхода перфорантных сосудов

Проведенный диагностический комплекс позволил на этапе подготовки точно локализовать места выхода перфорантных сосудов в кожу, а также определить характер сосудистой связи между соседними перфорасомами в предполагаемой зоне формирования лоскута. В результате был прецизионно лоцирован доминантный перфорант и территория кожи, которая будет получать достаточное артериальное питание от этого перфоранта при включении в состав лоскута. Под контролем инфракрасной камеры произведена планировка лоскута (рис. 4), последняя совпала с планировкой, проведенной по данным исследования аудио Dopplerом (см. рис. 1).

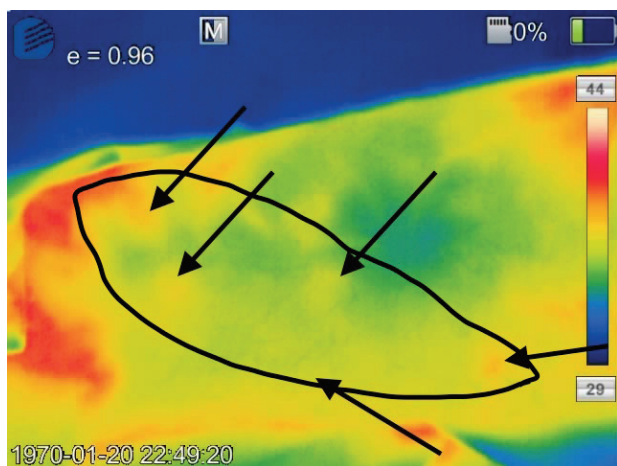


Рис. 4. Термограмма передне-латеральной поверхности в области коленного сустава. Черной линией отмечена зона безопасного формирования лоскута. Лоцированы точки выхода доминирующих перфорантов, которые могут быть использованы как аксилярные питающие сосуды, и достаточно «теплые» участки между этими перфорантами, что характеризует удовлетворительный характер сосудистой связи между соседними перфорасомами в предполагаемой зоне формирования пропеллер-лоскута

На латеральной поверхности бедра выкроен и поднят тонкий островковый кожно-жировой лоскут размером 18×5 см. Интраоперационно точка выхода доминирующего перфоранта точно совпала с предоперационной разметкой на коже. Перфорантный лоскут перемещен на рану маневром ротации на 105° по типу «пропеллер» вокруг питающей аксилярной артерии, адаптирован к краям раны и подшит без натяжения. Грануляционные поверхности проксимально и дистально от перемещенного и фиксированного лоскута закрыты аутодермотрансплантатами толщиной 0,3 мм, взятыми на латеральной поверхности голени (рис. 5). Донорское место на бедре после забора лоскута зашито первично без существенного натяжения. Послеоперационный период протекал без ос-

ложнений, микроциркуляторных нарушений в лоскуте не наблюдалось. На 21-е сут после операции, удаления швов и повязок пациент был выписан и продолжил реабилитацию по восстановлению опорной функции конечности (рис. 6).



Рис. 5. Интраоперационное фото. Островковый кожно-жировой перфорантный пропеллер-лоскут размером 18×5 см ротирован и фиксирован к раневому дефекту. Грануляционные поверхности проксимально и дистально от перемещенного и фиксированного лоскута закрыты аутодермотрансплантатами



Рис. 6. Вид раны на 21-е сут после операции. Удалены швы, раны зажили первичным натяжением, микроциркуляторных нарушений в лоскуте не наблюдалось. Аутокожные трансплантаты прижили полностью

РЕЗУЛЬТАТЫ

Во всех случаях раневые дефекты были ликвидированы, пациенты выписаны с выздоровлением. Применение инфракрасной термографии для предоперационной диагностики позволило

точно лоцировать точку выхода доминирующего перфоранта в покровные ткани. Данное исследование являлось достаточным для определения дизайна лоскута и по своей диагностической ценности не отличалось от КТ ангиографии. Так, было отмечено, что в первой и второй группах данные о локализации точки выхода доминирующего перфоранта в покровные ткани во всех случаях подтвердились дополнительными методами. Интраоперационно, на этапах препаровки лоскутов, хирургами констатировано полное совпадение анатомического расположения перфорантов к результатам, полученным на этапе планирования методами термографии и КТ ангиографии. Случаев критических осложнений с полной утратой тканей не отмечалось, как и признаков микроциркуляторных нарушений в перемещенных лоскутах. Некритические осложнения в виде краевых некрозов тканей в первой группе составили 16,6% (2 случая) при средней площади лоскутов 103,5 см², во второй группе – 13,6% (3 случая) при средней площади 70,4 см².

