

УДК 616.12-008.31-073.7: 616.12-005.4

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВИДЕНИЯ И ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСУДИСТЫХ РЕАКЦИЙ РУК У БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА

Попова Н.В., Попов В.А., Гудков А.Б.

*ГБОУ ВПО «Северный государственный медицинский университет» Минздравсоцразвития России, Архангельск, e-mail: mice2311@atnet.ru*

С целью отбора лиц для медицинского обследования при коронарной патологии проводили тепловизионное исследование рук и компьютерный анализ вариабельности сердечного ритма, до и после погружения в сосуд с водой левой руки, до нижней трети предплечья, на одну минуту, при температуре +6–8°C. Исходная симметрия тепловизионного излучения рук, конвекционный тип восстановления передачи тепла током крови через систему сосудов кисти и пальцев артерий при парасимпатической регуляции вегетативной нервной системы свидетельствовали о компенсации кровообращения. Гипотермия предплечья и пальцев левой руки и контактный путь передачи тепла от «теплых» зон со стороны предплечья к «холодным» – кисти при повышенной активности симпатической нервной системы и равновесии отделов вегетативной регуляции сердечного ритма, после пробы с охлаждением, свидетельствовали о торпидности компенсаторных сосудистых реакций и служили основанием для углубленного обследования по поводу ишемической болезни сердца.

**Ключевые слова:** ишемическая болезнь сердца, тепловизионное исследование рук, компьютерный анализ вариабельности сердечного ритма, проба с охлаждением

## APPLICATION OF THERMAL IMAGING AND HEART RATE VARIABILITY FOR EVALUATION OF VASCULAR REACTIONS HAND IN PATIENTS WITH CORONARY HEART DISEASE

Popova N.V., Popov V.A., Gudkov A.B.

*Northern State Medical University, Arkhangelsk, e-mail: mice2311@atnet.ru*

In order to select individuals for a medical examination conducted by coronary pathology thermal imaging study of hands and a computer analysis of heart rate variability before and after immersion in a container of water to the lower left-hand third of the forearm for one minute at a temperature of +6–8°C. The initial symmetry of the thermal radiation of the hands, the type of convection heat transfer to restore blood flow through the vessels of the hand and finger arteries in the parasympathetic regulation of the autonomic nervous system showed a circulatory compensation. Hypothermia forearm and fingers of his left hand and contact transmission of heat from the «warm» zones of the forearm to the «cold» – a brush with increased activity of the sympathetic nervous system and balance of parts of the autonomic regulation of cardiac rhythm after the sample cooled, testified to the torpidity of compensatory vascular reactions and served as the basis for in-depth survey on coronary heart disease.

**Keywords:** coronary heart disease, thermal imaging study of hands, a computer analysis of heart rate variability, the sample is cooled

Боли в груди – одна из самых частых причин обращения к врачу. Боль, напоминающая стенокардию, не обязательно вызвана патологией коронарных артерий. Она возникает при многих состояниях – при патологии желудочно-кишечного тракта, опорно-двигательного аппарата, легких, центральной нервной системы и некоторых болезнях сердца. В подобных случаях возможна гипердиагностика ишемической болезни сердца (ИБС). С другой стороны, ИБС может иметь атипичные проявления (одышка, потливость, слабость) [3]. Поэтому нужно выбрать оптимальную с точки зрения эффективности и стоимости диагностическую пробу, которую можно использовать в условиях поликлиники, так как основной контингент этих больных начинает лечение амбулаторно.

Методы изучения состояния коронарного кровообращения: нагрузочная электрокардиографическая проба, проба с чрезпищеводной электрической стимуля-

цией предсердий, нагрузочная проба стресс ЭХОКГ, холтеровский мониторинг электрокардиограммы дают объективную информацию о резервных возможностях макро – и микрогемодинамики, необходимого условия в большей степени оценки тяжести поражения венечных артерий, чем для диагностики ИБС, но они достаточно трудоемкие, затратные, и имеют ряд клинических ограничений [3], и не учитывают степени участия парасимпатического и симпатического звеньев вегетативной нервной системы (ВНС) в течение ИБС. Кроме того, в последнее двадцатилетие интенсивно развивается теория и методология массового мониторинга здоровья на основе принципов донозологической диагностики. Поэтому, важное значение имеет углубление медицинского контроля при профосмотрах населения, а это обуславливает необходимость использования инструментальных методов, которые позволяют весьма рано и наглядно на амбулаторном этапе объективизировать

конкретные, например, сосудистые реакции рук, управляемые ВНС и участвующие в регуляции теплообмена в условиях функциональной нагрузки сердечно-сосудистой системы тепловизионной пробы с охлаждением.

