

УДК 616–018:615

**ИНФРАКРАСНАЯ ТЕРМОГРАФИЯ ПОДКОЖНЫХ ВЕН ЧЕЛОВЕКА****Касаткин А.А.***ООО «Институт термологии», Ижевск, e-mail: ant-kasatkin@yandex.ru*

Для визуализации подкожных вен конечностей человека в инфракрасном спектре излучения традиционно применяют неинвазивный метод температурного контрастирования. К недостаткам существующего метода относится необходимость создания кратковременной ишемии и локальной гипертермии дистального участка конечности. Предложен новый метод температурного контрастирования подкожных вен конечности с применением кратковременной локальной гипотермии ее дистального участка. Новый метод температурного контрастирования позволяет безопасно визуализировать подкожные вены в инфракрасном диапазоне спектра излучения за счет охлаждения венозной крови и придания ей контрастирующих свойств. Качественное температурное контрастирование подкожных вен достигается при создании разницы температуры кожи над веней и соседних областей 3°C и более. Ограничением для клинического применения метода является сетевидный тип подкожного венозного русла.

**Ключевые слова:** температура, лучевая диагностика, кровеносные сосуды, локальная гипотермия**INFRARED THERMOGRAPHY OF HUMAN SAPHENOUS VEINS****Kasatkin A.A.***Termology Institute, Izhevsk, e-mail: ant-kasatkin@yandex.ru*

To visualize human saphenous veins of limbs in the infrared emission spectrum has traditionally used non-invasive method of temperature contrasting. The disadvantages of the current method is the need to create a short-term ischemia and local hyperthermia limb. A new method of temperature contrast allows you to safely visualize subcutaneous veins in the infrared radiation spectrum due to cooling venous blood and giving it a contrasting properties. High-quality thermal contrast of the saphenous veins is achieved by creating a temperature difference between the skin over the vein and surrounding areas 3°C or more. The limitation for the clinical application of the method is the plexiform type of subcutaneous venous bed.

**Keywords:** temperature, radiation diagnostics, blood vessels, local hypothermia

Инфракрасная термография признано считается самым безопасным лучевым методом исследования человека и животных [9]. Данный метод позволяет бесконтактно получать информацию об изменении температуры и интенсивности инфракрасного излучения любого участка тела человека. В настоящее время метод широко используется в медицине и биологии [1,3,4,6,10]. Безусловный научный интерес представляют результаты исследований применения инфракрасной термографии для исследования подкожных вен [5,7]. Установлено, что качественному инфракрасному изображению подкожных вен, расположенных на глубине 3–6 мм от поверхности кожи мешает неоднородность ее теплового излучения, что придает изучаемой поверхности многоцветное изображение, «маскирующее» вены. Получаемое многоцветное инфракрасное изображение существенно ограничивает возможность четко визуализировать подкожные образования, в частности, венозные сосуды. В связи с этим, был разработан способ, позволяющий визуализировать подкожные вены в инфракрасном спектре излучения за счет придания протекающих в них крови термоконтрастирующих свойств [2]. Сущность способа заключалась в одновременном нагревании дистальной части конечности до +42°C и охлаждении ее ис-

следуемого участка до развития стойкой холодовой гиперемии в условиях отсутствия движения венозной крови, с последующим восстановлением кровотока и заполнением подкожных вен кровью. Приток теплой крови к охлажденной поверхности обеспечивал получение «венограммы» за счет температурного контрастирования. К недостаткам существующего метода относится необходимость создания кратковременной ишемии и локальной гипертермии дистального участка конечности, что может вызвать ухудшить состояние ишемизированных конечностей у пациентов с сахарным диабетом и атеросклерозом, а также вызвать тромбоз у пациентов с тромбофилическими состояниями. Ранее было установлено, что температурное контрастирование может быть достигнуто не только нагреванием крови, но и ее охлаждением за счет введения в нее растворов лекарственных средств «комнатной» температуры. Известно, что кратковременная локальная гипотермия не только безопасна для ишемизированных тканей, но и обладает защитным действием. Кроме того, охлаждение крови вызывает в ней кратковременные гипокоагуляционные изменения, что исключает риск тромбообразования [8]. В связи с этим, разработка способа инфракрасной флебографии, основанного на локальной гипотермии актуальна.

