

# Термотопография кистей рук в диагностике профзаболеваний: вибрационная болезнь и холодовая травма

М. Г. Воловик<sup>1,4</sup>, И. М. Долгов<sup>2,4</sup>, Н. Л. Короткова<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Нижний Новгород

<sup>2</sup>ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации ФМБА», Москва

<sup>3</sup>ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), Москва

<sup>4</sup>ООО «Дигносис», Москва

## РЕЗЮМЕ

Проведен анализ современного состояния тепловизионной скрининг-диагностики и мониторинга лечения профессиональной патологии, влияющей на термотопографию верхних конечностей. Подробно рассмотрены возможности тепловидения в диагностике синдрома вегетативно-сенсорной полинейропатии верхних конечностей при вибрационной болезни (HAVS), а также холодовой травмы.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** тепловидение, температура, кисти рук, профессиональные заболевания

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.** Авторы статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

## Thermotopography of hands in diagnosis of occupational diseases: Hand-arm vibration syndrome and cold injury syndrome

M. G. Volovik<sup>1,4</sup>, I. M. Dolgov<sup>2,4</sup>, N. L. Korotkova<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

<sup>2</sup>Federal Scientific Clinical Centre for Sports Medicine and Rehabilitation, Moscow, Russia

<sup>3</sup>First Moscow State Medical University n.a. I. M. Sechenov (Sechenov University), Moscow, Russia

<sup>4</sup>Dignosys Co., Moscow, Russia

## SUMMARY

The analysis of the current state of thermal imaging screening diagnostics and monitoring of the treatment of occupational pathology affecting the thermotopography of the upper extremities is carried out. The possibilities of thermal imaging in the diagnosis of hand-arm vibration syndrome (HAVS) and cold injury syndrome are considered in detail.

**KEY WORDS:** thermal imaging, temperature, hands, occupational diseases

**CONFLICT OF INTEREST.** The authors declare no conflict of interest.

**Сокращения:** ТПВ – тепловизионный, ХП – холодовая проба, HAVS – Hand-Arm Vibration Syndrome.

## Введение

К профессиональным относят заболевания, которые встречаются только в условиях профессиональной деятельности, либо они распространены в данной профессии чаще, чем в целом среди населения или в других рабочих группах [1]. Законодательно-страховое наполнение термина «профзаболевания» обусловлено тем, что список таких заболеваний утверждается в законодательном порядке. Для описания заболеваний профессионального происхождения, которые не включены в официальные списки, используется термин «профессионально обусловленные заболевания».

В Российской Федерации наиболее распространены: заболевания от воздействия физических факторов (например, вибрационная болезнь); заболевания, связанные с физическими перегрузками и перенапряжением отдельных

органов и систем (например радикулопатии различной локализации, монополинейропатии, периартрозы, деформирующие остеоартрозы); заболевания, связанные с воздействием промышленных аэрозолей [2]. Производственные травмы не относят к профессиональным заболеваниям (равно как и спортивные – в спорте высоких достижений).

Диагностика преclinical (донозологических) изменений состояния здоровья в связи с характером и условиями труда до сих пор не имеет эффективных решений, также не являются досконально изученными патофизиологические феномены и механизмы профзаболеваний. Поэтому **целью данной работы** мы поставили анализ, по литературным и собственным данным, современного

состояния тепловизионной (ТПВ) скрининг-диагностики и мониторинга лечения профессиональной патологии, влияющей на термотопографию верхних конечностей, которые наиболее подвержены разнообразным повреждающим воздействиям в связи со спецификой человеческой деятельности.

### **Вибрационная болезнь (Г 75.2. Воздействие вибрации)**

Наиболее обширным трудом по охвату проблем профессионально обусловленного травматизма верхних конечностей является диссертация R. Vardasca [3]. Это исследование обосновало высокоинформативную, количественную и воспроизводимую процедуру ТПВ диагностики заболеваний, связанных вибрационным воздействием и с повторяющимися манипуляциями. Автором разработан набор объективных тестов для оценки сосудистых нарушений, протокол ТПВ скрининга и мониторинга, показаны эталонные значения нормы, и дан вычислительный инструмент для стандартизации обработки изображений. Максимальное значение термоасимметрии для всех сегментов верхних конечностей установлено на уровне  $0,5 \pm 0,3$  °С.