**Целью данной работы** являлось выявление возможностей тепловидения и вариабельности сердечного ритма в сочетании с функциональной холодной пробой в оценке сосудистых реакций рук у больных ИБС.

### Материалы и методы исследования

Российские и международные специалисты отмечают значительный потенциал тепловидения для диагностики различных сосудистых синдромов, оценки их выраженности контроля эффективности лечения, прогнозирования возможных исходов [4, 6, 10].

Компьютерная модификация тепловизора «БТВ-3 ЭВМ» (в составе тепловизионной камеры, видео-контрольного устройства, сопряжения тепловизора с ЭВМ) позволяет получить на дисплее цветную градиционную картину наблюдаемого объекта с привязкой ее к температурной шкале. Система функций тепловизора, задаваемая программой, дает возможность получить профили сечений распределения температуры по различным направлениям. С помощью устройства выделения изотермальных областей можно оценивать как температурный контраст, так и абсолютное значение температуры. Различного рода маркеры, перекрестия, изотермы помогают производить количественную обработку непосредственно в процессе наблюдения [9].

Для выяснения характера сосудистых реакций применяли дополнительную функциональную нагрузку – пробу с охлаждением. После регистрации исходного инфракрасного излучения обеих рук, левая рука обследуемого погружалась в сосуд с водой до нижней трети предплечья на одну минуту при температуре  $+6-8^{\circ}\text{C}$ . Инфракрасное излучение охлажденной кисти при холодной пробе быстро подавлялось, что на экране тепловизора представлялось как «ампутационная» термограмма, ограниченная уровнем погружения руки. Регистрировали два типа восстановления тепла после кратковременного охлаждения: конвекционный и контактный.

При оценке физиологических резервов сердечно-сосудистой системы необходимо рассматривать параметры вегетативного гомеостаза, и с этих позиций показатели ритма сердца могут выступать в качестве интегральных маркеров прогностического процесса наряду с тепловизионной холодной пробой [8, 9].

Исследование осуществляли с помощью комплекса для анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР) «Варикард» модели «ВК-1,4» до и после холодной пробы. Для оценки функционального состояния ВНС у обследованных нами проводилась математическая обработка динамического ряда R-R интервалов ЭКГ, регистрируемых в 1-ом стандартном отведении в течение 5 минут, затем на IBM совместимом компьютере с аналого-цифровым преобразователем при помощи программного обеспечения осуществлялось извлечение из ЭКГ информации об изменениях в системе управления синусовым ритмом в динамике холодной пробы.

В доступной литературе имеются единичные сообщения регистрации волн R-R интервалов с периодом 5 минут в условиях температурных проб – холодной и тепловой. К тому же запись R-R интервалов была прерывистой, поэтому отнести эти колебания к гуморальным или температурным можно лишь предположительно [1]. Тем не менее, оценка состояния вегетативной регуляции различных звеньев управления системой кровообращения, обладая специфическим эффектом обнаружения резервов тканевого кровотока, позволит выявить ранние проявления изменений механизмов регуляции, которые предшествуют энергетическим и метаболическим нарушениям и, таким образом, могут иметь диагностическое значение, наряду с формированием исходной тепловой картины сосудосуживающего плана – гипотермии дистальных отделов левой руки у больных ИБС.

### Результаты исследования и их обсуждение

Проведено исследование инфракрасного излучения рук у 51 человека (28 мужчин и 23 женщины) от 50 до 80 лет. Обследованные лица характеризовались нормохолестеринемией (общий холестерин плазмы крови  $4,58 \pm 0,24$  ммоль/л) с диастолическим АД 60–80 мм рт. ст. и систолическим АД 90–140 мм рт. ст. и относились к практически здоровым пациентам.

