

Термосемиотика кистей рук. Сообщение 2. Термотопография кистей при патологии сосудов верхних конечностей при синдроме Рейно, торакальной симпатэктоми, ишемической болезни сердца и ряде других заболеваний

М. Г. Воловик^{1,3}, И. М. Долгов^{2,3}

¹ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения России, г. Нижний Новгород

²Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства России, Москва

³ООО «Дигносис», г. Москва

РЕЗЮМЕ

В данном обзоре обсуждаются тепловизионные феномены на кистях рук различного генеза, в т.ч. при артериальной и венозной патологии верхних конечностей, феномене Рейно, ИБС, после хирургических вмешательств на сосудах верхних конечностей и грудной симпатэктоми, а также ряда редко встречающихся заболеваний и клинических ситуаций. Исследования температурных распределений на кистях рук у пациентов этих нозологических групп перспективны в плане создания на их основе систем поддержки принятия решения в скрининг-диагностике и мониторинге лечения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тепловидение, кисти рук, сосудистая патология, феномен Рейно, сердечно-сосудистая патология.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы статьи сообщают о возможном конфликте интересов.

Thermosemiotics of the hands. Report 2. Thermal patterns of the hands in patients with upper limbs vascular disorders, Raynaud's phenomenon, after thoracic sympathectomy, in ischemic heart disease and a number of other diseases

M. G. Volovik^{1,3}, I. M. Dolgov^{2,3}

¹Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod

²Federal Scientific and Clinical Center of Sport Medicine Federal Medical and Biological Agency, Moscow

³LLO 'Dignosis', Moscow

SUMMARY

This review is devoted to the thermographic hands examination in patients with upper limbs vascular disorders (both arterial and venous), Raynaud's phenomenon, ischemic heart disease and after surgical interventions on the vessels of the upper extremities, thoracic sympathectomy, as well as a number of more rare diseases and clinical situations. Studies of temperature distributions on the hands of such patients are promising in terms of creating, on their basis, decision support systems in screening, diagnostics and treatment monitoring.

KEY WORDS: thermal imaging, hands, vascular pathology, Raynaud's phenomenon, cardiovascular pathology.

CONFLICT OF INTEREST. The authors of the article report a possible conflict of interest.

СОКРАЩЕНИЯ: ИБС — ишемическая болезнь сердца, ИК — инфракрасный, ПДГ — проксимально-дистальный градиент, ТА — термоасимметрия, ТПВ — тепловизионный, ФР — феномен Рейно, ХП — холодная проба.

Наличие критериев «нормальности» термограмм (устойчивые паттерны распределения температуры на кожных покровах данного сегмента тела) является основанием для поиска и классификации патологических процессов. В предыдущих публикациях были рассмотрены современное состояние тепловизионных (ТПВ) исследований в области нормальной физиологии терморегуляции кистей рук, существующие протоколы сбора и обработки данных и границы нормальных температурных распределений на кистях,

описаны тепловизионные признаки и перспективы скрининга состояний, связанных с нарушением обмена глюкозы [2, 5].

Цель. Обзор современных исследований по термотопографии кистей рук при артериальной и венозной патологии верхних конечностей, синдром (феномен) Рейно, ишемической болезни сердца (ИБС), после хирургических вмешательств на сосудах верхних конечностей и грудной симпатэктоми, а также ряда редко встречающихся заболеваний и клинических ситуаций, перспективных

в плане создания на их основе систем поддержки принятия решения в ТПВ скрининг-диагностике и мониторинге лечения.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ИСТОРИЯ ВОПРОСА

Известно [7], что артериальное давление на руках в норме примерно на 20–50 мм. рт. ст. ниже, чем на нижних конечностях. С учетом влияния гравитации, протяженности сосудистого русла и объемов кровенаполнения в каждый данный момент времени это объясняет факт более

редкого формирования сосудистых нарушений на верхних конечностях, чем на нижних, за исключением феномена Рейно (ФР). Тем не менее это важная проблема, диагностика которой востребована в ряде клинических ситуаций.

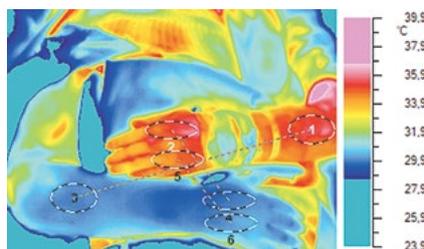
Среди первых работ, посвященных исследованию термотопографии кистей рук в связи с сосудистыми заболеваниями, можно назвать [25, 56, 80, 94], а по ФР — [4].

АРТЕРИАЛЬНАЯ ПАТОЛОГИЯ

Снижение температуры кисти при артериальном тромбозе на 1,5 °С по сравнению со здоровой рукой предшествует ишемическому некрозу дистальных фаланг пальцев, соответствующих бассейну пораженной артерии (лучевой или локтевой) [34].

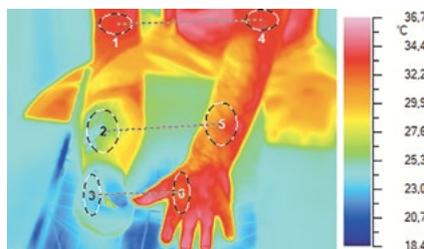
Наш опыт ТПВ выявления артериального тромбоза на руках говорит о значительно больших значениях температурного падения в бассейне пораженной артерии (рис. 1, 2). Ориентировка хирургов с помощью тепловидения в определении ими оптимального уровня ампутации возможна в случае выявления нежизнеспособности тканей при грубых ишемических нарушениях и вторичном тромбозе, в том числе после реплантации оторванной кисти (рис. 3), при этом критерием нежизнеспособности является термоасимметрия от 8 °С и выше [18]. В сомнительных случаях мы считаем целесообразным применение спиртовой пробы [93] с оценкой температурных значений через 3 минуты после нанесения хладагента (рис. 2) [1].

Редкий случай артериовенозной мальформации на руке был исследован с помощью тепловидения, позволившего отслеживать прогрессирование заболевания [54]. Метод предложен авторами как дополнительный к клиническому обследованию и ангиографии для диагностики и рутинного наблюдения консервативно леченных артериовенозных мальформаций, для мониторинга прогрессирования или обкрадывания сосудов, а также для регистрации рецидивов после хирургического иссечения. Неинвазивность и отсутствие необходимости внутривенного



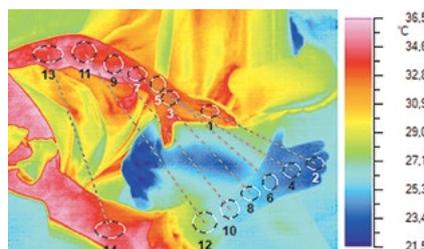
Область	Мин. °С	Макс. °С	Средн. °С
1	34,6	36,0	35,3
2	34,5	36,1	35,2
3	29,9	30,4	30,0
4	29,5	30,2	29,8
5	33,9	35,1	34,6
6	29,8	30,5	30,2
3 - 1	-4,7	-5,6	-5,2
4 - 2	-5,0	-5,9	-5,4
6 - 5	-4,1	-4,6	-4,4

Рисунок 1. Больная С., 71 год. Диагноз: тромбоз лучевой и локтевой артерий справа на уровне локтевого сустава (давность — 1 сутки). Слева — термограмма, справа — цифровые значения в выделенных ROI. Кисть жизнеспособна



Область	Мин. °С	Макс. °С	Средн. °С
1	32,9	33,9	33,3
2	23,6	28,5	25,9
3	22,8	24,6	23,7
4	33,1	33,9	33,5
5	28,6	34,1	31,6
6	31,9	33,9	32,9
4 - 1	0,3	-0,0	0,2
5 - 2	5,1	5,6	5,7
6 - 3	9,1	9,3	9,2

Рисунок 2. Больной Ч., 48 лет. Диагноз: тромбоз лучевой артерии на уровне средней трети правого предплечья (давность — 1,5 суток). Слева — термограмма, справа — цифровые значения в выделенных ROI через 3 минуты после двусторонней спиртовой пробы на предплечье и кисти. Уровень нежизнеспособности проходит по лучезапястному суставу