Воздействие вибрации на верхние конечности может вызвать целый ряд расстройств, известных в совокупности как вибрационный синдром руки (Hand-Arm Vibration Syndrome, HAVS). Его сосудисто-нервным компонентом является индуцированное вибрацией побеление пальцев, тип вторичного феномена Рейно, которое эпизодически проявляется в ответ на холод [4]. Для оценки этого феномена, непостоянство которого в начальной фазе развития заболевания затрудняет диагностику, многочисленными исследованиями показана эффективность ТПВ оценки сосудистого компонента реакции на холодовую пробу (ХП). Как вторичное осложнение, свойственное в том числе HAVS, феномен Рейно описан во многих ТПВ-работах, сводка данных по которым приведена в нашей статье [5].

Первой работой по оценке наличия и степени периферических сосудистых расстройств у рабочих, имеющих дело с вибрационной нагрузкой, мы полагаем ТПВ-исследование HAVS у лесорубов [6]. Автором была предложена агрессивная ХП (погружение рук до локтя в воду 4 °С на 10 минут), позволявшая классифицировать степени поражения в зависимости от количества визуально побелевших пальцев или их отдельных фаланг и от соответствующей постстимульной ТПВ-динамики, при этом в данном клиническом контексте диагностической эффективности тепловидения была дана невысокая оценка. Напротив, итальянская группа исследователей [7] даже нативным тепловидением выявила 84% случаев ангиопатий в сравнении с 24% при фотоплетизмографии у тех же пациентов и в тех же условиях. В этих работах ХП (5 °С, 5 минут) не повысила информативность ТПВ исследования, однако была констатирована полезность метода для медицины страхования по инвалидности и в гигиене труда.

Многолетние исследования HAVS французской группой M. Gautherie [8] показали, что стандартизированные тесты с охлаждением и измерением температурного

восстановления на пальцах рук предоставляют важные данные для оценки тяжести и обратимости феномена Рейно при I и II стадиях развития заболевания, а также для выявления субклинических вазомоторных расстройств у бессимптомных пациентов.

У пациентов с HAVS после двусторонней ХП (1-минутное погружение кистей в воду 20 °С) зарегистрировано более значительное снижение средней температуры пальцев рук и неполное ее восстановление через 30 минут по сравнению с контролем [9]. У таких больных пораженные пальцы холоднее, восстановление на отдельных пальцах отсрочено по сравнению с группой нормы, в которой через 10 минут после ХП происходил полный возврат к исходным температурам [10]. Авторы расценили постстимульную анизотермию пальцев как форму феномена Рейно, сопровождающую HAVS.

Однако при использовании ХП в соответствии с рекомендациями Международной организации по стандартизации (ISO) (12 °С, экспозиция 5 минут) с последующей 15-минутной ТПВ оценкой восстановления [11] получены чувствительность и специфичность данных ниже 70%, хотя и выше для пальцев рук, чем ног. Авторы заключили, что тепловидение при этих условиях стимуляции не дает хороших результатов в качестве диагностического теста для вибрационной болезни.

Более эффективной оказалась методика, разработанная для скрининга HAVS на операторах бензопил [12]. Одностороннюю ХП (10 °С, 10 мин.) авторы проводили на ведущей руке. Наибольшая чувствительность (91,1%) была получена при 19,9 °С на пятой минуте после ХП, а самая высокая специфичность (93,3%) – при 15,5 °С на третьей минуте после пробы. Такая же провокация позволила установить влияние на проявление HAVS температуры среды и сезонных условий [13].

Увеличение времени восстановления исходного термопаттерна пальцев после ХП должно указывать на недостаточность периферического кровотока у пациентов с HAVS. Описан метод анализа ТПВ данных с визуализацией времени восстановления температуры в отдельных пикселях [14]. Авторы предположили экспоненциальный характер процесса восстановления и ввели параметр  $\tau$  – время, необходимое для прогрева любого участка области интереса до 63% от исходной температуры (значение отсечки), что оказалось эффективным для различения поврежденных тканей от функционально интактных. Сербские авторы [15] для целей визуализации ввели параметр  $k$ , полученный с помощью нелинейной регрессии и прямо пропорциональный скорости восстановления с учетом всех зарегистрированных в динамике температурных данных, что уменьшает ошибки, вызванные колебаниями температуры в разные промежутки времени, влияние излучательной способности и фоновой температуры. Оба описанных способа были предложены в качестве теста при индивидуальной диагностике HAVS.

