

УДК 612.13

ОЦЕНКА АДАПТАЦИОННЫХ СОСУДИСТЫХ РЕАКЦИЙ МОРЯКОВ ПРИ ПРОФОТБОРАХ ДЛЯ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

В. А. Попов, В. В. Плескач, Н. В. Попова

Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск, Россия

ASSESSMENT OF ADAPTATION VASCULAR REACTIONS OF SEAMEN AT PROFESSIONAL SELECTIONS FOR WORK IN THE CONDITIONS OF THE NORTH

V. A. Popov, V. V. Pleskach, N. V. Popova

Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

© Коллектив авторов, 2017 г.

У практически здоровых лиц проведены тепловизионное исследование рук и компьютерный анализ variability сердечного ритма до и после холодной пробы. Установлено, что определяемый у 20–30-летних людей конвекционный тип передачи тепла с концевых фаланг током крови от артерий пальцев к поверхностным сосудам в течение не менее 7 минут при исходном преобладании активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС) свидетельствовал о хорошей компенсаторной реакции сосудистой системы. Контактный путь передачи тепла со стороны предплечья от теплых зон к холодным в течение 18 минут и более при исходном преобладании парасимпатического отдела ВНС указывал на нарушение адаптации к холоду.

Ключевые слова: тепловидение, variability сердечного ритма, оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

At almost healthy persons the thermovision research of hands and the computer analysis of variability of a heart rhythm before and after of cold test are conducted. It is established that the convection type of transfer of heat defined at 20–30 summer people from trailer phalanxes blood current from arteries of fingers to superficial vessels within not less than 7 minutes at initial prevalence of activity of parasympathetic department of the autonomic nervous system (ANS) demonstrated good compensatory reaction of vascular system. To cold within 18 minutes and more at initial prevalence of parasympathetic department of ANS pointed a contact way of transfer of heat from a forearm from warm zones to cold violation of adaptation to cold.

Key words: thermovision, variability of a warm rhythm, assessment of a functional condition of cardiovascular system.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2017-3-3-50-54>

Введение. Европейский Север Российской Федерации является одним из важнейших районов размещения жизненных ресурсов страны, промышленно-экономическое использование которых осуществляется в сложных климатогеографических условиях. Продолжительная зима и короткое прохладное лето создают общий фон низких температур в течение длительного периода времени года. Внезапные и резкие перепады барометрического давления, вызываемые

перемещением больших холодных масс воздуха с Арктики, близость теплого течения Гольфстрим у побережья Кольского полуострова обеспечивают повышенную влажность воздуха, что в сочетании с низкой температурой оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека, вызывая определенные изменения в функционировании сердечно-сосудистой системы, вплоть до развития окклюзионных заболеваний сосудов и нейроваскулитов конечностей [1–4].

У определенной части моряков и рыбаков, работающих в условиях Севера при постоянном влиянии низких температур и высокой влажности, развиваются нейрососудистые нарушения конечностей, которые снижают трудоспособность и нередко приводят к развитию сосудистых заболеваний [1]. В связи с этим важное значение имеет усиление медицинского контроля при профотборе контингента для работы на водном транспорте в данном регионе.

Расстройства кровообращения наряду с другими клиническими признаками обуславливают изменения кожной температуры конечностей. Наиболее точным и наглядным методом одновременного исследования температуры кожных покровов человека является инфракрасная термография, возможности которой возрастают при сочетании метода с функциональными нагрузками. Медицинская термография — метод дистанционной регистрации инфракрасного излучения, спонтанно излучаемого поверхностью кожи человеческого тела. Прямая зависимость интенсивности инфракрасного излучения от температуры излучающих участков тела позволяет использовать получаемую информацию для суждения и выводов о состоянии местного кровообращения в тканях [5]. Оценка характера инфракрасного излучения дистальных отделов конечностей человека является важной при всех заболеваниях, в патогенезе которых установлены нарушения циркуляции и обменных процессов. Слабое развитие жировой клетчатки в области кистей, подкожное расположение сети важнейших сосудов, обеспечивающих циркуляцию и обменные процессы, дают возможность выявления начальных нарушений кровообращения, которые не могут быть определены более точно другими современными методами исследования. Инфракрасное излучение тела человека зависит от внутренних и внешних факторов, среди которых наибольшее значение имеют: интенсивность кровообращения и сосудистых реакций кожи с подлежащими тканями, активность местных и общих обменных процессов, величина потери тепла, вызванных испарением, излучением и конверсией [6].

Цель: обосновать использование функциональной холодовой пробы для прогностической оценки динамики физиологического состояния кровеносной системы для выявления лиц с нарушениями адаптации к холоду.