Обследован 31 больной с ИБС в возрасте от 50 до 80 лет (27 человек – мужского пола, 4 – женского). Острый инфаркт миокарда на второй неделе заболевания – 1 человек, стенокардия напряжения и постинфарктный кардиосклероз – 17, нестабильная стенокардия – 9, среди них 4 пациента, перенесших операцию по реваскуляризации миокарда (аортокоронарное шунтирование). Средний возраст больных составил 62,5 года. Диагноз устанавливался на основании типичной клинко-инструментальной картины. Пациенты характеризовались гиперхолестеринемией (общий холестерин плазмы крови  $6,59 \pm 0,29$  ммоль/л,  $p < 0,001$ ) с диастолическим АД – 80–110 мм рт. ст. и систолическим АД – 130–190 мм рт. ст.

Термограмма рук у людей старше 50-ти лет представляет собой неравномерный «пятнистый» рисунок, то есть чередование светлых и темных участков кожи, характеризует неодинаковую интенсивность инфракрасного излучения. На фоне неоднородного термального рисунка отчетливо определяется симметричное снижение теплового излучения дистальных участков рук – пальцев [8].

У больных ИБС на термограммах на уровне нижней трети левого предплечья, пальцев левой кисти регистрировалась достоверное снижение температуры до  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$  по сравнению с симметричными участками правой руки (табл. 1).

**Таблица 1**

Тепловизионные показатели кожной температуры верхних конечностей у больных ишемической болезнью сердца и группы сравнения

Характеристика обследованных	Количество обследованных	Топография измерения			
		Нижняя треть предплечья		II палец кисти	
		Справа	Слева	Справа	Слева
Группа сравнения	51	37,13 ± 0,31 °С	36,95 ± 0,29 °С	36,85 ± 0,25 °С	36,74 ± 0,25 °С
p		0,44 2,67	4,49	0,31 3,26	5,53
Больные ИБС	31	35,98 ± 0,3 °С	35,02 ± 0,32 °С	35,74 ± 0,24 °С	34,88 ± 0,26 °С
p		2,23		2,81	

Из приведенной табл. 1 также следует, что при нарушениях кровообращения в сердечной мышце достоверно снижается температура кожи не только в дистальных отделах левой руки ( $p < 0,001$ ), а также и в правой верхней конечности ( $p < 0,01$ ). По-видимому, подобные изменения на периферии тела возникают рефлекторно, в результате нарушения переноса тепла по сосудам соответствующих зон Захарьина-Геда, то есть конвекционным путем [4, 7].

Многими исследователями установлена функциональная зависимость метаболических и циркуляторных процессов периферии тела от сердечной деятельности, определяемой в виде снижения интенсивности инфракрасного излучения левого предплечья и левой кисти. Это является патогномичным признаком ишемии миокарда, так как доказывается более тесная анатомическая связь симпатической иннервации сердца и левой руки [7, 9]. Что определяет, с одной стороны, высокую информативность тепловидения, а с другой – неспецифичность получаемой информации, трак-

товать которую можно только с учетом данных клиники и симпатической иннервации сердца.

При проведении пробы с охлаждением у 82 лиц старше 50 лет инфракрасное излучение рук быстро подавлялось и имело характер «ампутационной» термограммы. Температурная разница между участками охлажденной и неохлажденной кистью рук и предплечий составила от 4 до 15 °С при среднем показателе  $\Delta T$  7,8 °С. Восстановление инфракрасного излучения рук после прекращения действия холода у 87,9% обследованных пожилого и старческого возраста начиналось диффузно со стороны предплечья к кисти, от «теплых» зон к «холодным» – контактным (кондукционным), причем, практически у всех больных ИБС (у 30 из 31 пациентов). Восстановление инфракрасного излучения охлажденных участков с кончиков пальцев, то есть конвекционным путем переноса тепла током крови через систему сосудов кисти и пальцевых артерий наблюдалось у 9 (10,9%) обследованных старше 50 лет и только у одного (1,2%) больного с ИБС.