Резюмируем, что при диагностике HAVS в настоящее время очевидно решающее значение методологии с применением холодных проб.

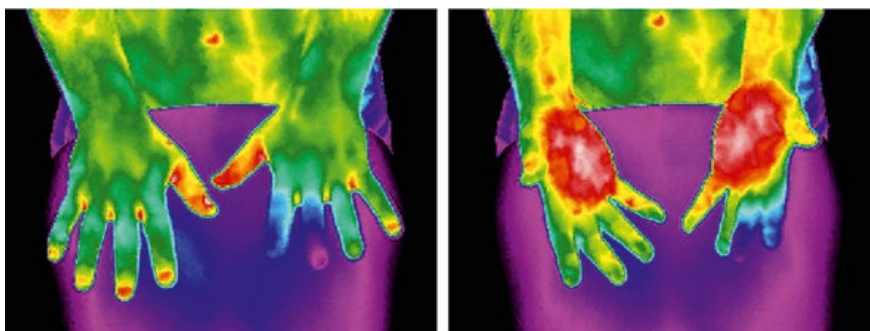


Рисунок 1. Пациент Р., мужчина 56 лет: вибрационная болезнь, вегетативно-сенсорная полиневропатия верхних и нижних конечностей (МКБ-10. Воздействие вибрации [T75.2]). Термограммы из облачной базы данных ООО «Дигнозис»: <https://www.dignosys.com> (свидетельство Федеральной службы по интеллектуальной собственности о госрегистрации программы для ЭВМ TVision № 2018616903 от 08.06.2018).

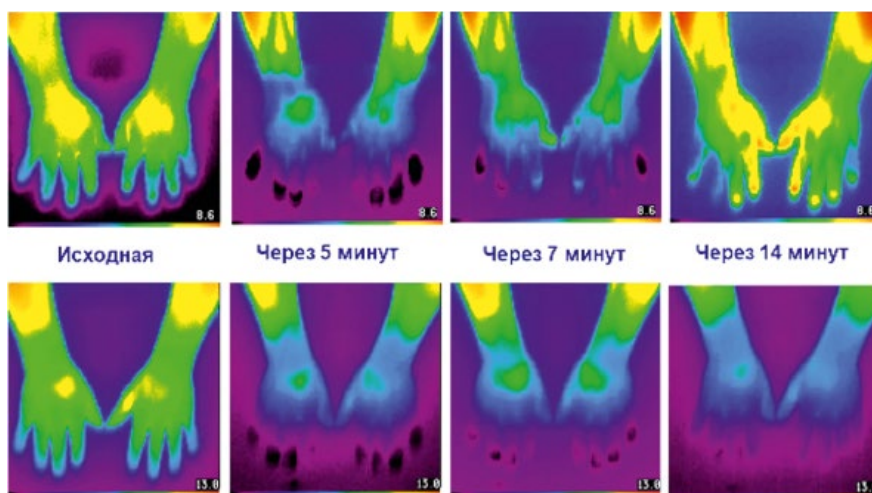


Рисунок 2. Варианты динамики тепловой картины после ХП у больных с ангиодистоническим синдромом при HAVS I степени (вверху) и II степени (внизу). Рассогласование механизмов терморегуляции в проекции пальцев обеих кистей свидетельствует о нарушении проводимости по нервам, участвующим в иннервации этих областей, что характерно для вегетативно-сенсорной полиневропатии. Тепловизор ТВ-04 (Россия).

Для диагностики состояния системы микроциркуляции крови в пальцах рук при HAVS предложено сочетание ТПВ измерений и лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) в области дистальной фаланги наиболее холодного пальца до, во время и после проведения артериальной окклюзионной пробы на плече [16]. Определяя дополнительно введенный параметр инерционности биоткани  $\tau$  и резервный кровоток, авторы выработали критерии отсутствия признаков вибрационной болезни либо I (рис. 1; рис. 2, вверху) или II (рис. 2, внизу) стадий заболевания. Приводимые нами ниже клинические примеры объективизируют логику подхода в процитированной нами работе.