Таким образом, проведение инфракрасной термографии в зоне предполагаемого формирования лоскута позволило быстро и точно идентифицировать перфоранты и возможный дизайн планируемого лоскута, с той же эффективностью, как и при КТ ангиографии, избегая при этом инвазивной методики и лучевой нагрузки на пациента.

ОБСУЖДЕНИЕ

Применение локальных перфорантных лоскутов позволяет стратегически упростить пластическое закрытие обширных раневых дефектов, уменьшить количество хирургических этапов и травматизацию зоны формирования лоскута [1, 5, 7]. Одной из главных причин осложнений при таких операциях остается проблема гарантированного кровоснабжения лоскута после его десекции и подъема [4, 11, 13]. Решение проблемы диагностики и точной локации точек выхода перфорантных артерий позволяет избежать нежелательных интраоперационных «сюрпризов», обеспечивает быструю и надежную препаровку питающей сосудистой ножки и, соответственно, положительный конечный результат хирургического лечения.

Для поиска точки выхода перфоранта в кожу сегодня применяются ручной аудиодоплер, цветной ультразвуковой доплер, КТ ангиография и магнитно-резонансная диагностика [3, 4, 13]. Каждый из этих методов позволяет решать диагностическую задачу, однако все они имеют свои недостатки. Так, исследование

ручным аудиодоплером занимает много времени, не исключает возможности пропуска части искомым артерий или идентификации ложнопозитивных сигналов [13, 14]. Для проведения диагностики ультразвуковым доплером, выполнения КТ ангиографии или магнитно-резонансной диагностики необходим специалист-радиолог, что делает эти методы менее доступными и более затратными [10], а два последних метода предполагают инвазивные процедуры, внутривенное введение контраста [3, 4, 10]. Кроме того, КТ ангиография дает нагрузку на пациента ионизирующим излучением, а применение магнитно-резонансной диагностики ограничено в случаях, когда пациент имеет какие-либо металлоконструкции.

Термография, или тепловидение, обнаруживает инфракрасное излучение от объекта исследования, фиксируя изменения локальной температуры, и потому является простым и неинвазивным методом, не требующим каких-либо лучевых нагрузок на пациента [13].

В клинике этот метод позволяет определять зоны повышенной температуры, в том числе связанные с локальным кровотоком. Именно перфорантные артерии визуализируются на термограмме как «теплые» точки [9].

Метод термографии имеет давнюю историю применения в технической сфере и медицине.

Первые попытки использовать тепловизор для диагностики кровоснабжения были предприняты более 40 лет назад, но ввиду громоздкости процедуры и недостаточной разрешающей способности метода в то время он не нашел широкого применения. Ренессанс термографии сегодня стал возможен благодаря техническому прогрессу. Современные инфракрасные камеры заметно уменьшились в габаритах, стали удобнее в управлении и, что самое главное, критически возросла чувствительность матрицы. Именно этот аспект, позволяющий регистрировать малейшие перепады температуры поверхности на ограниченной площади, позволяет точно лоцировать не только «теплые» точки выхода отдельных сосудов небольшого диаметра, но и отслеживать микроваскулярные связи между отдельными перфорантами [13].