Область	Мин. °С	Макс. °С	Средн. °С
1	31,7	33,5	32,6
2	23,0	24,0	23,5
3	32,2	33,4	32,7
4	23,6	24,6	24,0
5	32,0	33,0	32,4
6	24,0	25,2	24,7
7	32,5	35,0	34,1
8	24,9	25,9	25,4
9	32,9	35,6	34,0
10	25,2	26,3	25,9
11	33,4	35,5	34,1
12	26,3	28,4	27,3
13	33,2	35,4	34,2
14	33,2	35,6	34,2
2 - 1	-8,7	-9,5	-9,1
4 - 3	-8,6	-8,8	-8,7
6 - 5	-7,9	-7,8	-7,8
8 - 7	-7,7	-9,1	-8,7
10 - 9	-7,7	-9,2	-8,1
12 - 11	-7,1	-7,1	-6,8
14 - 13	0,1	0,3	0,0

Рисунок 3. Больная П., 27 лет. Диагноз: отрыв правой верхней конечности на границе верхней и средней трети правого предплечья (механизм травмы: циркулярная пила, давность — 4 часа). Состояние после реплантации. Сверху — термограмма, снизу — цифровые значения в выделенных ROI

контраста или воздействия ионизирующего излучения делает тепловидение перспективным для диагностики подобных заболеваний.

Асимметрия артериального давления, особенно верхней конечности, является распространенным ранним симптомом при атеросклерозе. При высоком риске инсульта этот симптом четко проявляется в виде термоасимметрии на руках [62].

ВЕНОЗНАЯ ПАТОЛОГИЯ

Тепловидение использовали для ранней регистрации возникновения флебита у пациентов отделения интенсивной терапии, где фактором риска является длительный внутривенный доступ (катетеризация) вен на дистальных сегментах рук [44]. На одной термограмме сравнивали три области: область инъекции и референтные — на 10 см проксимальнее и на 10 см дистальнее. Выявление ранних стадий флебита (34% случаев) позволяло быстро принимать меры. Ошибки первого рода возникали при быстрой скорости инфузии холодных растворов. Авторы отмечают экономичность и неинвазивность ТПВ исследования в сравнении с УЗИ вен. Обнаружена большая уязвимость для флебита больных с диабетом и заядлых курильщиков.

Подкожные гематомы (травма, области венопункции) с признаками воспаления при ТПВ обследовании выглядели как очаги локальной гипертермии выше температуры окружающей кожи на 1–5 °С [90, 92].

ФЕНОМЕН (СИНДРОМ) РЕЙНО

Феномен Рейно (ФР) характеризуется внезапным, прерывистым болезненным спазмом пальцевых артерий кистей рук, вызванным холодовым или эмоциональным стрессом. К. Ammer полагает, что эпизоды ФР часто являются результатом кратковременного нарушения перфузии, а не постоянного снижения кровоснабжения пальцев [30]. Холодные пальцы могут быть следствием различных причин, таких как: а) централизация распределения крови [84]; б) интоксикация (например, алкалоидом гриба *Claviceps purpurea*) может вести как к тяжелому вазоспазму [79], так и к сосудистой обструкции за счет тромбообразования [35]; в) морфологически подтвержденная обструкция кровеносных сосудов приводит к постоянно холодным пальцам [81]; г) курение табака также может вести к резкому снижению перфузии пальцев [36, 50].

Диагноз ФР выставляется при сохранении холодных кончиков пальцев и при разнице температур между кончиками каждого пальца и серединой соответствующих метакарпальных костей более 1 °С через 20 мин. после холодной пробы (ХП) [28]. Кроме первичного исследования и вторичный ФР, вызванный системным склерозом, отличия заключаются в динамике восстановления после охлаждения. Часто встречающимся признаком ФР в инфракрасных (ИК) изображениях является анизотермия — неравномер-

ность распределения температуры на пальцах обеих кистей (рис. 4).

С помощью тепловидения можно определить степень тяжести заболевания и сравнить результаты сканирования при повторных атаках, в том числе на фоне лечения. Из-за различий в основных процессах заболевания первичные и вторичные формы ФР могут быть дифференцированы с помощью динамической ИК визуализации [8–10], которая предоставляет ценную информацию для дальнейших диагностических процедур и индивидуального ведения заболевания, а также имеет прогностическую ценность (рис. 4). При диагностике данного круга состояний ТПВ исследование является, таким образом, полезным дополнением к видеокапилляроскопии [85].

При ФР диагностируются большие перепады температур, проксимально-дистальный градиент (ПДГ) в паре «запястье/пальцы» составляет 5,8–6,3 °С [17]. Температура рук и пальцев сильно зависит от окружающей температуры [29, 41]. При температуре среды 23 °С продольные градиенты температуры рук у пациентов с первичным и вторичным ФР больше, чем при 30 °С, — «усиленный» ПДГ [40]. В исследовании [43] при адаптации субъекта, страдающего от ФР, к комнатной температуре 23 °С этот градиент наблюдали, а при 30 °С он исчезал. Важность характеристик ПДГ подчеркивают многие другие авторы

[33, 49, 71, 86], при этом особую диагностическую ценность имеют изменения этого параметра в ответ на ХП [47, 48, 57].

Показано, что вторичный ФР может влиять только на отдельные пальцы, при этом разница температур между кончиками пальцев и тылом кисти была больше, чем у пациентов с первичным ФР, при котором нарушается микроциркуляция всех пальцев кисти. Связь между величиной ПДГ и температурным распределением при поражении как всех, так и отдельных пальцев не выявлена. Варианты различий в градиентах температуры между тылом кисти и кончиками пальцев позволяют изучать влияние пола, возраста и вовлеченность в патологический процесс конкретных пальцев [31].

Очаговое повышение температуры в перфузируемых пальцах при ФР свидетельствует об активном воспалении и возможности изъязвления и некроза [39]. Также то, что кончики пальцев рук холоднее нормальной температуры тела, свидетельствует о функциональной недостаточности сосудов и вероятном риске ишемического некроза дистальных фаланг [34]. Скорее всего, это последовательные стадии развития заболевания.

Тепловидение оказалось надежным и воспроизводимым методом объективной количественной оценки тяжести заболевания и прогноза его развития с течением времени и в ответ на лечение у детей с патологическим

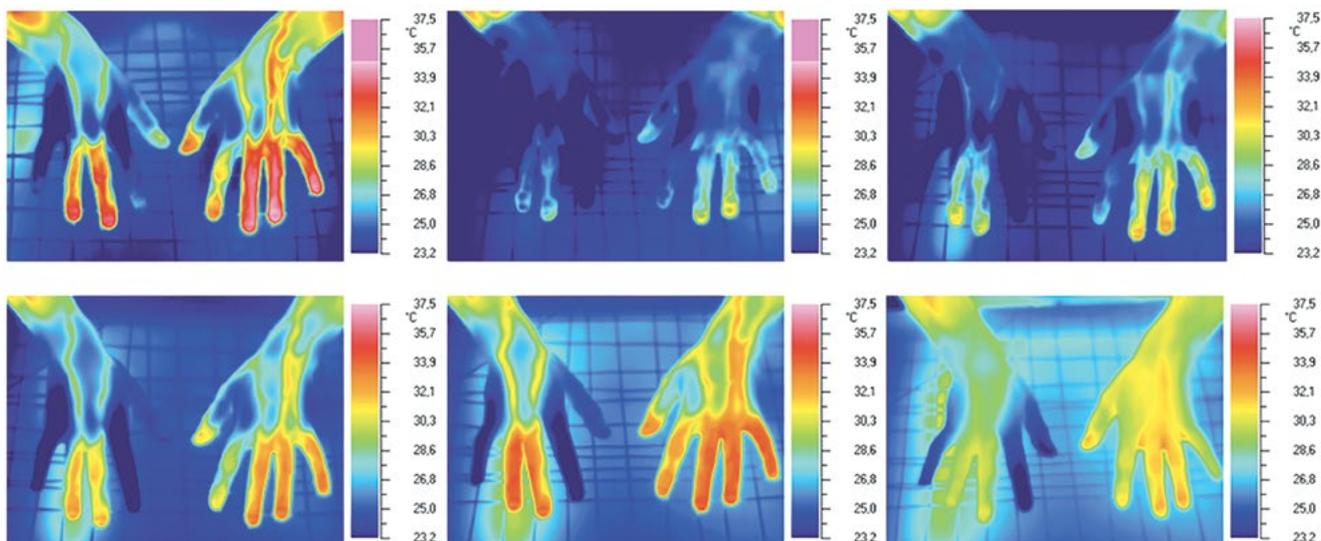


Рисунок 4. Большой Ш., 24 года, диагноз ФР подтвержден капилляроскопией: исходно, 30 с после ХП, 1 мин., 3 мин., 5 мин., 10 мин.

