

# Значение термотопографии кистей рук в диагностике травмы повторяющегося напряжения, для массовых профосмотров и в эргономике

М. Г. Воловик<sup>1,3</sup>, И. М. Долгов<sup>2,3</sup>

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

<sup>2</sup>Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины ФМБА России, Москва

<sup>3</sup>ООО «Дигносис», Москва

## РЕЗЮМЕ

В статье проанализировано современное состояние тепловизионных исследований в области скрининга и оценки тяжести состояния при широко распространенном заболевании верхних конечностей, связанном с повторяющимся напряжением в процессе трудовой деятельности (repetitive strain injury – RSI). Температурные распределения на поверхности кожных покровов кистей рук, обусловленные профессиональной деятельностью и условиями труда, подробно рассмотрены в аспекте их применимости и эффективности при массовых профосмотрах, а также в эргономических разработках.

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

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, эргономика.

## The importance of thermal topography of the hands in the diagnosis of repetitive strain injury, for mass occupational medical examinations and in ergonomics

M. G. Volovik<sup>1,3</sup>, I. M. Dolgov<sup>2,3</sup>

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

<sup>2</sup>Federal Scientific and Clinical Center of Sport Medicine Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

<sup>3</sup>LLO «Dignosys», Moscow, Russia

## SUMMARY

The article analyzes the current state of thermal imaging research in the field of screening and assessment of the severity of the condition in a widespread upper limb disease associated with repetitive strain injury (RSI). Temperature distributions on the surface of the skin of the hands, due to professional activities and working conditions, are considered in detail in terms of their applicability and effectiveness in mass occupational medical examinations, as well as in ergonomic developments.

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

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

Профессиональная патология затрагивает большое число людей во всем мире и является дорогостоящей как в экономическом, так и в социальном аспектах [1]. По-прежнему существует множество профессий, в которых манипуляции связаны с повторяющимися, нередко монотонными движениями, чрезмерной нагрузкой, что способствует развитию заболеваний, поражающих верхние конечности [2].

В нашей предыдущей работе мы рассмотрели важность использования термотопографии кистей рук в диагностике вибрационной болезни и холодовой травмы [3]. Настоящий обзор посвящен тепловизионным (ТПВ) исследованиям кистей рук при травме повторяющегося напряжения (repetitive strain injury – RSI), а также

использованию термотопографии кистей для массовых профосмотров и эргономических разработок.

### Травма повторяющегося напряжения (repetitive strain injuries – RSI: M70 Болезни мягких тканей, связанные с нагрузкой, перегрузкой и давлением)

К этой группе часто встречающихся заболеваний относятся профессиональные и спортивные тендинопатии и болезни и травмы мягких тканей, связанные с нагрузкой, перегрузкой и давлением (repetitive strain injury – RSI). Иное название – синдром кумулятивной травмы (cumulative traumas disorders). Диагноз RSI обычно ставится на основании анамнеза и клинического обследования и включает такие расстройства, как туннельные синдромы, латеральный

**Сокращения:** ТПВ – тепловизионный, ХП – холодовая проба, RSI – repetitive strain injuries

эпикондилит и тендинит запястья или кисти [4]. Однако жалобы часто неспецифические, и установление конкретного диагноза сложно. При недостаточности крупных высококачественных исследований с использованием таких методов, как МРТ и УЗИ, актуален поиск эффективных методов визуализации в диагностике этой группы заболеваний. Мы рассмотрим ТПВ исследования нарушений типа RSI на верхних конечностях, обусловленных сугубо профессиональной деятельностью, исключая спортивную.

Наиболее распространенной проблемой этого рода можно считать симптоматику, которую раньше называли «болезнью машинисток», а теперь, скорее, можно называть «болезнью офисных работников», чья деятельность связана с клавиатурой и компьютерной мышью и выражается в монотонной статической нагрузке на кисть и аритмичных сгибательно-разгибательных движениях пальцев рук. Также этому заболеванию подвержены парикмахеры, музыканты, кассиры и т.п. Наиболее часто формируется один из туннельных синдромов – синдром запястного канала, и его изучение с применением тепловидения рассмотрено нами ранее [5].