**Таблица 2**

Адаптационные сосудистые реакции рук на холодовую пробу по данным тепловидения и вариабельности сердечного ритма у больных ишемической болезнью сердца и группы сравнения

Вегетативная нервная регуляция	Результаты холодовой пробы по данным тепловидения				Итого
	Контактный путь восстановления		Конвекционный путь восстановления		
	Группа сравнения (n = 51)	Больные ИБС (n = 31)	Группа сравнения (n = 51)	Больные ИБС (n = 31)	
Симпатическая регуляция	6 (7,3%)	8 (9,8%)	6 (7,3%)	0	20 (24,4%)
Парасимпатическая регуляция	31 (37,8%)	17 (20,8%)	2 (2,4%)	1 (1,2%)	51 (62,2%)
Равновесие отделов ВНС	5 (6,1%)	5 (6,1%)	1 (1,2%)	0	11 (13,4%)
Всего	42 (51,2%)	30 (36,7%)	9 (10,9%)	1 (1,2%)	82 (100%)

Результаты, полученные нами на основании кратковременной записи кардиограммы, позволили выявить пре-

обладание у 51 (62,2%) обследованных лиц старше 50 лет парасимпатических влияний на сердце (табл. 2). Причем, на

кратковременное охлаждение по данным тепловидения у 72 (87,9%) обследованных старшей возрастной группы превалирует контактный путь передачи тепла, и который выявлен у 48 (58,66%) обследованных с активизацией парасимпатической нервной системы, что может указать на состояние вегетативной регуляции сердечной деятельности, требующей учета эпизодов с малой вариабельностью ритма [1, 9].

Устойчивость человека к экстремальным факторам во многом обуславливается его функциональными резервами, которые рассматриваются не как простая сумма возможностей отдельных физиологических

систем, а как их интегральный показатель с новыми количественными и качественными характеристиками [5]. В этом аспекте, основываясь на концепции индивидуальной характеристики устойчивости человека к кратковременной холодовой нагрузке, удалось выявить с умеренной степенью тесноты связи ( $r = 0,38$ ), что конвекционная форма передачи тепла, регистрируемая после тепловизионной холодовой пробы, утрачена у больных с ИБС при активизации симпатического влияния или равновесии вегетативного баланса на регуляцию сердечного ритма у этой категории пациентов (табл. 3).

Таблица 3

Адаптационные сосудистые реакции рук на кратковременную холодовую пробу по данным тепловидения при преобладании симпатической регуляции и равновесии отделов вегетативной нервной системы

Контингент обследуемых	Результаты холодовой пробы по данным тепловидения		Итого
	Конвекционный путь восстановления	Контактный путь восстановления	
Группа сравнения ( $n = 51$ )	7	11	18
Больные с ИБС ( $n = 31$ )	0	13	13
Всего	7	24	31

**Примечание.** Определяли коэффициент корреляции на четырехпольной табл. [2] по результатам тепловизионной холодовой пробы с симпатическим влиянием и равновесии отделов вегетативной нервной системы.

Выявленная дезинтеграция различных уровней вегетативной регуляции сердечной деятельности – относительное преобладание симпатической регуляции и равновесия ВНС, зависимое уменьшение функциональных резервов сердечно-сосудистой системы (контактный путь передачи тепла по результатам холодовой пробы) – создает предпосылки для раннего обнаружения ИБС. Поэтому таким интегральным показателем прогностической оценки сердечно-сосудистой системы человека может быть использована тепловизионная холодовая проба в сочетании с ВСП.

### Заключение

Таким образом, тепловизионное исследование с анализом ВСП открывает новые возможности скрининга сердечно-сосудистой патологии. Диагностика начальных проявлений ИБС встречает определенные трудности, вызванные узкой специализацией многих методов исследования, что не позволяет в должной мере проводить комплексную оценку функционального состояния сердечно-сосудистой системы в едином диагностическом алгоритме. Использование тепловидения с анализом ВСП пресле-

дует две главных цели – выявление изменений метаболического, циркуляторного, регуляторного генеза на ранних стадиях поражения коронарных артерий, а также функциональную оценку ВНС в условиях физиологической холодовой пробы. Пациенты, с выявленными термоасимметриями верхних конечностей, с контактным путем передачи тепла после тепловизионной холодовой пробы, с превалированием симпатической регуляции и равновесием отделов ВНС, отбираются для тщательного комплексного клинико-инструментального исследования, принятого для коронарной патологии.