периферическим кровообращением, особенно в случаях отсутствия четкой клинической картины [70]. Авторы выявили значительные различия между первичным и вторичным ФР и акроцианозом (в том числе при системном склерозе) как по исходным ТПВ данным, так и по динамике в фазе разогрева. Тепловидение может помочь врачам избежать сложных диагностических алгоритмов при ФР-подобной симптоматике. Выводы подтвердились и у взрослых.

Динамическая термография как в исследованиях состояния периферического кровообращения у пациентов с ФР, так и для оценки хода лечения большинством авторов считается предпочтительнее по сравнению со статической оценкой [75]. При динамическом тестировании оцениваемыми параметрами являются исходная температура до ХП, температура сразу после нее, максимальная скорость восстановления температуры, время между окончанием ХП и началом согревания, индекс восстановления (соотношение между повышением температуры и ее начальным снижением $\times 100\%$) [67]. В то же время массовых скрининговых обследований и применения машинного обучения по большим базам данных в доступных нам источниках мы не обнаружили.

ПДГ между кончиками пальцев и тылом кисти может применяться для скрининга: как правило, при ФР он отрицательный из-за более низкой температуры пальцев ($\sim 26\text{--}28\text{ }^\circ\text{C}$) по сравнению с тыльной стороной кисти ($\sim 31\text{ }^\circ\text{C}$) в состоянии покоя или после ХП [83]. У пациентов с ФР разогрев рук медленнее, чем в норме: возвращается к исходным значениям в среднем около 35 мин. (в норме через 10 мин. или меньше).

Хорошая корреляция базовых изменений ИК и ЛДФ, обнаруженная у пациентов с первичным ФР и у здоровых людей ($r=0,868$, $p<0,0001$ против $r=0,790$, $p<0,0001$), ослабевала в обеих группах после ХП ($r=0,742$ против $r=0,766$, $p<0,0001$), но корреляция после ХП была статистически значимой среди пациентов с первичным ФР, в отличие от контроля [82]. Высокая корреляция, также уменьшающаяся после ХП в обеих группах, была обнаружена

между ИК и ЛДФ при первичном ФР и у здоровых ($r=0,868$ и $r=0,742$, оба $p<0,0001$). Таким образом, при комнатной температуре ИК может успешно дублировать ЛДФ и заменять ее при выявлении первичного ФР. ХП значительно повышает информативность при вторичном ФР.

Безымянный палец предложен эталоном в исследованиях для определения точки отсечения при скрининге на ФР [37]. Однако В. Chikura et al. показали, что при вторичном ФР с большей вероятностью, чем при первичном, будет вовлечен большой палец. Участие большого пальца является одним из клинических показателей, которые должны предупредить врача о необходимости поиска основного заболевания [38].

В исследовании [66] выбирали самый холодный палец на кистях и определяли разницу температур, вычитая температуру самого холодного пальца кисти из средней температуры ладони. Аналогично на ноге определяли разницу температур, вычитая температуру первого пальца из температуры тыла стопы. На наш взгляд, логика выбора «самого холодного» пальца ограничена предположением отсутствия в анамнезе иных патологий помимо сосудистых, что не всегда верно.

F. Ring описал термографический индекс (ТИ) для ишемии кисти, рассчитанный путем суммирования изотермических областей относительно $24\text{ }^\circ\text{C}$ и выраженный как доля от общей площади измерения [77]. Было обнаружено, что ТИ является эффективным способом измерения небольших изменений с течением времени в ответе на ХП.

Изучена ТПВ реакция на никотинат инозитола у 20 пациентов с ФР, пролеченных в течение 36 недель. Термография показала улучшение в разогреве после охлаждения на 36-й неделе по сравнению с исходным уровнем [78].

Показана возможность саморегуляции периферической кожной микроциркуляции кистей у больных с ФР посредством БОС-тренировки на основе температуры [63]. Однако работы, основанные в том числе на морфологических исследованиях

капиллярного русла в дистальных отделах пальцев, свидетельствуют о зависимости вазоспастических состояний типа ФР от необратимых процессов дегенерации капиллярных структур [10, 67 и др.]. В этом случае БОС-тренировка на поздних стадиях развития ФР едва ли способна улучшить кровоток в пальцах.

При системном склерозе выявлены более низкие скорость восстановления и температурный градиент. Увеличение разницы в температуре ногтевых фаланг на разных пальцах (анизотермия), как исходно, так и после ХП, может быть маркером для дифференциации вторичного от первичного ФР [58]. Достоверность и обоснованность ТПВ оценки ФР у больных с системным склерозом подтверждены в многоцентровом исследовании группы британских ученых [95]. Авторы пришли к выводу, что растущая потребность в надежных критериях оценки результатов клинических испытаний новых лекарств при заболеваниях, связанных с ФР, может быть удовлетворена объективными неинвазивными методами визуализации, обеспечивающими поддержку принятия решения о продолжении или прекращении приема на более ранней фазе исследования. Термография с помощью мобильного телефона — полезный дополнительный инструмент для регулярной быстрой и точной оценки состояния микроциркуляции у таких пациентов.

Торакальная симпатэктомия и вмешательства на сосудах

Клиническая ценность ТПВ данных в контроле состояния гемодиализных шунтов оценена для пациентов, находящихся на диализе или готовящихся к нему. Установлена взаимосвязь между кожной температурой на ладонной стороне кистей и ультразвуковыми характеристиками кровотока через артериовенозную фистулу с качественной клинической оценкой сосудистого обкрадывания сегментов руки, расположенных дистальнее [26]. Выявлены более теплые поверхностные вены в непосредственной близости от открытых свищей, причем разность температур между руками (термоасимметрия — ТА) с областью

свищей коррелировала с параметрами кровотока. Точность методики составила более 90%, что продемонстрировало потенциальную клиническую ценность тепловидения для оценки функции шунтов у почечных пациентов [27].

Максимальная скорость шунтирующего потока наилучшим образом коррелирует с наибольшей ТА, объем шунта — со средней разницей температуры с контралатеральной рукой. Пациенты с полным тромбозом шунта имели достоверно более низкие максимальные температуры в его проекции на поверхности ($33,9 \pm 1,0$ °C), чем артериовенозные фистулы без окклюзии ($36,3 \pm 0,6$ °C) [68]. В исследовании [74] у 8 из 12 пациентов (66,7%) средняя температура кончиков пальцев была значительно ниже на руке с фистулой, что указывало на недостаточность дистальной перфузии. У этих пациентов разница средней температуры между руками составляла $2,7$ °C (от $0,5$ до $9,0$ °C).

В проспективном исследовании на 100 пациентах тепловидение помогло предсказать созревание свищей после установки фистулы [24, 25]: падение температуры кожи дистальнее анастомоза предшествует изменениям его проходимости. ТПВ изображения обеих рук регистрировали до операции и в течение 30 минут после нее, а затем через 6 недель после операции. Тепловидение имело 88% положительную и 86% отрицательную прогностическую ценность при определении первичной проходимости анастомоза, а также 84% положительную и 95% отрицательную прогностическую ценность при определении функционального созревания свища [23]. Портативное ТПВ изображение может быть дополнительным инструментом для прогнозирования раннего отказа фистулы [73].