Классическая ТПВ картина HAVS – снижение интенсивности ИК излучения в дистальных отделах кисти у пациента, соответствующее ангиоспастическому клиническому синдрому, характерному для феномена Рейно [17].

Влияние вибрации всего тела на кожный кровоток и терморегуляцию остается неоднозначным и изучалось преимущественно на нижних конечностях [18]. Сообщалось о значительном увеличении, значительном снижении либо о недостоверном изменении кожной температуры, однако протоколы вмешательства и интерпретация результатов различались. Исследователи, оценивавшие влияние разных частот вибрации на кожную температуру [19, 20], предположили, что во время вибрации всего тела организм реагирует, перенаправляя кровоток от кожи к работающим мышцам в первые секунды воздействия. При этом изменения кожной температуры оказались связаны с частотой вибраций, временем воздействия и в меньшей степени с латеральностью и областями интереса [21].

Нельзя обойти вниманием ряд работ в этом направлении, методически отличавшихся применением иных измерительных способов, например термисторов [22] или инфракрасных термометров [23], где авторы получили ценную информацию о терморегуляторных феноменах, сопутствующих HAVS, и высказали важные гипотезы. Так, при односторонней ХП с разными температурами воды (30, 15 и 10 °C) показано влияние температуры окружающей среды на параметры восстановления температуры пальцев и систолического артериального давления в них, а также выявлены гендерные различия в виде более низких базовых температур и задержки восстановления у женщин [22]. Описанная методология с градуальным понижением температуры, несмотря на сходство с разработанным нами контекстом эффективной стандартной односторонней пробы [24], представляется нам избыточной в плане примененных температурных характеристик ХП. Метод тестирования (измерения температуры до и после ХП 5 °C с экспозицией 1 минута), примененный в исследовании [23], оказался более эффективным диагностическим тестом при оценке HAVS. Авторы показали, что лучшей тестовой переменной для подтверждения диагноза феномена Рейно, связанного с HAVS, является время прогресса до исходного уровня первых трех пальцев (I–III), при условии, что интервал составляет около 8–9 минут.

Таким образом, диагноз вазоспазма пальцевых артерий при HAVS имеет клиническую основу и тепловидение является точным объективным тестом для его подтверждения с хорошей чувствительностью, специфичностью, положительной и отрицательной прогностической ценностью [25]. Пациенты с синдромом Рейно, вторичным по отношению к HAVS, демонстрируют значительно более низкие температуры кончиков пальцев и более низкие цифровые температурные градиенты во все временные интервалы после многообразных ХП по сравнению с контрольной группой.

### Холодовой невроаскулит (R80.0. Синдром холодовой травмы)

В условиях мирного времени основной контингент больных с холодовой травмой составляют люди, заболевание которых связано с хроническим охлаждением конечностей. Хроническое поражение холодом, связанное с профессиональной деятельностью (моряки, рыбаки, разделщики рыбы на сейнерах), характеризуется полиморфизмом клинической картины и часто является причиной невроаскулитов, невритов, гастритов, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, заболеваний аллергического характера.

Исторически первым ТПВ-исследованием этой проблемы была работа 1965 года капитана James Veghte [26], проведенная в условиях Крайнего Севера на Аляске. Изучению возможностей тепловидения в оценке холодовой травмы были посвящены исследования под руководством Г. А. Орлова, начатые в 1971 году в клинике общей хирургии Архангельского медицинского института [27]. В последующие годы сотрудники этой школы много сделали для вскрытия механизмов формирования патологических термопаттернов и реакций при холодовой травме. В частности, ими было показано формирование тепловой картины за счет конвекционного (сосудистого) и кондуктивного (контактного) механизмов передачи тепла при любой патологии. Эти взаимосвязанные механизмы дают различный вклад в формирование зон гипер- и гипотермии и характерны для различных форм и стадий поражения (рис. 3).