### Список литературы

1. Введение в донозологическую диагностику / Р.М. Бавский, А.П. Берсенева. – М.: Слово, 2008. – 174 с.
2. Каминский Л.С. Обработка клинических и лабораторных данных. – Л.: Медгиз, 1959. – С. 64–177.
3. Кардиология: национальное руководство / под ред. Ю.Н. Беленкова, Р.Г. Оганова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 1232 с.
4. Колесов С.Н., Воловик М.Г., Прилучный М.А. Медицинское теплорадиовидение: современный методологический подход. – Н. Новгород, 2008. – 268 с.
5. Максимов А.Л. Прогнозирование адаптационных реакций и оценка физиологических резервов человека

в экстремальных условиях среды на основе концепции интегрального маркера: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – Архангельск, 1994. – 57 с.

6. Никанов А.Н., Скрипаль Б.А. Тепловизионный метод исследования в диагностике профессиональных болезней у работников промышленного комплекса Крайнего Севера. – Апатиты, 2011. – 137 с.

7. Орлов Г.А., Попов В.А. Ишемия миокарда и реакции сосудов верхних конечностей (анализ инфракрасного излучения) // Кардиология. – 1981. – Т. 21. – № 1. – С. 96–97.

8. Попов В.А. Клинико-диагностическая характеристика теплового излучения человека в диагностике и лечении поражений кровеносных сосудов: дис. ... д-ра мед. наук. – Архангельск, 1997. – 265 с.

9. Попова Н.В., Попов В.А., Гудков А.Б. Применение тепловидения и variability сердечного ритма в оценке сосудистых реакций нитроглицерина у больных ишемической болезнью сердца // Врач-аспирант. – 2012. – 6.2 (49). – С. 382–388.

10. Sheppard L.M. Thermal imaging technique tries a comeback // Biophotonics Intern. – 1999. – Vol. 6. – No. 7. – P. 54–56.

### References

1. Vvedenie v donozologicheskiju diagnostiku. Moscow, Slovo, 2008. 174 p.
2. Kaminskij L.S. Obrabotka klinicheskikh i laboratornykh dannyh. Leningrad, Medgiz, 1959, pp. 64–177.
3. Kardiologija: nacionalnoe rukovodstvo. Pod red. Ju.N. Belenkova, R.G. Oganova. Moscow, GJeOTAR-Media, 2007. 1232 p.
4. Kolesov S.N., Volovik M.G., Priluchnyj M.A. Medicinskoe teploradiovidenie: sovremennij metodologicheskij podhod. N. Novgorod, 2008. 268 p.

5. Maksimov A.L. Prognozirovanie adaptacionnyh reakcij i ocenka fiziologicheskikh rezervov cheloveka v jekstremalnyh uslovijah sredy na osnove koncepcii integralnogo markera. avtoref. dis. dok. med. nauk. Arkhangelsk, 1994. 57 p.

6. Nikanov A.N., Skripal B.A. Teplovizionnyj metod issledovanija v diagnostike professionalnyh boleznej u rabotnikov promyshlennogo kompleksa Krajnego Severa. Apatity, 2011. 137 p.

7. Orlov G.A., Popov V.A. Ishemija miokarda i reakcii sodudov verhnih konechnostej (analiz infrakrasnogo izlucheniya). Kardiologija, 1981. Vol. 21, no.1, pp. 96-97.

8. Popov V.A. Kliniko-diagnosticheskaja harakteristika teploвого izlucheniya cheloveka v diagnostike i lechenii porazhenij krovenosnyh sodudov. Dis. dokt. med. nauk. Arkhangelsk, 1997. 265 p.

9. Popova N.V., Popov V.A., Gudkov A.B. Primenenie teplovideniya i variabelnosti serdechnogo ritma v ocenke sodudistyh reakcij nitroglicerina u bolnyh ishemicheskoy boleznju serdca. Vrach-aspirant, 2012, 6.2 (49), pp. 382–388.

10. Sheppard L.M. Thermal imaging technique tries a comeback. Biophotonics Intern, 1999. Vol. 6, no. 7, pp. 54–56.

### Рецензенты:

Ишеков Н.С., д.м.н., профессор, зав. кафедрой возрастной физиологии и валеологии Института естественных наук и биомедицины С(А)ФУ имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск;

Пащенко В.П., д.м.н., профессор кафедры нормальной физиологии и восстановительной медицины СГМУ, г. Архангельск.

Работа поступила в редакцию 19.09.2013.