Полученные в настоящем исследовании результаты позволяют сделать заключение о некоторых преимуществах инфракрасной термографии, которые подтверждают и работы коллег [8, 9, 13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диагностика перфорантных сосудов при помощи инфракрасной термографии позволяет с достаточной точностью лоцировать точки

выхода их в покровные ткани и может стать хорошей альтернативой или дополнением для уже применяющихся методов. При этом, в отличие от КТ ангиографии, описанная техника диагно-

стики значительно проще в реализации, не несет радиационной нагрузки на пациента, не требует внутривенного введения контраста и не является инвазивной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галич С.П., Резников А.В., Огородников Я.П. и др. Использование сложносоставных лоскутов при закрытии дефектов тканей дистальных отделов голени и пяточной области // *Здоров'я України*. – 2011. – № 2 (5). – С. 38–40.
2. Галич С.П., Резников А.В., Фурманов А.Ю., Дабижа А.Ю. Использование тыльного лоскута стопы для закрытия дефектов тканей конечностей // *Здоров'я України*. – 2013. – № 1 (11). – С. 20–21.
3. Слесаренко С.В., Бадюл П.А. Препланинг при реконструктивных операциях с использованием перфорантных лоскутов // *Вопросы реконструкт. и пласт. хирургии*. – 2013 – № 3 (46). – С. 29–36.
4. Badiul P.O., Sliesarenko S.V. Multidetector-row Computed Tomographic Angiography in the Planning of the Local Perforator Flaps // *Plastic and Reconstructive Surgery – Global Open*. – 2015. – V. 3. – Iss. 9. – P. e516.
5. Blondeel P.N., Morris S.F., Hallock G.G., Neligan P.C. Perforator flaps: anatomy, technique and clinical applications. – QMP, Inc., 2006. – 1098 p.
6. Blondeel P., Van Landuyt K., Monstrey S. et al. The “Gent” consensus on perforator flap terminology: preliminary definitions // *Plast. Reconstr. Surg.* – 2003. – V. 112. – P. 1378–1383.
7. Chan J.K., Harry L., Williams G., Nanchahal J. Soft-tissue reconstruction of open Fractures of the lower limb: muscle versus fasciocutaneous flaps // *Plast. Reconstr. Surg.* – 2012. – V. 130, № 2. – P. 284–295.
8. De Weerd L., Weum S., Mercer J.B. The value of dynamic infrared thermography (DIRT) in perforator selection and planning of free DIEP flaps // *Ann. Plast. Surg.* – 2009. – V. 63. – P. 274–279.
9. Hardwicke J., Osmani O., Skillman J. Detection of Perforators Using Smartphone Thermal Imaging // *Plastic and Reconstructive Surgery*. – 2016. – V. 137, № 1. – P. 39–41.
10. Mathes D.W., Neligan P.C. Preoperative imaging techniques for perforator selection in abdomen-based microsurgical breast reconstruction // *Clin. Plast. Surg.* – 2010. – V. 37. – P. 581–591.
11. Phillips T.J., Stella D.L., Rozen W.M., et al. Abdominal wall CT angiography: a detailed account of a newly established preoperative imaging technique // *Radiology*. – 2008. – V. 249. – P. 32–44.
12. Rozen W.M., Ashton M.W., Grinsell D. et al. Establishing the case for CT angiography in the preoperative imaging of abdominal wall perforators // *Microsurgery*. – 2008. – V. 28. – P. 306–313.
13. Sheena Y., Jennison T., Hardwicke J, Garth O. Titley Detection of Perforators Using Thermal Imaging // *Plast. Reconstr. Surg.* – 2013. – V. 132, № 6. – P. 1603–1610.
14. Yu P., Youssef A. Efficacy of the handheld Doppler in preoperative identification of the cutaneous perforators in the anterolateral thigh flap // *Plast. Reconstr. Surg.* – 2006. – V. 118. – P. 928–933.