Результаты этих исследований обобщены в 1978 году в монографии [29]. Были разработаны ТПВ-способы и методики раннего распознавания признаков хронического поражения холодом, профессионального отбора при найме на работу (что внедрено в протокол тестирования моряков при трудоустройстве в условиях Севера), диспансерного наблюдения работников, связанных с хроническим охлаждением, оценки

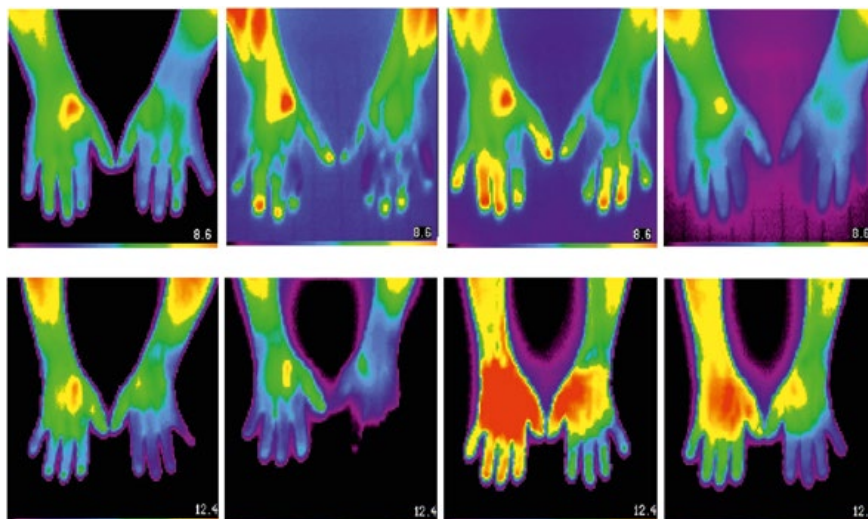


Рисунок 3. Синдром холодовой травмы. Вверху: больной Е., 28 лет. В анамнезе – легкое обморожение кистей рук 1,5 года назад. Слева направо: исходная ТПВ картина кистей, 4, 14 и 17 минут после двусторонней ХП (10 °С, 3 минуты). Внизу: больной А., 54 года. В анамнезе почти 30 лет работы в холодных влажных условиях, 40 минут после аварии плавал в воде зимой. Слева направо: исходная ТПВ картина кистей, 15 минут после двусторонней ХП (10 °С, 3 минуты), сразу и через 2 минуты после двусторонней тепловой пробы (40 °С, 3 минуты). (Из [28]). Тепловизор ТВ-04 (Россия).

эффективности профилактических мероприятий. Механизмы холодового воздействия на периферическое кровообращение в конечностях продолжают изучаться [30–32].

Профессионально ориентированные ТПВ-исследования воздействия холода и холодовых травм, в частности, касаются деятельности человека в экстремальных температурных условиях. Сюда относятся военные профессии [33, 34], работники скотобоен [35, 36], профессии, связанные с выполнением операций при низких температурах среды [37]. Все больше внимания исследователи уделяют разнообразным аспектам непереносимости холода, которая может быть следствием как индивидуальных особенностей, так и нарушений терморегуляции вследствие травм и заболеваний [38, 39].

Таким образом, рассмотренные нами две группы профессионально обусловленных заболеваний (вибрационный синдром и холодовая травма) характеризуются формированием периферического ангиодистонического синдрома и, таким образом, отражаются в многообразных патологических изменениях термотопографии верхних конечностей. Это, в свою очередь, позволяет эффективно использовать ТПВ метод для диагностики, прогноза развития и контроля эффективности лечения этих заболеваний.

#### Список литературы / References

1. Профессиональные болезни. Большая Российская Энциклопедия (в 35 т.). Москва: Научное издательство «Большая российская энциклопедия», 2014. Т. 27. С. 647–648.  
Occupational diseases. Great Russian Encyclopedia (in 35 volumes). Moscow: Scientific Publishing House 'Great Russian Encyclopedia'. 2014. V. 27. P. 647–648.
2. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году. Государственный доклад. [http://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/c51/gd\\_2017\\_seb.pdf](http://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/c51/gd_2017_seb.pdf) (Архивная копия от 11.09.2018).  
On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2017. State report. [http://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/c51/gd\\_2017\\_seb.pdf](http://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/c51/gd_2017_seb.pdf) (Archived copy from 11.09.2018).
3. Vardasca R. The Effect of Work-Related Mechanical Stress on the Peripheral Temperature of the Hand. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy. University of Glamorgan, Wales, United Kingdom, July 2010. 307 pp.
4. Jankovic S., Stankovic S., Borjanovic S. et al. Cold stress dynamic thermography for evaluation of vascular disorders in hand-arm vibration syndrome. *J Occup Health* 2008; 50: 423–425. DOI: 10.1539/joh.L7140.
5. Воловик М. Г., Долгов И. М. Термомоимитика кистей рук. Сообщение 2. Термотопография кистей при патологии сосудов верхних конечностей, синдроме Рейно, торакальной симпатэтомии, ишемической болезни сердца и ряде других заболеваний. *Медицинский алфавит*. 2021; (5): 62–70. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-5-62-70>  
Volovik M. G., Dolgov I. M. Thermomimetics of hands. Post 2. Thermotopography of the hands in pathology of the vessels of the upper extremities, Raynaud's syndrome, thoracic sympathetomy, coronary heart disease and a number of other diseases. *Medical Alphabef*. 2021; (5): 62–70. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-5-62-70>