Во многих ТПВ исследованиях зарегистрированы изменения температуры кожи рук при выполнении повторяющейся работы, в частности, в ответ на ввод текста [6]. Эти изменения на пальцах рук пригодны для определения того, какой из них подвержен большему риску травмы, время восстановления анализируется относительно начальной температуры, возраста, пола, веса, роста, индекса массы тела, занятий спортом и других значимых переменных. При непрерывной печати на клавиатуре всеми пальцами рук в течение 10 минут регистрация ТПВ динамики на тыльной и ладонной поверхности обеих рук в течение 5 минут после теста показала, что ни один из участников не восстановил свою первоначальную температуру [7]. В анализируемой авторами этой работы задаче большой, указательный и средний пальцы имели более высокий риск получения травмы.

Установлено, что при постоянном наборе текста на клавиатуре пальцы рук становятся холодными, причем длительность сеанса печати значима для степени снижения температуры [8]. Периферическая гипотермия у пациентов с симптомами RSI может быть вторичной по отношению к симпатической гиперактивности в результате стимуляции ноцицепторов и механорецепторов, приводящей к аллонейродистрофии [9]. Теоретический анализ в совокупности с ТПВ данными привел авторов к выводу, что метод перспективен в качестве диагностического инструмента при оценке RSI. Описанные ими ТПВ изменения были хорошо воспроизводимы.

Температура кожи после набора текста, по-видимому, отражает основную мышечную перфузию в руке,

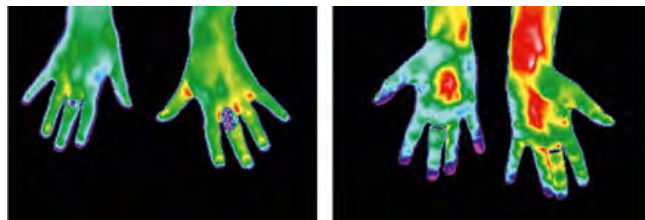


Рисунок 1. Болезни мягких тканей, связанные с нагрузкой, перегрузкой и давлением [M70]. (Перегрузка мышц левой кисти).

а снижение кровотока связано с патофизиологией заболеваний опорно-двигательного аппарата, такими как RSI, что показало изучение связи между средней температурой кожи и относительным объемом кровотока в первой дорсальной межкостной мышце кисти после 9-минутного задания на ввод текста с разной скоростью у здоровых субъектов [10]. Гемодинамические и температурные параметры оказались умеренно коррелированы в течение 10 минут после ввода.

Математическое сопоставление ТПВ данных, полученных у офисных работников с трех областей интереса на кисти при работе на персональном компьютере [11], оказалось проще и быстрее в исполнении по сравнению с методом, предложенным J. E. Gold [10], показав более высокую чувствительность и эффективность в 85 % случаев нарушений.

Проведена ТПВ оценка изменений на тыльной стороне предплечья при вводе данных с клавиатуры [12]. Температура росла в ходе выполнения задания (35 минут) и уменьшалась в течение 30 минут восстановления, причем без гендерных различий и по-разному в зависимости от области интереса. Воспроизводимость данных, основанная на внутриклассовых корреляциях (ICCS), была признана высокой для величин в период ввода данных и низкой для периода восстановления. Обнаружена положительная корреляция между тенденциями субъективного ощущения дискомфорта в предплечье и трендами температуры в ответ на рабочую нагрузку.

В исследовании изменений в обеих руках, когда одна рука печатала на стандартной клавиатуре, а другая оставалась неподвижной, через 5 минут температура предплечья работающей руки повысилась на 0,5 °C, а через 15 минут 1,2 °C по сравнению с покоящейся. Двусторонняя холодовая проба (ХП) сразу после механического воздействия могла приводить к усилению дискриминации [13].

Таким образом, повторяющиеся задачи в виде набора текста на клавиатуре повышают температуру кисти и предплечья через определенное время из-за мышечной активности, которая может быть объективно оценена количественно по динамике температур. В то же время, длительные нагрузки такого рода могут вести к гипотермии кисти и пальцев вплоть до формирования невропатологических синдромов. В недавнем обзоре литературы по теме влияния работы за компьютером на термотопографию кожи рук [14] дан анализ оцениваемых феноменов, областей интереса, продолжительности выполнения профессиональных задач, связанных с риском возникновения RSI. Авторы пришли к выводу о необходимости продолжения исследований. Иллюстрируя сложность проблемы, приводим пример ТПВ изображения кистей при RSI из собственной базы данных (рис. 1).

Еще одним вариантом риска возникновения расстройств типа RSI на руках является процедура пипетирования (при приготовлении растворов), что основано на его природе: повторяющиеся, точные, контролируемые движения. Методом количественной оценки воздействия факторов риска предложено ТПВ измерение температуры в проекции мышц большого пальца [15]. Обнаружено существенное влияние пола и времени манипуляций, изучено влияние использования пипеток большого или малого объема.

