

УДК 611.971:612.428:611.428:611.145.4

МОНИТОРИНГ ТЕПЛОВИЗОРНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ПОДМЫШЕЧНОЙ ОБЛАСТИ В НОРМЕ И ПОСЛЕ КРАТКОВРЕМЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ИЛИ НАГРЕВАНИЯ

Гадельшина А.А., Герасимова Н.Н.

ООО «Институт термологии», Ижевск, e-mail: redbild@mail.ru

Проведено исследование динамики локальной температуры поверхности подмышечных впадин у взрослых здоровых добровольцев в норме, а также во время и после прикладывания к ней теплого и/или холодного полиэтиленового пакета. Установлено, что мониторинг тепловизорного изображения подмышечной области во время и сразу после искусственного локального охлаждения или нагревания позволяет выявлять структуру мягких тканей подкожно-жировой клетчатки. Показано, что кратковременное и однократное прикладывание холодного или теплого предмета вызывает локальное охлаждение или нагревание (соответственно), которое после удаления предмета быстро сменяется нормализацией локальной температуры. Обнаружено, что инфракрасный мониторинг динамики температуры кожи при ее локальном охлаждении или нагревании позволяет выявлять подкожные вены. Выяснено, что контрастность инфракрасного изображения поверхностных сосудов в подмышечной области зависит от температуры и величины объема крови, наполняющей эти сосуды.

Ключевые слова: инфракрасная термография, локальная температура, подмышечная область, инфракрасная флебография, человек

MONITORING THERMAL IMAGING IMAGE THE AXILLARY REGION IN NORM AND AFTER A BRIEF COOLING OR HEATING

Gadelshina A.A., Gerasimova N.N.

Institute of Thermology, Izhevsk, e-mail: redbild@mail.ru

The study of the dynamics of the local surface temperature of the armpits in adults healthy volunteers in the norm and also during and after the application thereto of warm and/or cold plastic bag. Established that the monitoring of thermal imaging image the axillary region during and immediately after local cooling or heating allows to reveal the structure the soft tissues of the subcutaneous fat. It is shown that the short-term and one-time applying a cold or warm object causes a local cooling or heating (respectively), which after removal of the object is quickly replaced by the normalization of the local temperature. Discovered that the infrared monitoring of the dynamics of the skin temperature at the local cooling or heating allows you to identify the saphenous vein. It is found that the contrast of infrared images of surface vessels in the axillary area depends on temperature and the magnitude of the volume of blood that fills these vessels.

Keywords: infrared thermography, the local temperature, axillary region, infrared venography, people

В официальной медицине давно сформировалось мнение о том, что функциональное, метаболическое состояние и структура мягких тканей в подмышечной области мало информативны для оценки состояния здоровья людей и для постановки им диагноза. Поэтому эта часть тела человека не входит в перечень обязательных участков тела, подвергаемых исследованию при первичном осмотре пациентов. Другое дело, если человек заболел раком молочной железы, туберкулезом легких, пневмонией, плевритом или другим гнойно-воспалительным процессом грудной клетки [1,2,3,4]. Но это не совсем правильно. Дело в том, что именно подмышечная область у заболевших взрослых и детей традиционно является основным (если не единственным в быту) источником получения данных о... температуре тела в бытовых условиях и в условиях клиники! Для этого во всем мире более сотни лет успешно применяется ртутный градусник.

Однако в последние годы на смену привычному градуснику и термометру пришел тепловизор и метод инфракрасной термографии [5,6]. Оказалось, что тепловизор намного точнее и удобнее градусника [7,9]. Сегодня с помощью тепловизора научились измерять температуру практически всех открытых частей тела человека [8,10,12]. В частности, описана динамика локальной температуры головы плода во время физиологических родов и динамика локальной температуры тела человека во время клинической и биологической смерти [11,13,14].

Парадоксально, но тепловидение до сих пор не заменило собой «градусниковую» термометрию подмышечной области! Более того, отсутствует банальный Атлас инфракрасной анатомии человека в условиях различных внешних температур в рамках диапазона естественной среды обитания приматов [15]!