ТПВ исследования в динамике как оперативного (грудная симпатэктомия или дистальная периартериальная и грудная симпатэктомия в сочетании с ампутацией пальцев), так и консервативного лечения выявили взаимосвязь температурных изменений и способа коррекции микроциркуляции дистальных отделов верхней конечности [19]. При визуализации контура пальцев

на уровне дистальных фаланг возможно консервативное лечение, а при более проксимальной границе патологической гипотермии эффективней артериализация венозного кровотока путем создания артериовенозной фистулы. Таким образом, при тяжелых случаях ФР тепловидение может быть методикой выбора тактики лечения (консервативного или оперативного).

Удаление лучевой артерии для ее использования в аортокоронарном шунтировании изменяет распределение температуры руки, однако не влияет на функцию руки в краткосрочной перспективе [59]. В исследуемой группе из 50 пациентов забор лучевой артерии не вызывал клинически значимых изменений кровоснабжения руки. Выносливость кисти оценивали с помощью 2-минутного теста ее сжимания, и сравнение динамики температуры руки во время теста до и после забора лучевой артерии не выявило достоверных различий. В более позднем исследовании на группе из 158 пациентов оценены эффекты трансрадиального доступа к лучевой артерии, ее эндотелиальная функция и функция кисти, а также отклонения ТПВ характеристик перфузии кисти [69]. Показано, что изменения температуры рук имеют место как при катетеризации, так и без нее, сохраняются и через один месяц после процедуры, вероятно, представляя собой компенсаторный системный ответ на нее.

По динамике микроциркуляции и развитию коллатерального кровотока на предплечье в послеоперационном периоде (через 1 месяц и через 12 месяцев) определяли оптимальный способ удаления лучевой артерии: 1) электрокоагуляция, 2) ультразвуковой скальпель или 3) клипирование и рассечение ножницами. ТПВ признаки восстановления после ХП были лучше в группе 3 через 1 месяц и одинаковы во всех группах через 12 месяцев. В то же время онемение в раннем послеоперационном периоде в группе 3 было меньше, чем в группах 1 и 2 [55].

Измерение температуры на ладонной стороне руки используют для мониторинга торакальной симпатэктомии как варианта лечения гипергидроза [32].

Иссечение симпатических узлов сопровождается повышением температуры рук примерно на 3 °C в течение 35 минут. Через 2–7 дней после операции наблюдалось значительное повышение температуры рук — до 9 °C.

При ТПВ обследовании пациентов за один день до, во время и через два дня после малоинвазивной хирургической симпатэктомии на грудном уровне (ганглии II, III, IV, V) температура кистей начала расти к концу операции (буквально за 2 минуты до 5 °C) и увеличивалась на 2-е сутки после операции на несколько градусов (от $3,4$ до $9,2$ °C). Максимальный эффект (как в отношении роста температуры, так и снижения потливости) наблюдали при экстирпации II ганглия, минимальный — V ганглия. В отдаленном послеоперационном периоде распределение температуры тела у всех пациентов было близким к норме [52].

Наши данные по динамике термотопографии дистальных отделов нижних конечностей после поясничной симпатэктомии несколько отличались от приведенных выше (так, в ходе операции на подошве стопы со стороны вмешательства наблюдали подъем температуры на $1,5$ – 3 °C не ранее, чем через 10–15 минут после экстирпации ганглия), а эффект успешной симпатэктомии держался до месяца и более [3]. Возможно, это связано с уровнем (грудной или поясничной). ТПВ карта конечностей, зарегистрированная до и после операций симпатэктомии (при грудном уровне — на верхних, а при поясничном — на нижних конечностях), по мнению [89], может объяснить многие процессы, связанные с патологией функционирования вегетативной нервной системы.

ИШЕМИЧЕСКАЯ БОЛЕЗНЬ СЕРДЦА

ТПВ признаком нарушения коронарного кровообращения у кардиологических больных является характерное изменение термограмм в виде снижения ИК излучения в дистальных отделах левой руки (нижняя треть предплечья, пальцы рук), обусловленное взаимосвязанностью симпатической иннервации сердца

и рук, отходящей именно от левого пограничного ствола нерва [15]. Эти данные автор рассматривает как проявление раздражения вегетативных образований шейно-грудного отдела симпатического ствола слева с формированием специфических особенностей периферического кровообращения, проявляющихся в ТПВ изображении в виде ТА. При ХП (левая рука, вода температурой 6–8 °С, 1 минута) о компенсации кровообращения судили по исходной симметричности ИК излучения рук, конвекционному типу восстановления и парасимпатической регуляции, определявшейся по данным variability сердечного ритма до и после ХП. Гипотермия предплечья и пальцев левой руки и кондуктивный тип восстановления (от более теплых зон со стороны предплечья к кисти) при повышенной симпатической активности и равновесии отделов вегетативной регуляции сердечного ритма после ХП свидетельствовали о торпидности компенсаторных сосудистых реакций и служили основанием для углубленного обследования по поводу ишемической болезни сердца (ИБС) [76].

Изменения теплового рельефа в области сердца, левого предплечья и пальцев левой кисти в виде гипотермии, выявляемые тепловидением при ИБС, отражают характер и степень нарушений коронарного кровотока, что подтверждается данными электрокардиографии и динамикой в ходе лечения [12]. Наиболее распространенным ТПВ признаком ИБС считается ТА на кистях, и в ряде случаев термография дистальных отделов верхних конечностей при коронарной патологии даже более информативна, чем в области сердца [13, 14]. Кроме того, при ИБС с выраженной гиперлипидемией изменения температурного рельефа верхних и нижних конечностей более выраженные, то есть чем глубже нарушения липидного обмена, тем в большей степени нарушается нормальная ТПВ картина конечностей [6].

Диагностические возможности тепловидения возрастают при сочетании метода с фармакологическими пробами. Разработана методика, позволяющая с помощью ТПВ ис-

следования верхних конечностей в сочетании с математическим анализом variability сердечного ритма определять клиническую эффективность нитратов, в частности наличие вазодилатации в ответ на сублингвальный прием нитроглицерина у больных ИБС [16].

Сосудистая дисфункция, выявляемая с помощью тепловидения в ходе пробы реактивной гиперемии после 2-минутной окклюзии плечевой артерии, коррелирует с тяжестью ИБС, определяемой по содержанию кальция в коронарной артерии у бессимптомных пациентов [22]. Степень нарушения перфузии миокарда, измеренная с помощью 64-срезовой мультidetекторной компьютерной томографии и характеризующаяся повышением показателей по суммарной шкале стресса [23] и шкале риска Фрамингема [53], также коррелирует с неполным восстановлением температуры на кончиках пальцев после окклюзионной пробы, при этом не зависит от возраста, пола и иных факторов сердечного риска [24].

Продемонстрирована возможность оценки риска кардиоваскулярной патологии по ТА ладонных поверхностей кистей [87]. Статистически значимая ТА, коррелировавшая с наличием сердечно-сосудистой патологии, обнаружена в руке ($P < 0,001$) и височных областях ($P < 0,05$). ТА кистей рук соответствовала лево-правой асимметрии АД и хорошо коррелировала с параметрами «общий холестерин (ОХ)» и «липопротеины высокой плотности (ЛПВП)», указывая на возможное наличие стеноза. Этот параметр может быть ранним диагностическим признаком при заболеваниях периферических артерий и, следовательно, полезным инструментом скрининга для прогнозирования сердечно-сосудистых заболеваний [88]. Прогностическая способность ТПВ измерений составила 60%, показав значения чувствительности и специфичности 79 и 83% для ОХ и 78 и 81% для ЛПВП соответственно.

Оригинальные методики функционального ТПВ исследования кистей рук предложены для оценки риска кардиоваскулярных заболеваний [45, 60, 61, 64], а также для оцен-

ки токсичности циклоспорина после трансплантации сердца [46].

ДРУГИЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ

Изучение прогностической ценности динамики температуры кистей рук после 2-минутной окклюзии плечевой артерии с помощью манжеты предпринято у 25 пациентов, которые лечились в отделении анестезиологии и реанимации с диагнозом геморрагический шок [91]. Исходные термометрические и абсолютные температурные значения на пальцах и ладонях у этих больных и у здоровых добровольцев были практически одинаковыми. Динамика температуры различалась у выживших и не выживших в результате пациентов: через 1–1,5 минуты после восстановления перфузии в плечевой артерии у здоровых субъектов и выживших пациентов отмечалось повышение температуры и восстановление исходного характера ее распределения, в то время как у не выживших наблюдалось снижение температуры и расширение области низкотемпературных изотерм. Разработанная методика оценки динамики температуры кисти предложена авторами для прогнозирования выживаемости пациентов в условиях «геморрагического шока».

Показано, что тепловидение может стать ценным дополнительным инструментом в диагностике вторичной лимфедемы [42, 72]. Авторы сравнивали температурное распределение на левой и правой верхних конечностях у женщин после мастэктомии с аксиллярной диссекцией. Температура на не оперированной стороне обычно выше, чем на противоположной. Разнице средних температур поверхности обеих конечностей соответствовала достоверность различий на уровне $p = 0,04$, при этом отрицательный коэффициент корреляции Спирмена ($-0,34$) наблюдался между выраженностью вторичной лимфедемы и кожной температурой.

Первое сообщение о применении тепловидения в комплексе методов в исследовании при синдроме Клиппеля — Треноне — Вебера (КТWS) на руке сделано в [65]. Мультимодальная визуализация, включающая тепловидение, позволила

уточнить симптоматику, связанную с венозной и лимфатической мальформацией и гипертрофией тканей пораженной руки.

Методика непрерывного ТПВ мониторинга разработана для изучения влияния инфузии вазоактивных средств на периферический кровоток при серповидноклеточной анемии (SCD), сопровождающейся сосудистыми дисфункциями [51]. Исходная температура кожи предплечья и тыла кисти значительно коррелировала с исходным кровотоком в предплечье ($r=0,58$, $p=0,003$) и, по-видимому, может считаться биомаркером функции сосудов, предсказывающим ответ кровотока на вазоактивные препараты и независимо связанным с давлением в легочной артерии, диастолическим АД, уровнем гемоглобина, гомоцистеином и холестерином. ИК визуализация стимулированного агонистом кожного кровотока представляет собой более удобную альтернативу плевтизографии. Таким образом, данная ТПВ методика может быть полезным маркером риска легочной гипертензии и инсульта у больных с SCD.

Список литературы / Reference

- Бобров М. И., Живцов О. П., Самойлов Д. В. и др. Высокие ампутации нижних конечностей // Раны и раневые инфекции. Журнал им. Б. М. Костюченко. 2019; 6(3):6–23. DOI: 10.25199/2408-9613-2019-6-3-6-23
- Bobrov M. I., Zhivtsov O. P., Samoilov D. V. and other High amputations of the lower extremities // Wounds and wound infections. Journal them. B. M. Kostyuchenko. 2019; 6 (3): 6–23. DOI: 10.25199/2408-9613-2019-6-3-6-23
- Воловик М. Г., Долгов И. М. Термопотография кистей рук здорового человека как основа для тепловизионной диагностики (нарративный обзор) // Медицинский алфавит. 2020;(32):62–68. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-62-68>
- Volovik M. G., Dolgov I. M. Thermopography of the hands of a healthy person as a basis for thermal imaging diagnostics (narrative review) // Medical alphabet. 2020; (32): 62–68. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-32-62-68>
- Воловик М. Г., Кудыкин М. Н., Бобров М. И. Контроль эффективности поясничной симпатэктомии у больных с синдромом диабетической стопы с помощью тепловидения // Труды X Междунар. конф. «Прикладная оптика-2012». СПб, 15–20 октября 2012. Т. 3. С. 179–182.
- Volovik M. G., Kudykin M. N., Bobrov M. I. Monitoring the effectiveness of lumbar sympathectomy in patients with diabetic foot syndrome using thermal imaging // Proceedings of the X Intern. conf. «Applied Optics-2012». SPb, October 15–20, 2012. Vol. 3. Vol. 3. Pp. 179–182.
- Выховская А. Г., Беличенко И. А., Тимашов А. М. Клинико-патофизиологические данные при болезни Рейно // Клин. мед. 1971, № 3, С. 108–116.
- Vykhovskaya A. G., Belichenko I. A., Timashov A. M. Clinical and pathophysiological data in Raynaud's disease // Klin. honey. 1971, No. 3, S. 108–116.
- Долгов И. М., Воловик М. Г. Проксимально-дистальный температурный градиент на кистях рук как тепловизионный признак нарушения углеводного обмена. Варианты, перспективы применения // Медицинский алфавит. 2020;(25):48–52. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-25-48-52>
- Dolgov I. M., Volovik M. G. Proximal-distal temperature gradient on the hands as a thermal imaging sign of impaired carbohydrate metabolism. Variants, application prospects // Medical alphabet. 2020; (25): 48–52. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-25-48-52>
- Иванов С. П. Тепловидение как метод оценки состояния микроциркуляции при гиперлипидемиях и ишемической болезни сердца // ТЕМП-88: Тез. докл. на IV Всесоюз. конф. «Тепловизионная медицинская аппаратура и практика ее применения — ТЕМП-88». Л., 1988. Ч. 1. С. 167–168.
- Ivanov S. P. Thermal imaging as a method for assessing the state of microcirculation in hyperlipidemia and coronary heart disease // TEMP-88: Abstracts. report at the IV All-Union. conf. «Thermal imaging medical equipment and practice of its application — TEMP-88». L., 1988. Part 1. S.167–168
- Клиническая доплерография окклюзирующих поражений артерий мозга и конечностей. Учебно-методическое руководство. Под ред. Е. Б. Куперберга. М.: НИЦСХ РАМН им. А. Н. Бакулева, 1997. 106 с.
- Clinical Doppler ultrasonography of occlusive lesions of the arteries of the brain and extremities. Educational and methodical guidance. Ed. E. B. Cooperberg. Moscow: NTSSSKh RAMS im. A. N. Bakuleva, 1997. 106 p.
- Колесов С. Н. Тепловизионная диагностика болезни и синдрома Рейно // Функциональная диагностика, 2010, № 2, С. 50–57.
- Kolesov S. N. Thermal imaging diagnostics of Raynaud's disease and syndrome // Functional diagnostics, 2010, No. 2, pp. 50–57.
- Колесов С. Н. Тепловизионная диагностика синдрома Рейно и его стадий // Оптический журнал, 2015. Т. 82, № 7. С. 103–113. DOI: 10.1364/JOT.82.000478.
- Kolesov S. N. Thermal imaging diagnostics of Raynaud's syndrome and its stages // Optical Journal, 2015. T. 82, No. 7. P. 103–113. DOI: 10.1364/JOT.82.000478.
- Колесов С. Н. Термосемиотика различных этиопатогенетических форм синдрома Рейно // Медицинский алфавит; 2018. Т. 4, № 36 (373). С. 49–57.
- Kolesov S. N. Thermosemiotics of various etiopathogenetic forms of Raynaud's syndrome // Medical alphabet; 2018. Vol. 4, No. 36 (373). S. 49–57.
- Колесов С. Н. Термосемиотика феномена Рейно при желудочно-кишечной патологии у детей // Медицинский алфавит Т. 8 (383) 2019, с. 51–57. DOI: 10.33667/2078-5631-2019-1-8(383)-51–57
- Kolesov S. N. Thermosemiotics of Raynaud's phenomenon in gastrointestinal pathology in children // Medical alphabet T. 8 (383) 2019, p. 51–57. DOI: 10.33667/2078-5631-2019-1-8 (383) –51–57
- Мельникова В. П., Козлов О. Л., Ларионова В. П. и др. Диагностические возможности метода тепловидения в кардиологии // Междунар. конф. «Прикладная оптика-96»: Тез. докл. на заседании «Тепловизионная медицинская аппаратура и практика ее применения — ТЕМП-96». СПб., 1996. С. 78–79.
- Melnikova V. P., Kozlov O. L., Larioanova V. P. et al. Diagnostic capabilities of the thermal imaging method in cardiology // Mezhdunar. conf. «Applied Optics-96»: Abstracts. report at the meeting «Thermal imaging medical equipment and the practice of its use — TEMP-96». SPb., 1996. S. 78–79.
- Миролюбова О. А., Парыгин А. А. Особенности термографической картины при артериальной гипертензии и ишемической болезни сердца. // ТЕМП-85: Тез. докл. на Всесоюз. конф. «Тепл. мед. аппаратура и практика ее применения — ТЕМП-85». Л., 1985. С. 213–215.
- Mirolyubova O. A., Parygin A. A. Features of the thermographic picture in arterial hypertension and coronary heart disease. // TEMP-85: Abstracts. report at the All-Union. conf. «Warm. honey. equipment and practice of its application — «TEMP-85». L., 1985. S. 213–215.
- Орлов Г. А., Попов В. А. Ишемия миокарда и реакция сосудов верхних конечностей (анализ инфракрасного излучения) // Кардиология, 1981; 21(1):96–97.
- Orlov G. A., Popov V. A. Myocardial ischemia and vascular reaction of the upper extremities (analysis of infrared radiation) // Cardiology, 1981; 21 (1): 96–97.
- Попова Н. В. Диагностические возможности тепловидения при соматической патологии. Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Архангельск, 1997. 16 с.
- Popova N. V. Diagnostic capabilities of thermal imaging in somatic pathology. Abstract of thesis. diss ... Cand. honey. sciences. Arkhangelsk, 1997. 16 p.
- Попова Н. В., Попов В. А. Способ определения сосудорасширяющей реакции нитроглицерина у больных ишемической болезнью сердца. Патент РФ № 2444278 от 27.03.2012. Приоритет от 07.06.2010.
- Popova N. V., Popov V. A. Method for determining the vasodilating reaction of nitroglycerin in patients with coronary heart disease. RF patent No. 2444278 dated March 27, 2012. Priority from 07.06.2010.
- Ставоровский К. М. Автоматическая диагностика и анализ термограмм в медицинской практике // Биомедицинские приборы и системы. 2014. С. 47–55.
- Stavorovsky K. M. Automatic diagnostics and analysis of thermograms in medical practice // Biomedical devices and systems. 2014. S. 47–55.
- Угодчикова Е. В., Колесов С. Н., Кошечкин С. В. Способ определения границ нежизнеспособных тканей при травме дистального отдела конечности. Приор. справка 4061099 от 22.04.1986. Авт. свидетельство СССР № 1377024 от 01.11.1987.
- Ugodchikova E. V., Kolesov S. N., Koshechkin S. V. A method for determining the boundaries of non-viable tissues in trauma of the distal limb. Prior. Help 4061099 dated 04/22/1986. Auth. certificate of the USSR No. 1377024 dated 01.11.1987.
- Яровенко Г. В., Новожилов А. В. Термографическое обследование пациентов с патологией артерий верхних конечностей // Регионарное кровообращение и микроциркуляция 2018; 17(4): 46–50.
- Yarovenko G. V., Novozhilov A. V. Thermographic examination of patients with pathology of the arteries of the upper extremities // Regional blood circulation and microcirculation 2018; 17 (4): 46–50.
- Ahmadi N., Hajsadeghi F., Gul K. et al. Relations between digital thermal monitoring of vascular function, the Framingham risk