В исследовании изменений термопаттерна в области запястья при повторяющихся в течение трех дней движениях, имитирующих работу в текстильном цехе, доказано снижение способности выполнять мышечную работу [16]. У правой руки при контролируемой температуре среды от 20 до 25 °С был выявлен дискомфорт в правой плече и запястье в диапазоне времени, который определял максимальные температуры, достигавшиеся на правом запястье на час ранее, чем на левом. Данные соответствовали не нормальному распределению для левой и правой сторон, а трехпараметрическому распределению Вейбулла с коэффициентом корреляции от 0,93 до 0,99. Эксперименты показали, что в целом система измерений превосходна для оценки риска формирования RSI.

Сложно поддающиеся диагностике из-за множественности симптомов и отсутствия объективных тестов заболевания опорно-двигательного аппарата, обусловленные чрезмерными перегрузками, очень часто встречаются среди музыкантов, в частности, у пианистов. ТПВ измерения тыльной поверхности кистей, предоставляя информацию об изменении температуры мышц при игре на фортепиано оказались важным инструментом в ее изучении [17]. Интерпретация этих изменений полезна для понимания взаимодействия между мышцами, влияния на них разминки, техники игры. Обнаружена статистически значимая разница в температуре рук между группами пианистов с наличием и отсутствием жалоб на боль, но не в температуре кисти и предплечья.

У пациентов с RSI было проведено комплексное исследование температуры и кровотока верхних конечностей с использованием тепловидения, лазерной доплеровской флоуметрии, инфракрасной фото-, а также тензоплетизмографии [18]. Изучали реакции пораженной и интактной конечностей после раздельного воздействия умеренной ХП (20 °С, 1 минута). Характер реакции на контралатеральную ХП в виде расширения сосудов и снижения вазомоторики позволил отличить RSI от других причин хронической боли в верхних конечностях, таких как рефлекторная симпатическая дистрофия.

Таким образом, многочисленные ТПВ работы показали высокую диагностическую и прогностическую ценность метода, что позволяет использовать его в скрининге (в том числе при массовых профилактических осмотрах на производстве) и мониторинге лечения многообразных профессионально обусловленных заболеваний верхних конечностей.

### **Применение тепловидения при массовых профосмотрах и в эргономических исследованиях в гигиене труда и профзаболеваний**

Было предпринято немало усилий в разработке быстрого и надежного инструмента для оценки условий труда и риска развития связанных с работой нарушений опорно-двигательного аппарата типа вибрационной болезни и RSI с помощью тепловидения, в том числе в России [19,20]. Так, создано прогнозирующее уравнение расчета «индекса профессиональных повторяющихся действий» с использованием в качестве независимых переменных температуры среды и температуры кожи

предплечья. Этот индекс, представляющий прогнозные критерии пяти уровней риска, может применяться в качестве инструмента скрининга для большого числа работников [21]. Разработана ТПВ технология выявления профессиональных заболеваний верхних конечностей у учителей в связи с эргономическими особенностями условий их деятельности [22]. Настоятельная и неотложная необходимость профилактических мер в виде соблюдения правил эргономики трудовой деятельности подтверждена ТПВ диагностикой риска развития профзаболеваний у специалистов по уходу за больными [23]. У промышленных рабочих, трудящихся в помещении при температуре 22 °С, показано, что повторяющиеся манипуляции более резко меняют температуру в проекции мышц-разгибателей, чем в других структурах [24]. Авторы с помощью ХП (19,71°С, 5 минут) и динамической ТПВ визуализации показали зависимость зарегистрированных температурных изменений от физиологических или патологических условий труда. Подобный результат также во время деятельности на рабочем месте зафиксирован в исследовании, где оценивали риск травматизации крупных суставов верхней конечности при выполнении повторяющихся движений по критерию максимальных температур, которые могут предупреждать о возможной травме [25].

ТПВ измерения при выполнении теста на силу захвата (30 секунд сжимающих усилий 0, 1, 2 и 3 кг/см<sup>2</sup> на портативном цифровом динамометре с повторением через 48 часов) использовали для получения важных показателей гигиены труда, касающихся старения работника и физиологического состояния верхних конечностей. Определено оптимальное время для проведения ТПВ измерений до и после приложения сжимающих усилий к миофасциальной триггерной точке в области лопаток, двуглавой мышце плеча и сухожилию длинного сгибателя ладони на доминантной верхней конечности. В большинстве случаев наблюдали значительное снижение температуры после приложения усилий в разное время (через 30, 45 и 60 минут) для разных зон интереса, что определяет рекомендации [26]. Высокая надежность и воспроизводимость данных позволяют предложить методологию для проведения периодических оценок травмоопасности подобного типа повторяющихся движений в гигиене труда [27].