6. Tiillilä M. A preliminary study of the «white finger» syndrome in lumberjacks, using thermographic and other diagnostic tests. *Work Environ. Health*, 1, 85–87, 1970. <https://www.jstor.org/stable/44368284>
7. Acciarri L., Carnevale F., Della Selva A. Thermography in the hand angiopathy from vibrating tools. *Journal of occupational and environmental medicine. American College of Occupational and Environmental Medicine*. February 1977; 19 (2): 146. DOI: 10.1097/00043764-197702000-00027.
8. Gautherie M. Clinical studies of the vibration syndrome using a cold stress test measuring finger temperature. *Centr Eur J Publ Hlth*. 1995; 3 (suppl), 5–10. PMID: 9150957.
9. von Bierbrauer A., Schilk I., Lucke C., Schmidt J. A. Infrared thermography in the diagnosis of Raynaud's phenomenon in vibration-induced white finger. *Vasa*. 1998 May; 27 (2): 94–99. PMID: 9612113.
10. Ring E.F.J., Ammer K. Infrared thermal imaging in medicine. *Physiol Measur*. March 2012. 33 (3): R33–46. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/33/3/R33>
11. House R., Holness L., Taraschuk I., Nisenbaum R. Infrared thermography in the hands and feet of hand-arm vibration syndrome (HAVS) cases and controls. *International Journal of Industrial Ergonomics*. Nov 2017; Vol. 62, P. 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2017.01.001>
12. Kurumatani N., Iki M., Hirata K. et al. Usefulness of fingertip skin temperature for examining peripheral circulatory disturbances of vibrating tool operators. *Scand J Work Environ Health*. 1986 Aug; 12 (4 Spec No): 245–248. <https://www.jstor.org/stable/40965338>
13. Harada N. Cold-stress involving finger skin temperature measurement for evaluation of vascular disorders in hand-arm vibration syndrome: review of the literature. *Int Arch Occup Environ Health* 2002; 75: 14–19. DOI: 10.1007/s004200100273.
14. Merla A., Di Donato L., Di Luzio S., Romani G. L. Quantifying the relevance and stage of disease with the Tau image technique. *IEEE Eng Med Biol Mag*. 2002; 21: 86–91. DOI: 10.1109/memb.2002.1175143.
15. Jankovic S., Stankovic S. The superimposition matrix in obtaining k-maps for thermographic visualization of rewarming processes in hand-arm vibration syndrome. *Anale. Seria Informatica*. 2011, V. IX, fasc. 1, P. 67–74.
16. Volovik M. G., Kiselyov D. V., Polevaya S. A., Aleksandrov N. M., Peretyagin P. V., Khomyakova M. I., Koval'chuk A. V. Effects of Repeated Local Ischemia on the Temperature and Microcirculation in the Skin of the Human Hand. *Human Physiology*. 2015; 41 (4): 428–436. <https://doi.org/10.1134/S0362119715030184>
17. Колесов С. Н., Прилучный М. А. Варианты нарушения механизмов терморегуляции кистей при вибрационной болезни. Матер. VII Междунар. конф. «Прикладная оптика–2006». Санкт-Петербург, 2006. С. 85–91.  
Kolesov S. N., Priluchnyi M. A. Variants of violation of the thermoregulatory mechanisms of the hands in vibration disease. *Mater. VII International Conference «Applied Optics 2006»*. St. Petersburg, 2006. P. 85–91.
18. Seixas A., Mendes J., Vardasca R. et al. Immediate effects of whole-body vibration exercise on thermal symmetry of the lower legs and ankles. *Revista HUPE, Rio de Janeiro*, 2018, 17 (1): 22–29. DOI: 10.12957/rhupu.2018.39272.
19. Seixas A., Vardasca R., Gabriel J. The Effect of Different Vibration Frequencies in the Skin Temperature in Healthy Subjects. *2014 IEEE Int Symp Med Meas Appl*. 2014; 1–5. <https://doi.org/10.1109/MeMeA.2014.6860150>
20. Sonza A., Robinson C. C., Achaval M., Zaro M. A. Whole body vibration at different exposure frequencies: Infrared thermography and physiological effects. *Scientific World Journal* 2015; 2015: 452657. 7. <https://doi.org/10.1155/2015/452657>
21. Moreira-Marconi E., Moura-Fernandes M. C., Lopes-Souza P. et al. Evaluation of the temperature of posterior lower limbs skin during the whole-body vibration measured by infrared thermography: Cross-sectional study analysis using linear mixed effect model. *PLoS ONE*, 2019. 14 (3): e0212512. 14 pp. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212512>
22. Ye Y., Griffin M. J. Effect of Room Temperature on Tests for Diagnosing Vibration-Induced White Finger: Finger Rewarming Times and Finger Systolic Blood Pressures. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 2017, 90, 527–538. DOI: 10.1007/s00420-017-1214-2.
23. Youakim S. Infrared thermometry in the diagnosis of hand-arm vibration syndrome. *Occupational Medicine*, vol. 60, no. 3, pp. 225–230, 2010. DOI: 10.1093/occmed/kqq004.