Цель исследования – разработка способа инфракрасной флебографии с помощью локальной гипотермии.

**Материалы и методы исследования**

Исследовано изменение инфракрасного спектра излучения оголенных конечностей 20 здоровых добровольцев после 2-минутного холододового теста в помещении с температурой воздуха 25°C. Холодовой тест заключался в охлаждении кисти руки в емкости с водой температурой 18°C. Инфракрасную термографию осуществили с помощью тепловизора ThermoTracer TN9100XX (NEC, USA) в диапазоне температур 25–36°C. Полученную информацию обработали с помощью компьютерных программ Thermography Explorer и Image Processor. Количественные данные представлены в виде среднего арифметического (M), стандартного отклонения (SD). Результат температурного контрастирования подкожных вен считали удовлетворительным при выявлении разницы температуры кожи над веней и рядом с ней 3 и более °C. План исследований был одобрен этическим комитетом Ижевской государственной медицинской академии на основании принципов, которые изложены во Всемирной Медицинской Декларации в Хельсинках. Добровольное согласие на участие в исследовании было получено от всех здоровых добровольцев.

**Результаты исследования и их обсуждение**

В исследовании приняли участие 20 добровольцев: мужчины 14 (70%), женщины 6(30%), средний возраст исследуемых составил 27.6±5.4 лет.

Результаты инфракрасной термографии добровольцев представлены в таблице.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что охлажденная кровь движется по венам и охлаждает их вместе с окружающими их тканями, в частности кожу над ними. Это придает коже над венами более низкую температуру, чем в других участках, лишенных кровеносных сосудов, поскольку скорость их охлаждения значительно ниже. Так разница значений температуры кожи над венами до и после охлаждения составила более 3°C, в то время как температура кожи в других участках снизилась не более, чем на 0.7°C. Искусственно создаваемая разница температуры поверхности кожи над сосудами по сравнению с другими областями позволяет визуализировать их в инфракрасном спектре излучения с помощью тепловизора (рисунок).

Установлено, что у 3 из 20 добровольцев разница температуры кожи над венами в локтевой ямке не достигла 3°C. В связи с этим, качество температурного контрастирования вен не было удовлетворительным. Анализ показал, что индекс массы тела у этих добровольцев превышал 30 кг/м<sup>2</sup>, а тип венозного русла был сетевидным. В то же время, у 17 добровольцев был установлен магистральный тип венозной сети. При этом индекс массы тела у 15 из них был менее 30 кг/м<sup>2</sup>, а у 2 – более 30 кг/м<sup>2</sup>. Таким образом, тип строения венозной сети исследуемого человека может определять качество получаемой «венограммы»

Показатель температуры кожи над подкожной веней в локтевой ямке рук добровольцев

	Температура, °C	
	До охлаждения	Через 60 секунд после прекращения охлаждения
M±SD	32.9±0.7	29.6±1.5
Me	32	27
Min-Max	30.8–33.0	26.0–30.0