Материалы и методы. Отечественные и зарубежные специалисты отмечают значитель-

ный потенциал тепловидения для диагностики различных сосудистых синдромов, оценки их выраженности, контроля эффективности лечения, прогнозирования возможных исходов [7–9].

Компьютерная модификация тепловизора «БТВ-3 ЭВМ» (в составе тепловизионной камеры, видеоконтрольного устройства, сопряжения тепловизора с ЭВМ) позволяет получить на дисплее цветную градационную 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 проводить количественную обработку непосредственно в процессе наблюдения [10]. Для выяснения характера сосудистых реакций применяли дополнительную функциональную нагрузку — пробу с охлаждением.

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 холодовой пробой [10, 11]. Исследование осуществляли с помощью комплекса для анализа variability сердечного ритма (ВСП) «Варикард» модели «ВК-1,4» до и после холодовой пробы. Для оценки функционального состояния ВНС у обследованных проводилась математическая обработка динамического ряда интервалов $R-R$ на ЭКГ, регистрируемых в 1-м стандартном отведении в течение 5 минут. Затем на IBM совместимом компьютере с аналого-цифровым преобразователем с помощью программного обеспечения осуществлялось извлечение из ЭКГ информации об изменениях в системе управления синусовым ритмом в динамике холодовой пробы. В доступной литературе имеются единичные сообщения регистрации волн интервалов $R-R$ с периодом 5 минут в условиях холодовой и тепловой температурных проб. К тому же запись интервалов $R-R$ была прерывистой, поэтому отнести эти колебания к гуморальным или температурным можно лишь предположительно [11]. Тем не менее оценка состояния вегетативной регуля-

ции 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.

Данные обрабатывались при помощи пакета программ Statistica 6 и электронных таблиц Excel. Различия между сравниваемыми признаками считали значимыми при уровне $p < 0,05$. Определяли коэффициент корреляции на четырехпольной таблице с учетом состояния ВНС и тепловизионной холодной пробы [12].

Результаты и их обсуждение. Нарушения адаптации к холоду с помощью тепловизионной холодной пробы и показателей ВСР определились у 105 практически здоровых лиц от 20 до 30 лет.

Обзорная (серотональная) термограмма верхних конечностей здоровых людей характеризуется ровным тоном инфракрасного излучения. Определяется незначительное, видимое на экране аппарата, усиление инфракрасного излучения в области первого пальца и межпальцевых промежутков, а также небольшое ослабление его выпуклых частях поверхности пальцев кисти. Сравнение температурных перепадов изотермических полей «светлыми» (теплыми) и «темными» (холодными) участками при включении изотермы аппарата показывает небольшую разницу температурного градиента, которая достигается лишь ΔT $0,1-0,5^\circ \text{C}$ при среднем показателе $0,2 \pm 0,4^\circ \text{C}$.

Для оценки функционального состояния периферического кровообращения, определения степени компенсаторных реакций, а также в целях профессионального отбора плавсостава применяли в сочетании с термографией дополнительную пробу с охлаждением, которая разработана в клинике общей хирургии Архангельского государственного медицинского института [1]. Выбор данной пробы основывается на известном факте: кровообращение в состоянии покоя в коже определяется главным образом не местными потребностями, а фактами, обеспечивающими температурный гомеостаз в организме в целом. Обычно на кожу действует температура окружающей среды, которая ниже температуры тела, и такое самоохлаждение ткани, вызываемое ограничением кровотока, понижает тканевой кровоток.

Таким образом, кратковременное охлаждение приводит к сужению кожных сосудов и поверхностных вен, уменьшению интенсивности образования в коже сосудорасширяющих метаболитов. Ввиду этого приток крови к охлажденной конечности в большей степени направлен к глубоко расположенным тканям, а возврат ее происходит главным образом по *vene comites*, которая локализуется вблизи магистральных артерий, что способствует теплообмену и охлаждению артериальной крови. При местном понижении температуры уменьшается интенсивность кровотока вследствие повышения сосудистого тонуса и увеличения вязкости крови. Выбор пробы с охлаждением основывается и на том положении, что в районах Северного, полярного и приполярного региона одним из главных экстремальных факторов среды, оказывающих неблагоприятное воздействие на организм человека, является низкая температура в сочетании с высокой влажностью воздуха [1–3].

Методика пробы с охлаждением следующая: исследуется исходное инфракрасное излучение обеих рук термографом, затем правая рука исследуемого человека погружается в воду до уровня лучезапястного сустава при температуре $+6-8^\circ \text{C}$ на одну минуту. Влажную кисть и пальцы осторожно и тщательно высушивают марлевой салфеткой, обе руки вновь помещают на специальную подставку перед камерой термографа, и проводится дальнейшее наблюдение и регистрация инфракрасного излучения тканей конечностей.