При сравнении групп здоровых добровольцев и с жалобами на боль в запястье из-за трудовой деятельности в ТПВ картине области интереса наблюдали достоверные межгрупповые различия [28]. Тепловидение в оценке воспалительного процесса в лучезапястном суставе показало чувствительность 50 % и специфичность 82 % при использовании порога 0,65 °С, что актуально для скрининга и мониторинга RSI.

Исследования группы J. E. Gold [10,29] по оценке риска возникновения нарушений в верхних конечностях у офисных работников при работе на клавиатуре можно считать удобными для скрининга лишь условно. Авторы изучали пригодность использования средней температуры кожи в пястной области тыла кисти до короткого задания на ввод текста и в динамике после него в качестве показателя тяжести нарушения опорно-двигательного аппарата верхних

конечностей. Бессимптомные работники и работники с дистальными симптомами типа RSI печатали в течение 9 минут при трех температурах окружающей среды (18, 22 и 26 °C). Разработанная методика представляется довольно сложной для массовых профосмотров, хотя позволяет различать три группы испытуемых с симптомами холодных рук, вызванными постоянной работой на клавиатуре, при этом более низкие по сравнению с контрольной группой температуры встречаются в случаях наиболее тяжелой дисфункции симпатической нервной системы.

Такие орудия труда, как компьютерные мыши и клавиатура, разрабатываются путем итеративного процесса сопоставления потребностей и характеристик людей с механическими (аппаратными) и системными (программными) требованиями, важнейшее из которых – комфорт. Расположение и степень поддержки рук или контакта между руками пользователей и компьютерными мышами, в дополнение к другим факторам, могут влиять на воспринимаемый пользователями комфорт.

Тепловидение в реальном времени использовали для определения и количественной оценки тепловых характеристик ладонной поверхности руки после кратких периодов ее контакта с мышью [30]. Данное исследование продемонстрировало полезность метода в объективизации субъективных ощущений пользователя для качественной и количественной оценки конструкции модификаций компьютерной мыши.

Работа за компьютером характеризуется сидячей статической нагрузкой с низкоинтенсивным энергетическим обменом. Оценка динамики температуры на тыле предплечья и запястья проведена при длительной работе компьютерной мышью при различных эргономических настройках [31]. В три разных дня в лаборатории с контролируемыми условиями окружающей среды были протестированы три различных эргономичных варианта компьютерной мыши (горизонтальная мышь без коврика; горизонтальная с ковриком и мягкой подставкой для запястья; вертикальная без коврика). Динамику ТПВ изображений правой руки регистрировали до и через каждые 15 минут в течение трех часов в процессе и после непрерывной работы с мышью. При сильной отрицательной корреляции между температурой тыла запястья и временем работы показано, что работа с вертикальной мышью сохраняла более стабильную и высокую температуру запястья ( $>30^{\circ}\text{C}$ ), а горизонтальная снижала ее ниже  $28^{\circ}\text{C}$ .

Проведена ТПВ оценка термотопографии кистей рук после 10 минут набора текста в эргономичной и двух разных неэргономичных (с разгибанием и сгибанием запястья) позах [32]. В неэргономичных позах наблюдали увеличение разницы температур между пястно-фаланговыми и межфаланговыми суставами, а также между температурой тыльной поверхности кисти и пальцами после набора текста.

ТПВ камера оказалась точна в реальных условиях для управления системами неинвазивного автоматического моделирования теплового комфорта здорового человека [33]. В переходных условиях в офисе при температуре окружающей среды от  $21,11^{\circ}\text{C}$  до  $27,78^{\circ}\text{C}$  измеряли температуру открытой кожи рук и температуру одежды.

Результаты показали высокую корреляцию между наблюдаемой температурой кожи, температурой одежды и уровнем теплового комфорта для кожных покровов (выявлены три уровня, субъективно: «прохлада», «комфорт» и «перегрев»). Измерения температуры кожи пальца, кисти и предплечья могут быть полезны для мониторинга и прогнозирования теплового состояния людей [34].