В связи с этим предполагается, что изучение динамики локальной температуры

и цветного изображения поверхности подмышечной области на экране тепловизора до, во время и после обдувания ее холодным и/или теплым воздухом может расширить наши представления о строении и функции грудной клетки человека и резервах его адаптации к теплу и холоду.

Материалы и методы исследования

Изучены инновационные способы визуализации структуры мягких тканей подмышечной области взрослого человека. Для этого был проведен патентный поиск с использованием базы данных Федерального института промышленной собственности (ФИПС) Российской Федерации и Немецкого патентного ведомства. Параллельно с этим проведен анализ научных статей с использованием базы данных eLibrary и ORCID.

В условиях кардиологического отделения больницы скорой медицинской помощи (БСМП) города Набережные Челны (Республика Татарстан) проведены клинические наблюдения за динамикой локальной температуры в подмышечных областях у 10 взрослых здоровых добровольцев из числа медицинского персонала клиники после получения у них информированного добровольного согласия граждан. С помощью тепловизора марки ThermoTracer TH9100XX (NEC, USA) в диапазоне температур $+25 - +36^{\circ}\text{C}$ исследована динамика температуры и инфракрасного изображения правой или левой подмышечной области. Исследование проводили в помещении с температурой окружающего воздуха $+24 - +25^{\circ}\text{C}$. С целью повышения информативности инфракрасной термографии применяли способ температурного контрастирования по А.А.Касаткину [11]. Для локального охлаждения или нагревания использовали полиэтиленовый пакет, наполненный водой при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ или $+42^{\circ}\text{C}$ (соответственно), или поток холодного или теплого воздуха, создаваемый бытовым феном [4].

Статистическая обработка результатов проведена с помощью программы BIOSTAT. Вычисляли сред-

нюю арифметическую (M), ошибку средней арифметической (m), коэффициент достоверности. Степень различий показателей определяли по отношению к исходным показателям, разницу значений считали достоверной при $P \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты изучения патентной и научной литературы показали отсутствие общепринятого способа визуализации структуры тканей и стандарта безопасного и дешевого способа лучевой диагностики структуры мягких тканей в этой области. Причем, анализ полученной информации указывал на низкую информативность данных, которые могут быть получены с помощью новой технологии. Иными словами, имеющиеся в науке и технике сведения не предсказывали высокую ценность планируемой работы.

Первоначально нами были проведены традиционные исследования локальной температуры в подмышечной области у добровольцев сразу после поднятия ими соответствующей руки вверх и открытия подмышечной ямки для обзора. Эти исследования были проведены без специального принудительного охлаждения или нагревания подмышечных областей. Результаты показали, что в норме локальная температура поверхности подмышечной области у всех без исключения людей выше температуры соседних областей на $2 - 3^{\circ}\text{C}$. При этом на экране тепловизора изображение подмышечной области выглядит практически одноцветным, а именно – без каких-либо цветных пятен. Исключением является визуализация подкожных вен (рис. 1).

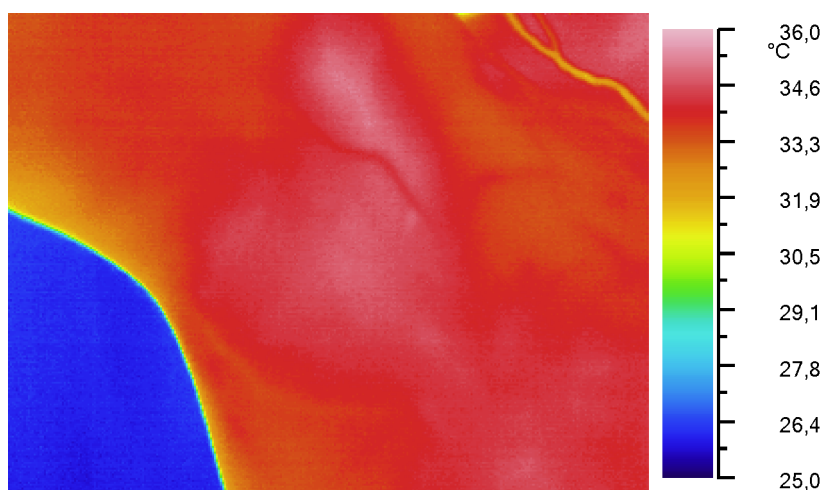


Рис. 1. Изображение на экране тепловизора правой подмышечной области сразу после поднятия правой руки вверх (девушка Г., 20 лет)