Инфракрасное излучение кистей и пальцев рук у исследуемых людей при холодной пробе быстро подавляется, что на экране тепловизора представляет «ампутационную» термограмму, ограниченную уровнем лучезапястного сустава, то есть границей погружения кисти. Температурные перепады в зоне охлаждения незначительны, однако температурная разница между охлажденной и неохлажденной кистями рук колеблется от 5 до 10°C , при среднем показателе $9,6^\circ \text{C}$. Восстановление инфракрасного излучения кисти и пальцев рук начинается в течение первой же минуты охлаждения. Определяемый у 65 (61,9%) молодых лиц конвекционный тип передачи теплом кровью через систему сосудов кисти и артерий пальцев в течение $5,7 \pm 0,9$ мин, свидетельствует о хорошей компенсаторной реакции сосудистой системы, направленной на скорей-

шее восстановление нарушенного кровообращения дистальных отделов верхних конечностей, вызванного кратковременным охлаждением. Преобладание у 40 (38,1%) обследованных контактного пути передачи тепла от теплых зон (предплечья) к холодным, постепенно захватывая кисть и пальцы в течение $18,1 \pm 1,2$ мин, указывает на нарушение циркуляции в тканях, а также является объективным критерием для выявления лиц с нарушениями адаптации к холоду (таблица).

низма человека к холоду определено ($r=0,38$; $p<0,001$), что конвекционная форма переноса тепловых потоков, регистрируемая после тепловизионной холодной пробы, зависит от возраста, состояния вегетативной регуляции организма человека и может быть основным признаком нормы циркуляторных и метаболических процессов в тканях дистальных отделов рук у практически здоровых лиц и является объективным обоснованием годности человека для работы в условиях Севера. Контактный путь пе-

Таблица

Адаптационные сосудистые реакции рук на холодовую пробу по данным тепловидения и вариабельности сердечного ритма у лиц молодого возраста (20–30 лет)

Вегетативная нервная регуляция	Результат холодной пробы		Итого
	конвекционный путь восстановления	контактный путь восстановления	
Симпатическая	2 (1,9%)	13 (12,4%)	15 (14,3%)
Парасимпатическая	63 (60%)	27 (25,7%)	90 (85,7%)
Всего	65 (61,9%)	40 (38,1%)	105 (100%)

Для оценки функционального состояния ВНС у обследованных одновременно с тепловидением проводилась вариационная пульсометрия. Проанализирована наиболее удобная для вычисления переменная SDNN, которая отражает все циклические компоненты, ответственные за вариабельность в течение периода записи, что позволило разделить всех испытуемых на группы в зависимости от преобладания того или иного отдела ВНС. Анализ показателей ВСП дает возможность сделать вывод о преобладании у 85,7% обследованных парасимпатических влияний на сердце (см. таблицу). При проведении корреляционного анализа у практически здоровых людей 20–30 лет установлена умеренная теснота связи ($r=0,38$; $p<0,001$) характера сосудистых реакций на кратковременное охлаждение именно с парасимпатической регуляцией синусового ритма.

Заключение. В результате проведенных исследований, основанных на концепции индивидуальной характеристики устойчивости орга-

редачи тепла после тепловизионной холодной пробы у практически здоровых лиц достоверно обусловлен ваготоническим состоянием регуляции сердечной деятельности, а также меньшей устойчивостью организма к экстремальным факторам низкой температуры и высокой влажности. Высокая лабильность сердечно-сосудистой системы, утрата рефлекторного конвекционного типа передачи калоригенных процессов, преобладание симпатического отдела ВНС после холодной пробы у практически здоровых людей — объективные проявления изменения реактивности сердца и сосудов. Тем более известна взаимосвязь иннервации сердца и рук и более развитой сети симпатических нервов сердца, отходящих от левого пограничного ствола нерва [13]. Использование данной методики позволит отобрать для работы в условиях Севера лиц с хорошей компенсаторной реакцией сосудов к холоду, что позволит снизить заболеваемость, связанную с нарушением периферического кровообращения.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Орлов Г.А. Хроническое поражение холодом. Л.: Медицина, 1978. 168 с. [Orlov G.A. Hronicheskoe porazhenie holodom. Leningrad: Medicina, 1978, 168 p. (In Russ.).]
2. Гудков А.Б., Лукманова Н.Б., Раменская Е.Б. Человек в приполярном регионе Европейского Севера. Эколого-физиологические аспекты. Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. 183 с. [Gudkov A.B., Lukmanova N.B., Ramenskaya E.B. Chelovek v pripolyarnom regione Evropejskogo Severa. Ehkologo-fiziologicheskie aspekty. Arhangel'sk: IPC SAFU, 2013, 183 p. (In Russ.).]