24. Volovik M. G., Polevaya S. A., Khomyakova M. I. Cold test for thermal-vision studies of symmetrical reactions in physiology and medical diagnosis. *Journal of Optical Technology*. 2013; 80 (6): 393–399. DOI: 10.1364/JOT.80.000393.
25. Coughlin P. A., Chetter I. C., Kent P. J., Kester R. C. The analysis of sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value of cold provocation thermography in the objective diagnosis of the hand-arm vibration syndrome. *Occup Med (Lond)*. 2001; 51 (2): 75–80. DOI: 10.1093/occmed/51.2.075.
26. Veghte J. H. Infrared Thermography of Subjects in Diverse Environments. Technical Documentary Report. *Artic Aeromedical Laboratory, Aerospace Medical Division, Air Force Systems Command*. 1965, p. 18.
27. Орлов Г. А. Инфракрасное излучение у больных холодным нейроваскулитом («влажная конечность»). *Хирургия*. 1972. № 7. С. 125–128.  
Orlov G. A. Infrared radiation in patients with cold neurovasculitis («Wet Limb»). *Surgery*. 1972. No. 7. P. 125–128.
28. Колесов С. Н., Воловик М. Г., Прилучный М. А. Медицинское теплорадиовидение: современный методологический подход. Н. Новгород: ФГУ «НИИТО Росмедтехнологий», 2008. 184 с.  
Kolesov S. N., Volovik M. G., Priluchnyi M. A. Medical thermal imaging: modern methodological approach. *Rosmedtechnology*, 2008. 184 p.
29. Орлов Г. А. Хроническое поражение холодом. Л.: Медицина, 1978. 168 с.  
Orlov G. A. Chronic cold injury. L.: Medicine, 1978. 168 p.
30. 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. Thermal imaging research method in the diagnosis of occupational diseases in workers of the industrial complex of the Far North. Apatity, 2011. 137 p.
31. Попов В. А., Плескач В. В., Попова Н. В. Оценка адаптационных сосудистых реакций моряков при профотборах для работы в условиях Севера. *Морская медицина*. 2017; 3 (3): 50–54. DOI: 10.22328/2413-5747-2017-3-3-50-54.  
Popov V. A., Pleskach V. V., Popova N. V. Assessment of adaptive vascular reactions of sailors during professional selection for work in the conditions of the North. *Marine medicine*. 2017; 3 (3): 50–54. DOI: 10.22328/2413-5747-2017-3-3-50-54.
32. Насутион А. И., Панков М. Н., Кирьянов А. Б., Старцева Л. Ф. Влияние дрожи, гипотермии и циркадного ритма на особенности проведения исследования с помощью метода инфракрасной термографии в условиях Арктики (обзор). *Журн. мед.-биол. исследований*. 2020; 8 (1): 89–98. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2020.8.1.89.  
Nasution A. I., Pankov M. N., Kir'anov A. B., Startseva L. F. Influence of Shivering, Hypothermia and Circadian Rhythms on the Features of Research Using Infrared Thermography in the Arctic (Review). *Journal Med.-Biol. Res*. 2020; 8 (1): 89–98. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2020.8.1.89.
33. Brändström H., Grip H., Hallberg P. et al. Hand cold recovery responses before and after 15 months of military training in a cold climate. *Aviat Space Environ Med*. 2008; 79 (9): 904–908. DOI: 10.3357/asm.1886.2008.
34. Marins J. C. B., Formenti D., Costa C. M. A. et al. Circadian and gender differences in skin temperature in militaries by thermography. *Infrared Physics & Technology* 2015; 71: 322–328. DOI: 10.1016/j.infrared.2015.05.008.
35. Buzanello M. R., Moro A. R. Slaughterhouse workers exposed to cold: proposal of reference thermography values for hands. *Work* 2012; 41 (suppl 1): 2876–2881. DOI: 10.3233/WOR-2012-0537-2876.
36. Tironi A. S., Dos Reis D. C., Ramos E., Moro A. R. P. Thermographic evaluation of the hands of pig slaughterhouse workers exposed to cold temperatures. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2017, 14 (8), art. No. 838. DOI: 10.3390/ijerph14080838.
37. Takeda F., Moro A. R. P., Martins N. et al. Thermographic Images to Measure Health Risks of Workers Exposed to Artificially Refrigerated Environments. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* April 2018. 20 (2): 245–254. DOI: 10.1590/1806-9061-2017-0552.
38. Zlatar T., Vardasca R., Marques A. T. Changes in face and hands skin temperature during exposure moderate cold thermal environment. *Occupational Safety and Hygiene III*. 2015; 3: 267–269. DOI: 10.1152/jappl.2001.90.4.1211.
39. Ruijs A. C., Jaquet J. B., Brandsma M. et al. Application of infrared thermography for the analysis of rewarming in patients with cold intolerance. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 2008, 42 (4): 206–210. DOI: 10.1080/02844310802033943.