Как видно из приведенной фотографии, инфракрасная термография обеспечивает визуализацию подкожной вены, что доказывает право на существование инфракрасной флебографии как нового метода лучевой диагностики поверхностных кровеносных сосудов.

В следующей группе исследуемых добровольцев был поведен мониторинг динамики локальной температуры подмышечной области во время и после локального охлаждения или нагревания. Показано, что кратковременное принудительное внешнее изменение локальной температуры поверхности подмышечной области позволяет повысить контрастность изображения внутренних структур, что повышает информативность фототермограмм. В частности, после кратковременного прикладывания к поверхности подмышечной области холодного полиэтиленового пакета поверхность тела в области взаимодействия тут же охлаждается, а затем постепенно начинает согреваться изнутри. При этом в норме в процессе прогревания изнутри поверхность тела выглядит относительно одноцветной и лишена теней от внутренних структур, имеющих меньшую теплопроводность, чем соседние ткани (рис. 2).

В следующей группе исследуемых добровольцев был поведен мониторинг динамики локальной температуры подмышечной области во время и после локального нагревания. Показано, что после кратковременного прикладывания к поверхности подмышечной области теплого полиэтиленового пакета поверхность тела в области взаимодействия тут же нагревается, а затем постепенно начинает охлаждаться до нормы. При этом в норме в процессе нормализации локальной температуры подмышечной области после кратковременного прикладывания к ее поверхности теплого предмета аподмышечная области на экране тепловизора выглядит менее одноцветной, чем при ее охлаждении. Причем, в процессе нормализации температуры становятся видны некоторые подкожные структуры, которые имеют иную локальную температуру и изображаются в ином цвете, чем соседние ткани. В частности, появляется сосудистый рисунок, который вероятнее всего составлен подкожными венами, имеющими иную тепловую продуктивность, поскольку они наполнены теплоносителем (кровью) (рис. 3).