В ряде статей представлены возможности применения тепловидения для проверки теплопередачи в защитной одежде. Так, по результатам измерений термотопографии рук можно определить, какие материалы зимней защитной одежды дают наиболее эффективную теплоизоляцию при работе в условиях низкой температуры на открытом воздухе [35]. Разработана высокочувствительная технология ТПВ визуализации для прогнозирования температуры тела человека на расстоянии при деятельности в жарком помещении в одежде для тушения пожара [36]. ТПВ изображение использовали для сравнения защитных свойств аутентичной одежды из кожи карибу с двумя другими типами одежды для холодной погоды: стандартной зимней формой канадской армии и комплектом современной одежды для экстремальных холодов [37]. Тепловидение по проявлениям терморегуляторных реакций на открытых участках тела (лицо, кисти рук) в вышеописанных контекстах позволяет судить о физиологическом состоянии испытуемых.

Установлены взаимосвязи между температурой кожи верхних конечностей и тепловым комфортом в офисных зданиях со сплит-системами кондиционирования воздуха с возможностью прогнозирования физиологического состояния [38]. Результаты показали, что температура кожи кистей и предплечий является хорошим показателем для прогнозирования тепловых ощущений и может быть использована для оценки теплового комфорта с точки зрения физиологического механизма. При этом нейтральная температура составляла  $24,7^{\circ}\text{C}$ , а верхний предел приемлемости  $80\%$  составил  $28,2^{\circ}\text{C}$ .

Анализ температуры пальцев и ее связи с восприятием телесного дискомфорта и ощущением холода проведен у двух групп работников птицефабрики: рабочих, которые пользовались протективными перчатками, и тех, у кого их не было [39]. Вероятность замерзнуть без перчаток у работника, который пользовался защитой, была выше, чем у работника, который этого не делал.

Изучение влияния металлических кнопок саксофона на динамику локальной температуры пальцев при игре в холодном помещении показало, что тепловизор может быть использован, в том числе, для правильной и качественной модернизации музыкальных инструментов [40]. Аналогичная работа того же коллектива авторов, посвященная динамике температуры кончика указательного пальца после контакта со спусковым крючком винтовки в морозную погоду, также обладает эргономическим потенциалом [41].

Таким образом, эргономические разработки на основе ТПВ исследований верхних конечностей представляются перспективными во многих областях человеческой деятельности [42]. Продemonстрирована также ценность ТПВ изображений для улучшения существующих методов оценки эргономического риска [43].