- score, and coronary artery calcium score // *Journal of Cardiovascular Computed Tomography*, 2008, 2 (6): 382–388. Doi: 10.1016/j.jcct.2008.09.001
21. Ahmadi N., Nabhavi V., Nuguri V. et al. Low fingertip temperature rebound measured by digital thermal monitoring strongly correlates with the presence and extent of coronary artery disease diagnosed by 64-slice multi-detector computed tomography // *International Journal of Cardiovascular Imaging*, 2009, vol. 25, no. 7, pp. 725–738.
 22. Ahmadi N., Usman N., Shim J. et al. Vascular dysfunction measured by fingertip thermal monitoring is associated with the extent of myocardial perfusion defect // *Journal of Nuclear Cardiology*, 2009, vol. 16, no. 3, pp. 431–439. doi: 10.1007/s12350-008-9044-y
 23. Al Shakarchi J., Inston N., Dabare D. et al. Pilot study on the use of infrared thermal imaging to predict infrainguinal bypass outcome in the immediate post-operative period // *Vascular*, 2019;27(6):663–667. doi:10.1177/1708538119847391
 24. Al Shakarchi J., Mellor S., Inston N. The novel use of infrared thermal imaging as an adjunct for the management of haemodialysis access induced distal ischaemia // *J Vasc Access*. 2016;17(4): e70-e72. doi:10.5301/jva.5000524
 25. Al Shakarchi J., Hodson J., Field M. et al. Novel use of infrared thermal imaging to predict arteriovenous fistula patency and maturation // *J Vasc Access*. 2017;18:313–318. doi:10.5301/jva.5000729
 26. Allen J., Oates C. P., Chishti A. D. et al. Thermography and colour duplex ultrasound assessments of arterio-venous fistula function in renal patients // *Physiol. Meas.* (2006) 27: 51–60. doi:10.1088/0967-3334/27/1/005
 27. Allen J., Oates C., Talbot D. Thermal imaging and its potential for arterio-venous fistula function assessment. In: *Infrared Imaging. A casebook in clinical medicine*. IOP Publishing, September 2015 (Editors: Francis Ring, Anna Jung, Janusz Zuber). Chapter 21, pp. 21–1 to 21–4. DOI: 10.1088/978-0-7503-1143-4ch21
 28. Ammer K. Diagnosis of Raynaud's phenomenon by thermography // *Ski Res Technol*. 1996;2(4):182–185. doi: 10.1111/j.1600-0846.1996.tb00148.x
 29. Ammer K. Temperature readings from thermal images are less dependent on the number of pixels of the measurement area than on variation of room temperature // *Thermol Int*. 2005;15(4):131–133.
 30. Ammer K. (a) Che gelida manina — What a cold tiny hand // *Thermol Int*. July 2010;20(3):85–86.
 31. Ammer K. (b) Temperature gradients in Raynaud's phenomenon. Comparison by gender, age class and finger involvement // *Thermol Int*. 2010;20:100.
 32. Ammer K. Temperature measurements and thermography of the palmar surface of the human hand — An overview // *Thermol Int*. 2016;26(4):107–116.
 33. Anderson M. E., Moore T. L., Lunt M., Herrick A. L. The "distal-dorsal difference": a thermographic parameter by which to differentiate between primary and secondary Raynaud's phenomenon // *Rheumatology (Oxford)*. March 2007 V. 46, Is. 3, P. 533–538. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/kei330>
 34. Bagavathiappan S., Saravanan T., Philip J. et al. Infrared thermal imaging for detection of peripheral vascular disorders // *Journal of medical physics / Association of Medical Physicists of India*. 2009; 34(1):43–47. doi: 10.4103/0971-6203.48720
 35. Bagby R. J., Cooper R. D. Angiography in Ergotism // *Am J Roentgenology*. 1972;116(1):179–186.
 36. Bovenzi M. Digital arterial responsiveness to cold in healthy men, vibration white finger and primary Raynaud's phenomenon // *Scand J Work Environ Health*, 1993;19:271–276. DOI: 10.5271/sjweh.1474
 37. Campos M. F., Heimbecher C. T., Romaneli E. F. R. et al. Comparison between thermal recovery in women with Raynaud's Phenomenon and not diagnosed women using thermography // *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2018:3886–3889. doi: 10.1109/EMBC.2018.8513367
 38. Chikura B., Moore T., Manning J. et al. Thumb Involvement in Raynaud's Phenomenon as an Indicator of Underlying Connective Tissue Disease // *J Rheumatol*. 2010 Apr; 37(4):783–786. doi: 10.3899/jrheum.091117
 39. Chojnowski M. Infrared thermal imaging in connective tissue diseases // *Reumatologia*. 2017;55(1):38.
 40. Clark S., Hollis S., Campbell F. et al. The 'Distal-Dorsal Difference' as a Possible Predictor of Secondary Raynaud's Phenomenon // *J Rheumatol* 1999, 26:1125–1128. doi: 10.5114/reum.2017.66686
 41. Cleophas T. J., Fennis J. F., van' tLaar A. Finger temperature after a finger-cooling test: influence of air temperature and smoking // *J Appl Physiol.*, 1982, 52: 1167–1171. doi: 10.1152/jappl.1982.52.5.1167
 42. Dębiec-Bąk A., Skrzek A., Wozniowski M., Malicka I. Using Thermography in the Diagnostics of Lymphedema: Pilot Study // *Lymphatic Research and Biology* November 2019;18(3). DOI: 10.1089/lrb.2019.0002
 43. Dinsdale G., Herrick A. L. Vascular diagnostics for Raynaud's phenomenon // *J. Vasc. Diagn*. 2, 127–139 (2014). <https://doi.org/10.2147/JVD.S52943>
 44. Doesburg F., Smit J. M., Paans W. et al. Use of infrared thermography in the detection of superficial phlebitis in adult intensive care unit patients: A prospective single-center observational study // *PLoS ONE*, March 2019, 14(3): e0213754. 10 pp. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213754>
 45. dos Santos E. B., Bianco H. T., Brioschi M. L. Thermography in Assessing Cardiovascular Risk // *Pan American Journal of Medical Thermology* 2015; 2 (1): 23–25.
 46. Doutréleau S., Gautherie M., Lonsdorfer E. et al. Usefulness of finger thermography to assess cyclosporine toxicity after heart transplantation // *Transplant Proc*. 2001; 33(7–8):3318–3319. doi: 10.1016/s0041-1345(01)02430-7
 47. Foerster J., Kuerth A., Niederstrasser E. et al. A cold-response index for the assessment of Raynaud's phenomenon // *J of Dermatol Sci*. 2007;45:113–120. <https://doi.org/10.1016/j.jdermsci.2006.11.006>
 48. Foerster J., Wittstock S., Fleischanderl S. et al. Infrared-monitored cold response in the assessment of Raynaud's phenomenon // *Clin Exp Dermatol*. 2006 Jan;31(1):6–12. doi: 10.1111/j.1365-2230.2005.01995.x
 49. Fonseca C., Abraham D., Ponticos M. Neuronal regulators and vascular dysfunction in Raynaud's phenomenon and systemic sclerosis // *Curr Vasc Pharmacol*. 2009, 7:34–39. *Clin Exp Dermatol*. 2006 Jan;31(1):6–12. doi: 10.1111/j.1365-2230.2005.01995.x
 50. Goodfield M. J. D., Hume A., Rowell N. R. The Acute Effects of Cigarette Smoking on Cutaneous Blood Flow In Smoking and Non-Smoking Subjects With and Without Raynaud's Phenomenon // *Rheumatology*. 1990;29:89–91. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/29.2.89>
 51. Gorbach A. M., Ackerman H. C., Liu W.-M. et al. Infrared imaging of nitric oxide-mediated blood flow in human sickle cell disease // *Microvascular Research*, 2012;84:262–269. Doi: 10.1016/j.mvr.2012.06.011
 52. Gozdzik K., Baranowski P., Mazurek W. et al. Application of the thermography in surgical curing of hand over sweating // 9 International Conference on Quantitative InfraRed Thermography (QIRT-2008), July 2–5, 2008, Krakow — Poland. 6 pp. DOI:10.21611/qirt.2008.03_02_17
 53. Gul K. M., Ahmadi N., Wang Z. et al. Digital thermal monitoring of vascular function: a novel tool to improve cardiovascular risk assessment // *Vasc Med*. 2009 May;14(2):143–8. doi: 10.1177/1358863X08098850
 54. Hardwicke J., Tittley O. Thermographic Assessment of a Vascular Malformation of the Hand: A New Imaging Modality // *Journal of Clinical Imaging Science* 2016; 6(1), art no 9. Available FREE in open access from: <http://www.clinicalimagingscience.org/text.asp?2016/6/1/9/179414>
 55. Hata M., Shiono M., Sezai A. et al. Determining the best procedure for radial artery harvest: Prospective randomized trial for early postharvest complications // *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, Volume 129, Issue 4, April 2005, P. 885–889. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2004.09.009>
 56. Heerma van Voss S. F. C. Thermographic differentiation of vascular diseases of the arms. In: *Medical Thermography // Proc. of Boerhaave Course for Postgrad. Med. Education*, Leiden, 1968. *Bibl. Radiol.*, No5, 143–151 (Karger, Basemew York) 1969. PMID: 5762018
 57. Heimbecher T., de Campos M. F., Ulbricht L. Termografia aplicada na identificação do fenômeno de Raynaud // V Congresso Brasileiro de Eletromiografia e Cinesilogia / X Simpósio de Engenharia Biomédica. January 2018. 4 pp. DOI: 10.29327/cobecseb.78811 [in Portuguese]
 58. Horikoshi M., Inokuma S., Kijima Y. et al. Thermal disparity between fingers after cold-water immersion of hands: A useful indicator of disturbed peripheral circulation in Raynaud phenomenon patients // *Intern Med* 2016;55:461–466. doi: 10.2169/internalmecine.55.5218
 59. Jaworski L., Siondalski P., Jarmoszewicz K., Rogowski J. Arm temperature distribution in thermographic pictures after radial artery harvesting for coronary bypass operation // *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2007, 6 (5), 598–602. doi: 10.1510/iccvt.2007.151795
 60. Jayanthi T., Anburajan M., Menaka M., Venkatraman B. Potential of thermal imaging as a tool for prediction of cardiovascular disease // *J Med Phys* 2014, 39:98–105.
 61. Jayanthi T., Anburajan M. Model-based computer-aided method for diagnosis of cardiovascular disease using IR thermogram // *Biomed. Res*. 2019, 30, doi:10.35841/biomedicalresearch.30-19-004.
 62. Juha T., Kyosti A., Myllyla V. Asymmetrical skin temperature in Ischemic Stroke // *Stroke*. 1995;1543–1547. doi: 10.1161/01.str.26.9.1543
 63. Keefe F. J., Surwit R. S., Pilon R. N. Biofeedback, autogenic training, and progressive relaxation in the treatment of Raynaud's disease: a comparative study // *J Appl Behav Anal*. (1980) 13:3–11. doi:10.1901/jaba.1980.13-3
 64. Khawar M., Naser A., Zhiying W. et al. Digital thermal monitoring of vascular functions novel tool to improve cardiovascular risk assessment // *Vascular Medicine*. 2009, V.14, P. 143–148. doi: 10.1177/1358863X08098850
 65. Kim S. W., Song H. Multimodal Imaging in Klippel-Trenaunay-Weber Syndrome: Clinical Photography, Computed Tomoangiography, Infrared Thermography and 99mTc-Phytate