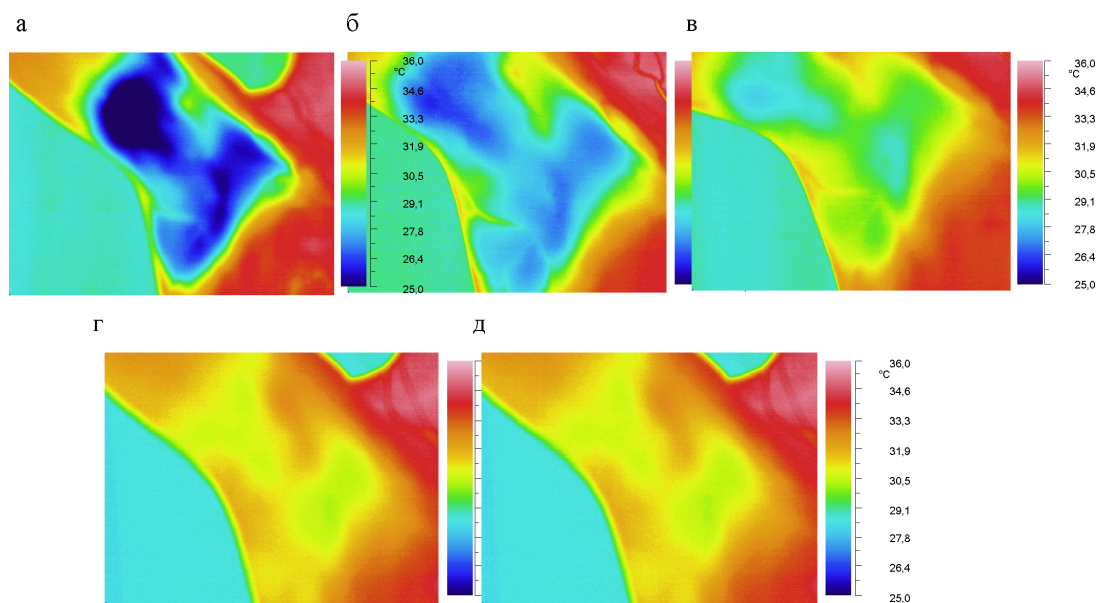


Рис. 2. Динамика изображения правой подмышечной области у здорового человека сразу после локального охлаждения до $+20^{\circ}\text{C}$ (а) и затем через каждые 3 минуты после удаления холодного пакета (б-д) (девушка Г., 20 лет)

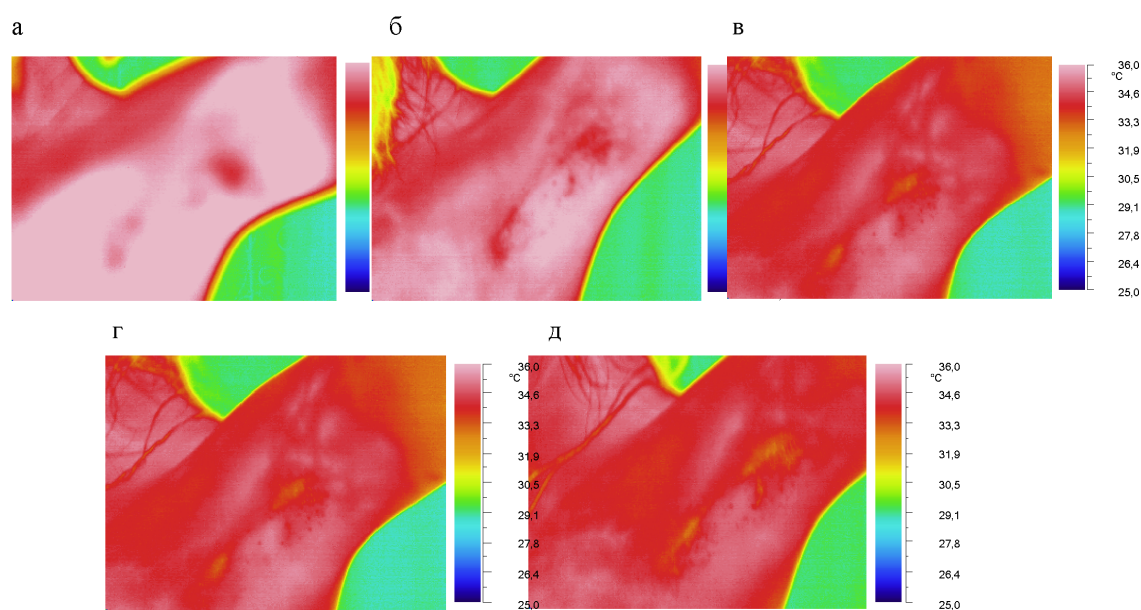


Рис. 3. Динамика изображения левой подмышечной области у здорового человека сразу после локального нагревания до $+42^{\circ}\text{C}$ (а) и затем через каждые 2 минуты после удаления холодного пакета (б-д) (девушка Г., 20 лет)

Как следует из приведенной серии снимков, инфракрасная термография подмышечной области, проводимая у здорового человека в норме и после локального охлаждения и/или локального нагревания, расширяет информацию о нормальной анатомии грудной клетки и проксимальной части плеча. Инфракрасная термография может составить конкуренцию рентгеновскому исследованию подмышечной области. Главным преимуществом инфракрасной термографии является ее безопасность, которая обеспечивает возможность многократного применения и непрерывный мониторинг динамики локальной температуры.