REFERENCES

1. Galich S.P., Reznikov A.V., Ogorodnikov Ya.P. et al. Ispol'zovanie slozhnosostavnyh loskutov pri zakrytii defektov tkaney distal'nyh otделov goleni i pyatochnoy oblasti [Using a hard composite flaps when closing the distal tissue defects tibia and heel]. *Zdorov'ya Ukraini – Health of Ukraine*, 2011, no. 2 (5), pp. 38–40.
2. Galich S.P., Reznikov A.V., Furmanov A.Yu., Dabizha A.Yu. Ispol'zovanie tyl'nogo loskuta stopy dlya zakrytiya defektov tkaney konechnostey [Using the rear flap of the foot to close the limb tissue defects]. *Zdorov'ya Ukraini – Health of Ukraine*, 2013, no. 1 (11), pp. 20–21.
3. Slesarenko S.V., Badyul P.A. Preplaning pri rekonstruktivnyh operaciyah s ispol'zovaniem perforantnyh loskutov [Preplaning at reconstructive operations using perforating flaps]. *Voprosy rekonstruktivnoy i plasticheskoy hirurgii – Questions of Reconstructive and Plastic Surgery*, 2013, no. 3 (46), pp. 29–36 (in Russian).
4. Badiul P.O., Sliesarenko S.V. Multidetector-row Computed Tomographic Angiography in the Planning of the Local Perforator Flaps. *Plastic and Reconstructive Surgery – Global Open*, 2015, vol. 3, iss. 9, pp. e516.
5. Blondeel P.N., Morris S.F., Hallock G.G., Neligan P.C. *Perforator flaps: anatomy, technique and clinical applications*. QMP, Inc., 2006. 1098 p.
6. Blondeel P., Van Landuyt K., Monstrey S. et al. The “Gent” consensus on perforator flap terminology: preliminary definitions. *Plast. Reconstr. Surg.*, 2003, vol. 112, pp. 1378–1383.
7. Chan J.K., Harry L., Williams G., Nanchahal J. Soft-tissue reconstruction of open Fractures of the lower limb: muscle versus fasciocutaneous flaps. *Plast. Reconstr. Surg.*, 2012, vol. 130, no. 2, pp. 284–295.
8. De Weerd L., Weum S., Mercer J.B. The value of dynamic infrared thermography (DIRT) in perforator selection and planning of free DIEP flaps. *Ann. Plast. Surg.*, 2009, vol. 63, pp. 274–279.
9. Hardwicke J., Osmani O., Skillman J. Detection of Perforators Using Smartphone Thermal Imaging. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 2016, vol. 137, no. 1, pp. 39–41.

10. Mathes D.W., Neligan P.C. Preoperative imaging techniques for perforator selection in abdomen-based microsurgical breast reconstruction. *Clin. Plast. Surg.*, 2010, vol. 37, pp. 581–591.
11. Phillips T.J., Stella D.L., Rozen W.M. et al. Abdominal wall CT angiography: a detailed account of a newly established preoperative imaging technique. *Radiology.*, 2008, vol. 249, pp. 32–44.
12. Rozen W.M., Ashton M.W., Grinsell D. et al. Establishing the case for CT angiography in the preoperative imaging of abdominal wall perforators. *Microsurgery*, 2008, vol. 28, pp. 306–313.
13. Sheena Y., Jennison T., Hardwicke J, Garth O. Titley Detection of Perforators Using Thermal Imaging. *Plast. Reconstr. Surg.*, 2013, vol. 132, no. 6, pp. 1603–1610.
14. Yu P., Youssef A. Efficacy of the handheld Doppler in preoperative identification of the cutaneous perforators in the anterolateral thigh flap. *Plast. Reconstr. Surg.*, 2006, vol. 118, pp. 928–933.

Поступила в редакцию 26.02.2016
Утверждена к печати 02.02.2016

Авторы:

Слесаренко Сергей Владимирович – д-р мед. наук, профессор, руководитель Днепропетровского центра термической травмы и пластической хирургии (г. Днепропетровск, Украина).

Бадюл Павел Алексеевич – канд. мед. наук, врач-комбустиолог, пластический хирург Днепропетровского центра термической травмы и пластической хирургии (г. Днепропетровск, Украина).

Слесаренко Кирилл Сергеевич – врач-комбустиолог, ассистент кафедры общей хирургии Днепропетровской государственной медицинской академии (г. Днепропетровск, Украина).

Контакты:

Слесаренко Сергей Владимирович

e-mail: slesarenko@yahoo.com