- Lymphoscintigraphy // *Clinical nuclear medicine* 2017, 42 (12): 976–977. doi: 10.1097/RLU.0000000000001875
66. Lim M. J., Kwon S. R., Jung K. H., et al. Digital thermography of the fingers and toes in Raynaud's phenomenon // *Journal of Korean Medical Science* 2014; 29 (4): 502–506. DOI: 10.3346/jkms.2014.29.4.502
 67. Lis-Świąty A. Recent advances in the workup and management of Raynaud phenomenon // *Polskie archiwum medycyny wewnętrznej*, October 2019, 129(11). DOI: 10.20452/pamw.15008
 68. Maca T., Schmaldienst S., Atteneder M. et al. Infrared thermography for control of hemodialysis shunts // *Proceedings of the 19th Annual International Conference of the IEEE, 30 Oct-2 Nov 1997, Volume 2, P. 621–624*. DOI: 10.1109/IEEMBS.1997.757687
 69. Maki K. A., Griza D. S., Phillips S. A. et al. Altered Hand Temperatures Following Transradial Cardiac Catheterization: A Thermography Study // *Cardiovascular Revascularization Medicine* 2019; 20 (6): 496–502. doi: 10.1016/j.carrev.2018.07.024
 70. Martini G., Cappella M., Culpo R. et al. Infrared thermography in children: A reliable tool for differential diagnosis of peripheral microvascular dysfunction and Raynaud's phenomenon? // *Pediatric Rheumatology* 2019; 17 (1), art. no. 68. DOI: 10.1186/s12969-019-0371-0
 71. Merla A., Di Donato L., Farina G. et al. Study of Raynaud's phenomenon by means of infrared functional imaging // *23rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, October 25–28, 2001, Istanbul, Turkey, 2001*. DOI: 10.1109/IEEMBS.2001.1017382
 72. Nica S., Meiu L., Mitoiu B., Moise M. Case report — Thermographic evaluation of a patient with lymphedema of the upper limb, after mastectomy (extended abstract) // *Thermology International* 2015, 25 (3): 134.
 73. Niyyar V. D., Lok C. E. A Patient with Hemodialysis Access Problems // *Clin J Am Soc Nephrol*. 2018; 13(9):1410–1412. doi: 10.2215/CJN.02610218
 74. Novljan G., Rus R. R., Koren-Jeverica A. et al. Detection of dialysis access induced limb ischemia by infrared thermography in children // *Therapeutic Apheresis and Dialysis*. 2011 Jun; 15(3):298–305. doi: 10.1111/j.1744-9987.2011.00955.x
 75. Ogorevc J., Pusnik I., Gersak G. et al. Termovizija v medicini Thermal imaging in medicine // *Zdravniški vestnik*. November 2015. 84: 757–770. URN: NBN: SI: DOC-19463MZC [in Slovenian]
 76. Popova N. V., Popov V. A. Thermal vision and the variability of cardiac rhythm in evaluating the vascular reactions of the hands in patients with ischemic heart disease // *Journal of Optical Technology*, 2013;80(6): 382–385. <https://doi.org/10.1364/JOT.80.000382>
 77. Ring E. F. A thermographic index for the assessment of ischemia // *Acta Thermographica*, 1980, 535–538.
 78. Ring E. F., Porto L. O., Bacon P. A. Quantitative thermal imaging to assess inositol nicotinate treatment for Raynaud's syndrome // *J Int Med Res*. 1981, 9393–9400. doi: 10.1177/030006058100900601
 79. Robb L. G. Severe vasospasm following ergot administration // *West J Med*. 1975;123:231–235. PMID: 1162985
 80. Robins B., Bernstein A. Comparative studies of digital plethysmography and infrared thermography in peripheral vascular disease // *Angiology*. 1970;21(5):349–354. doi:10.1177/000331977002100510
 81. Scharfemuller T., Ammer K. Zervikaler Diskusprolaps, Thoracic Outlet Syndrom oder periphere arterielle Verschlusskrankheit — ein Fallbericht // *European Journal of Thermology* 1997;7 (3)146–150. [in German]
 82. Schlager O., Gschwandtner M. E., Herberg K. et al. Correlation of infrared thermography and skin perfusion in Raynaud patients and in healthy controls // *Microvasc Res [Internet]*. Elsevier Inc.; 2010;80(1):54–57. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mvr.2010.01.010>
 83. Scolnik M., Vasta B., Hart D. J. et al. Symptoms of Raynaud's phenomenon (RP) in fibromyalgia syndrome are similar to those reported in primary RP despite differences in objective assessment of digital microvascular function and morphology // *Rheumatol Int*. 2016;36(10):1371–1377. doi: 10.1007/s00296-016-3483-6
 84. Siniewicz K., Wiecek B., Basczynski J., Zwolenik S. Use of Thermal Imaging in Children with Orthostatic Cardiovascular Disorders: A New Method of Diagnosis // *Thermol Int*. 2001, 11(4):168–175.
 85. Sousa E., Vardasca R., Teixeira S. et al. A review on the application of medical infrared thermal imaging in hands // *Infrared Phys Technol*. 2017;85:315–323. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2017.07.020>
 86. Szentkuti A., Kavanagh H. S., Grazio S. Infrared thermography and image analysis for biomedical use // *Period. Biol*. 2011. 113 (4): 385–392.
 87. Thiruvengadam J., Anburajan M., Menaka M., Venkatraman B. Potential of thermal imaging as a tool for prediction of cardiovascular disease // *Journal of Medical Physics*. 2014;39(2):98–105. doi: 10.4103/0971–6203.131283
 88. Thiruvengadam J., Mariamichael A. A preliminary study for the assessment of hypertension using static and dynamic IR thermograms // *Biomed. Eng./Biomed. Tech*. 2018, 63, 197–206. doi: 10.1515/bmt-2016-0237
 89. Tsai J. C., Lim K. B., Lin S. Y., Kao M. C. Thermographic study of palmar and facial skin temperature of hyperhidrosis patients before and after thoracic sympathectomy // *J Formos Med Assoc*. Jun 2000;99(6):466–471. PMID: 10925552
 90. Urakov A. L., Ammer K., Urakova N. A. et al. Infrared Thermography Can Discriminate the Cause of Skin Discolorations // *Thermol Intern*. 2015, 25(4) 209–215.
 91. Urakov A. L., Kasatkin 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 // *Thermol Intern*. February 2014;24(1):5–10.
 92. Urakov A. L., Urakova N. A., Chernova L. V. et al. Infrared thermography forearm skin in places intradermal injections of blood or solutions of drugs before and after the appearance of the bruise // *Thermol Intern*. 2015; 25 (2): 66–67.
 93. Volovik M. G., Kolesov S. N. The basis for choosing functional tests in medical thermal vision (using an alcohol test as an example) // *Journal of Optical Technology*, 2015;82(7):445–454. DOI 10.1364/JOT.82.000445
 94. Weill F., Agache P., Bidard de la Noe A. M. et al. Sémiologie thermographique des affections vasculaires des extrémités supérieures // *Sem Hop*. 1971;47(19):1230–1238. PMID: 4325523 [in French]
 95. Wilkinson J. D., Legget S. A., Marjanovic E. J. et al. A multicentre study of validity and reliability of responses to hand cold challenge as measured by laser speckle contrast imaging and thermography: outcome measures for systemic sclerosis-related Raynaud's phenomenon // *Arthritis Rheumatol*. 2018; 70(6):903–911. doi: 10.1002/art.40457