Таким образом, инфракрасная термография поверхности подмышечной области у взрослых людей, проводимая многократно с помощью тепловизора во время и сразу после кратковременного прикладывания холодного или теплого полиэтиленового пакета, позволяет оценить динамику равномерности температуры в норме, во время охлаждения и нагревания, а затем – во время последующей нормализации локальной температуры. Обнаружено, что инфракрасный мониторинг динамики температуры кожи при ее локальном охлаждении или нагревании позволяет выявлять подкожные вены. Выяснено, что контрастность инфракрасного изображения поверхностных сосудов в подмышечной области зависит от

температуры и величины объема крови, наполняющей эти сосуды.

Благодарим профессора А.Л. Уракова за плодотворное научное руководство данным исследованием.

Список литературы

1. Гадельшина А.А. Инфракрасная термография в условиях температурного контрастирования молочных желез как способ повышения скорости и эффективности диагностики новообразований // Электронный научно-образовательный вестник Здоровье и образование в XXI веке. – 2016. – Т. 18. – № 7. – С. 1 – 5.
2. Герасимова Н.Н. Устройства, средства и способы их применения для инфракрасной визуализации лимфатических узлов в подмышечной области // Электронный научно-образовательный вестник Здоровье и образование в XXI веке. – 2016. – Т. 18. – № 7. – С. 6 – 9.
3. Герасимова Н.Н. Современные возможности лучевой визуализации лимфатических узлов в подмышечной области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 10 (часть 2). – С. 201-204.
4. Ураков А.Л., Уракова Т.В., Уракова Н.А., Соколов А.Н., Чернова Л.В., Фишер Е.Л., Девицкая Е.В. Способ инфракрасного скрининга новообразований молочных желез // RUS Патент № 2561302. 2015. Бюл. 24.
5. Ураков А.Л., Гадельшина А.А., Герасимова Н.Н., Уракова Т.В. Экспресс-метод инфракрасной диагностики состояния молочных желез в бытовых условиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 7 (часть 6). – С. 996 – 999.
6. Ураков А.Л. Инфракрасная термография и тепловая томография в медицинской диагностике: преимущества и ограничения // Электронный научно-образовательный вестник. Здоровье и образование в XXI веке. – 2013. – Т. 15. – № 11. – С. 45 – 51.

7. Ураков А.Л. Инфракрасное тепловидение и термолгия как основа безопасной лучевой диагностики в медицине // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 9; Ч. 4. – С. 747-751.
8. Ураков А.Л., Фишер Е.Л. Температурное контрастирование тканей тела человека улучшает их инфракрасную визуализацию // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2016. – №6 (часть 5). – С. 884-886.
9. Ураков А.Л., Решетников А.П., Баймурзин Д.Ю., Ловцова Л.В. Динамика локальной температуры поверхностных и глубоких тканей лица при аппликации льда // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2016. – №7 (часть 6). – С. 993-995.
10. Ураков А.Л., Уракова Т.В., Решетников А.П., Чернова Л.В., Чернов А.В., Е.В. Девичкая. Способ инфракрасной визуализации инородных тел в кисти // *RUS Патент № 2557687*. 2015. Бюл.№ 21.
11. Ураков А.Л., Уракова Н.А., Уракова Т.В. и соавт. Способ визуализации подкожных вен в инфракрасном диапазоне спектра излучения по А.А. Касаткину // *RUS Патент № 2389429*. 2010. Бюл. № 14.
12. Ураков А.Л., Уракова Т.В., Уракова Н.А., Решетников А.П., Сойхер М.Г. Способ инфракрасной диагностики структуры щеки // *RUS Патент № 2544291*. 2015. Бюл. № 8.
13. Urakov A.L., Kasatkin A.A., Urakova N.A., Ammer K. Infrared thermographic investigation of fingers and palms during and after application of cuff occlusion test in patients with hemorrhagic shock// *Thermology International*. – 2014. – V. 24. – N 1. – P. 5 – 10.
14. Urakova N.A., Urakov A.L. Diagnosis of intrauterine newborn brain hypoxia using thermal imaging video// *Biomedical Engineering*. – 2014. – V. 48. – N 3. – P. 111 – 115.
15. 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. – pp. 60.