3. Nicholson C.D., Angensbach D., Wilke R. The effect of physical training on rat calf muscle, oxygen tension, blood flow, metabolism and function in an animal model of chronic occlusive peripheral vascular disease. *Int. J. Sports. Med.*, 1992, Vol. 13, pp. 60–64.
4. Symon C., Arris L., Heal B. The Arctic: geography climate, ecology and people. Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge: University Press, 2005, pp. 10–16.
5. Никанов А.Н., Скрипаль Б.А. Тепловизионный метод исследования в диагностике профессиональных болезней у работников промышленного комплекса Крайнего Севера. Апатиты, 2011. 137 с. [Nikanov A.N., Skripal' B.A. Teplovizionnyj metod issledovaniya v diagnostike professional'nyh boleznej u rabotnikov promyshlennogo kompleksa Krajnego Severa. Apatity, 2011, 137 p. (In Russ.)].
6. Мирошников М.М., Алипов В.И., Гершанович М.А., Мельникова В.П., Сухарев В.Ф. Тепловидение и его применение в медицине. М.: Медицина, 1981. 184 с. [Miroshnikov M.M., Alipov V.I., Gershanovich M.A., Mel'nikova V.P., Suharev V.F. Teplovidenie i ego primenenie v medicine. Moscow: Medicina, 1981, 184 p. (In Russ.)].
7. Колесов С.Н., Воловик М.Г., Прилучный М.А. Медицинское теплорадиовидение: современный методологический подход. Н. Новгород, 2008. 268 с. [Kolesov S.N., Volovik M.G., Priluchnyj M.A. Medicinskoe teploradiovidenie: sovremennyj metodologicheskij podhod. N. Novgorod, 2008, 268 p. (In Russ.)].
8. Sheppard L.M. Thermal imaging technique tries a comeback. *Biophotonics Intern.*, 1999, Vol. 6, No 7, pp. 54–56.
9. Профессор Г.А. Орлов. Хирургическая, научная и педагогическая школы / Авт.-сост. В.П. Пащенко, В.А. Попов. Архангельск: СГМУ, 2011. 424 с. [Professor G.A. Orlov. Hirurgicheskaya, nauchnaya i pedagogicheskaya shkoly / Avtory-sostaviteli V.P. Pashchenko, V.A. Popov. Arhangel'sk: SGMU, 2011, 424 p. (In Russ.)].
10. Попова Н.В., Попов В.А., Гудков А.Б. Применение тепловидения и вариабельности сердечного ритма в оценке сосудистых реакций нитроглицерина у больных ишемической болезнью сердца // Врач-аспирант. 2012. № 6.2 (49). С. 382–388. [Popova N.V., Popov V.A., Gudkov A.B. Primenenie teplovideniya i variabel'nosti serdechnogo ritma v ocenke sosudistyh reakcij nitroglicerina u bol'nyh ishemicheskoy boleznyu serdca. Vrach-aspirant, 2012, No 6.2 (49), pp. 382–388 (In Russ.)].
11. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Введение в донозологическую диагностику. М.: Слово, 2008. 174 с. [Baevskij R.M., Berseneva A.P. Vvedenie v donozologicheskuyu diagnostiku. Moscow: Slovo, 2008, 174 p. (In Russ.)].
12. Каминский Л.С. Обработка клинических и лабораторных данных. Л.: Медгиз, 1959. С. 64–77. [Kaminskij L.S. Obработка klinicheskikh i laboratornyh dannyh. Leningrad: Medgiz, 1959, pp. 64–77 (In Russ.)].
13. Голуб Ф.М. Развитие шейного отдела пограничного симпатического ствола у человека. Л.: 1961. [Golub F.M. Razvitie shejnogo otdela pogrannichnogo simpaticeskogo stvola u cheloveka. Leningrad, 1961 (In Russ.)].

Поступила в редакцию: 04.09.2017 г.

Контакт: Попов Василий Алексеевич, mice2311@atnet.ru

Сведения об авторах:

Попов Василий Алексеевич — доктор медицинских наук, профессор кафедры общей хирургии и госпитальной хирургии Северного государственного медицинского университета; 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51; e-mail: mice2311@atnet.ru;

Плескач Владимир Владимирович — подполковник медицинской службы запаса, научный сотрудник НИИ морской медицины Северного государственного медицинского университета, г. Архангельск, Троицкий проспект, д. 51; e-mail: vladimirplekach@yandex.ru;

Попова Наталья Васильевна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры госпитальной терапии и эндокринологии Северного государственного медицинского университета; 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51; e-mail: na.popova2017@yandex.ru.