Статья поступила / Received 16.02.21
Поступила после рецензирования / Revised 17.02.21
Принята в печать / Accepted 18.02.21

Сведения об авторах

М. Г. Воловик^{1,3}
И. М. Долгов^{2,3}

¹ ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения России, г. Нижний Новгород;
² Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства России
³ ООО «Дигносис», г. Москва

Автор для переписки: И. М. Долгов. E-mail: dolgov@dignosis.com

About authors

M. G. Volovik^{1,3}
I. M. Dolgov^{2,3}

¹ Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod
² Federal Scientific and Clinical Center of Sport Medicine Federal Medical and Biological Agency, Moscow
³ LLO 'Dignosis', Moscow

Corresponding author: I. M. Dolgov. E-mail: dolgov@dignosis.com

Для цитирования: Воловик М. Г., Долгов И. М. Термосемиотика кистей рук. Сообщение 2. Термопография кистей при патологии сосудов верхних конечностей, синдроме Рейно, торакальной симпатэктоми, ишемической болезни сердца и ряде других заболеваний. Медицинский алфавит. 2021;(5):62–70. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-5-62-70>

For citation: Volovik M. G., Dolgov I. M. Thermosemiotics of the hands. Report 2. Thermal patterns of the hands in patients with upper limbs vascular disorders, Raynaud's phenomenon, after thoracic sympathectomy, in ischemic heart disease and a number of other diseases. Medical alphabet. 2021;(5):62–70. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-5-62-70>