Статья поступила / Received 17.02.22

Получена после рецензирования / Revised 28.02.22

Принята в печать / Accepted 18.03.22

**Сведения об авторах**Воловик М. Г.<sup>1,4</sup>, д.б.н., в.н.с. ORCID: 0000-0002-5459-2545Долгов И. М.<sup>2,4</sup>, д.м.н., лауреат Государственной премии РФ. ORCID: 0000-0002-5511-2545Короткова Н. Л.<sup>1,3</sup>, д.м.н., проф. кафедры челюстно-лицевой хирургии. ORCID: 0000-0001-7812-1433<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Нижний Новгород<sup>2</sup>ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации ФМБА», Москва<sup>3</sup>ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), Москва<sup>4</sup>ООО «Дигносис», Москва

Автор для переписки: Воловик М. Г. E-mail: volovik@dignosis.com

пография кистей рук в диагностике профзаболеваний: вибрационная болезнь и холодная травма. *Медицинский алфавит*. 2022; (9): 50–54. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-9-50-54>.**About authors**Volovik M. G.<sup>1,4</sup>, Dr Bio Sci, leading researcher. ORCID: 0000-0002-5459-2545Dolgov I. M.<sup>2,4</sup>, DM Sci (habil.), laureate of the State Prize of the Russian Federation. ORCID: 0000-0002-5511-2545Korotkova N. L.<sup>1,3</sup>, DM Sci (habil.), professor at Dept of Maxillofacial Surgery. ORCID: 0000-0001-7812-1433<sup>1</sup>Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia<sup>2</sup>Federal Scientific Clinical Centre for Sports Medicine and Rehabilitation, Moscow, Russia<sup>3</sup>First Moscow State Medical University n.a. I. M. Sechenov (Sechenov University), Moscow, Russia<sup>4</sup>Dignosis Co., Moscow, Russia

Corresponding author: Volovik M. G. E-mail: volovik@dignosis.com

For citation: Volovik M. G., Dolgov I. M., Korotkova N. L. Thermotopography of hands in diagnosis of occupational diseases: Hand-arm vibration syndrome and cold injury syndrome. *Medical alphabet*. 2022; (9):50–54. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-9-50-54>.