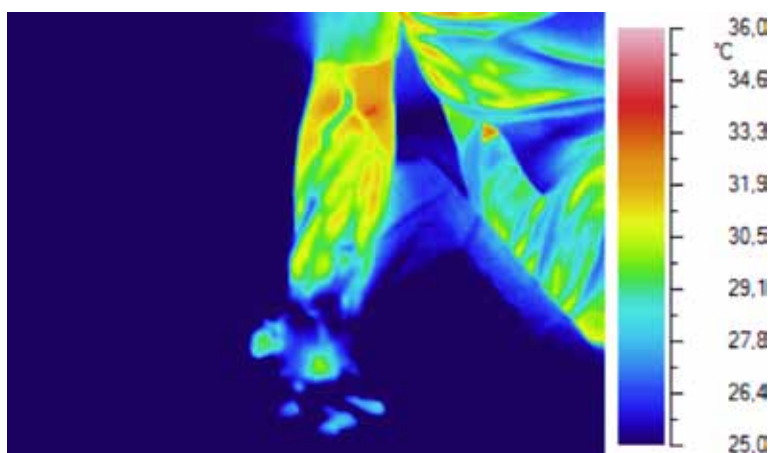


Рис. 1. Инфракрасное изображение правой руки здорового добровольца А., 40 лет, выполненный через 60 секунд после прекращения охлаждения

при инфракрасной термографии подкожных вен. Результаты проведенного исследования позволили разработать способ инфракрасной флебографии (Заявка на изобретение RU 2016130591).

#### Выводы

Предложенный метод температурного контрастирования с применением локальной гипотермии позволяет безопасно визуализировать подкожные вены в инфракрасном диапазоне спектра излучения. Качественное температурное контрастирование подкожных вен достигается при создании разницы температуры кожи над веней и соседних областей 3°C и более. Ограничением для клинического применения метода является сетевидный тип подкожного венозного русла. Для повышения точности полученных результатов необходимы дополнительные исследования.

#### Список литературы

1. Касаткин А.А., Ивонина Е.В. Экспертиза локальной фармакокинетики лекарственных средств в анестезиологии и реаниматологии // Проблемы экспертизы в медицине. – 2013. – №1(49). – С. 21–23.
2. Ураков А.Л., Уракова Н.А., Уракова Т.В., Дементьев В.Б., Мальчиков А.Я., Решетников А.П., Соколова Н.В., Забокрицкий Н.А., Касаткин А.А., Шахов В.И., Сюткина Ю.С. Способ визуализации подкожных вен в инфракрасном диапазоне спектра излучения по А.А.Касаткину // Патент России № 2389429. 2009. Бюл. № 14.
3. Ураков А.Л., Уракова Т.В., Уракова Н.А., Касаткин А.А., Ивонина Е.В. Оценка эффективности оживляющих средств с помощью инфракрасной термометрии конечностей // Фундаментальные исследования. – 2013. – №7–3. – С. 655–658.
4. Ураков А.Л., Уракова Н.А., Касаткин А.А., Дементьев В.Б., Волков А.А. Повреждение периферических вен верхних конечностей пациентов с сочетанной травмой при катетеризации разными типами катетеров // Уральский медицинский журнал. – 2009. – №9. – С. 113.
5. Уракова Н.А., Касаткин А.А. Фармакологическое термоконтрастирование живых тканей как метод повышения качества их визуализации при инфракрасной термоскопии и термографии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – №9. – С. 89–92.
6. Kasatkin A.A., Urakov A.L., Lukoyanov I.A. Non-steroidal anti-inflammatory drugs causing local inflammation of tissue at the site of injection // J Pharmacol Pharmacother. – 2016. – №7. P. 26–8.
7. Urakov A.L., Kasatkin A.A., Urakova N.A., Urakova T.V. Cold sodium chloride solution 0.9% and infrared thermography can be an alternative to radiopaque contrast agents in phlebography // J Pharmacol Pharmacother. – 2016. – №7. – P.138-9.
8. Urakov A.L., Urakova N.A., Kasatkin A.A. Local body temperature as a factor of thrombosis // Thrombosis Research. – 2013. – T.131. – №S1. – P.79.
9. Ring E.F.G., Ammer K. The Technique of Infra red Imaging in Medicine // Thermology International. – 2000. – №10/1. – P.72.
10. Urakov A.L., Urakova N.A., Kasatkin A.A. Thermal imaging improves the accuracy hemorrhagic shock diagnostics: The concept and practical recommendations. – LAP LAMBERT Academic Publishing. 2016.