## 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. 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.
3. Воловик М.Г., Долгов И.М., Короткова Н.А. Термопография кистей рук в диагностике профзаболеваний: вибрационная болезнь и холодная травма // Медицинский алфавит. 2022;9:50–54. DOI: 10.33667/2078–5631–2022–9–50–54  
Volovik M. G., Dolgov I. M., Korotkova N. A. Thermotopography of the hands in diagnosis of occupational diseases: hand-arm vibration syndrome and cold injury syndrome // Medical alphabet. 2022;9:50–54. DOI: 10.33667/2078–5631–2022–9–50–54
4. van Tulder M., Malmivaara A., Koes B. Repetitive strain injury // Lancet. 2007 May 26;369(9575):1815–1822. doi: 10.1016/S0140–6736(07)60820–4
5. Воловик М.Г., Долгов И.М. Термосемиотика кистей рук. Нейропатические нарушения в термопографии кистей // Медицинский алфавит. 2021;14:36–44. https://doi.org/10.33667/2078–5631–2021–14–36–44  
Volovik M. G., Dolgov I. M. Thermosemiotics of hands. Neuropathic disorders in thermotopography of hands // Medical alphabet. 2022;14:36–44. DOI: 10.33667/2078–5631–2021–14–36–44
6. Riley M. W., Sanwick R. T., Cochran D. J. Thermography and Repetitive Stress Trauma: A Pilot Study // Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting. 1985;29(2):172–175. doi: 10.1177/154193128502900217
7. Becerra A. G., Olguin-Tiznado J. E., Garcia Alcaraz J. L. et al. Infrared thermal imaging monitoring on hands when performing repetitive tasks: An experimental study // PLoS ONE (2021) 16(5): e0250733. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250733
8. Ammer K., Melnizky P., Kern E. Cold fingers after keyboard operation. Relationship with duration of typing // 12th International Conference of Thermal Engineering and Thermometry (THERMO), (2001) Budapest (Hungary) // Thermology international. 11(2):84–85.
9. Sharma S. D., Smith E. M., Hazleman B. L., Jenner J. R. Thermographic changes in keyboard operators with chronic forearm pain // BMJ. 11 Jan 1997. 314(7074):118. DOI:10.1136/bmj.314.7074.118
10. Gold J. E., Cherniack M., Hanlon A., Soller B. Skin temperature and muscle blood volume changes in the hand after typing // Int. J. Ind. Ergon. 2010. 40(2), 161–164. https://doi.org/10.1016/j.ergon.2009.07.001
11. Horáček J., Novotný J. Thermal response of hands to computer work: comparison of three assessment procedures // Computer Science, June 2019. P. 27–39. DOI: 10.5817/STS2019–1–39??
12. Littlejohn R. A. N. Thermographic Assessment of the Forearm During Data Entry Tasks: A Reliability Study. Thesis for Master of Science in Industrial and Systems Engineering. Blacksburg, VA, Virginia Tech, 2008. 68 pp.
13. Vardasca R., Ring F., Plassmann P., Jones C. Thermal monitoring of hand stress during keyboard typing // Proceedings of the 9th International Conference on Quantitative Infrared Thermography 2008. doi: 10.21611/qirt.2008.03\_16\_17
14. Seixas A., Rodrigues S. Dynamics of skin surface temperature in the hand after computer work: A review // Occupational Safety and Hygiene, 2016. IV, 299–304 (287–291?). CRC Press. DOI:10.1201/b21172–56
15. Govindu N. K., Babski-Reeves K. L. Thermographic assessment of the thenar thumb muscles during pipetting // International Journal of Human Factors and Ergonomics. 2012; 1, 268–281. DOI: 10.1504/IJHFE.2012.050865
16. Camargo C., Ordorica J., De La Vega E. J. et al. Analysis of temperature on the surface of the wrist due to repetitive movements using sensory thermography // Work. 2012. 41, 2569–2575. doi:10.3233/WOR-2012-0500–2569
17. Mohamed S., Frize M., Comeau G. Assessment of piano-related injuries using infrared imaging // Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE, 2011:4901–4904. DOI: 10.1109/IEMBS.2011.6091214
18. Cooke E. D., Steinberg M. D., Pearson R. M. et al. Reflex sympathetic dystrophy and repetitive strain injury: temperature and microcirculatory changes following mild cold stress // Journal of The Royal Society of Medicine. 1993; 86: 690–693. PMID: 8308805
19. Стулин И.Д., Карлов В.А., Костин А.В. и др. Ультразвуковые и тепловизионные методы диагностики заболеваний сосудов при массовых обследованиях работников ткацкого производства. Методические рекомендации. М.: Производственно-издательский комбинат ВНИИТИ, 1989. 23 с.  
Stulin I. D., Karlov V. A., Kostin A. V., etc. Ultrasound and thermal imaging methods for the diagnosis of vascular diseases during mass examinations of workers in the weaving industry. Methodical recommendations. Moscow: VNIITI Production and Publishing Combine, 1989. 23 p.
20. Chehter A. I., Ginsburg L. I., Traktinsky A. G. Thermography in mass screening investigations of industrial workers // Proc. of SPIE (Bellingham, USA). 1992. V. 2106 (Iconics and Thermovision Systems). P. 105–107. doi: 10.1117/12.163686
21. Soares A. L., de Paula Xavier A. A., Michaloski A. O. Occupational Risk Evaluation Through Infrared Thermography: Development and Proposal of a Rapid Screening Tool for Risk Assessment Arising from Repetitive Actions of the Upper Limbs // Int. J. Environ. Res. Public Health 2020, 17, 3390; 20 pp. doi:10.3390/ijerph17103390
22. Chen S.-W., An S.-B., Wang S.-H. Tracking and detecting occupational diseases for teachers with infrared imaging method // Proc. SPIE 7283, 4th International Symposium on Advanced Optical Manufacturing and Testing Technologies: Optical Test and Measurement Technology and Equipment, 72830C (20 May 2009). https://doi.org/10.1117/12.828594
23. Mannrich G., Tillmann M., Godinho M. S. Musculoskeletal labour overload study on nursing professionals: thermography as an ergonomic diagnostic mean // March 2018. DOI: 10.15406/jpmrj.2018.03.00087
24. Brioschi M. L., Okimoto M. L., Vargas J. V. The utilization of infrared imaging for occupational disease study in industrial work // Work. 2012;41 Suppl 1:503–509. http://dx.doi.org/10.3233/WOR-2012-0203–503
25. Camargo C., De La Vega E., Tiznado J. E. O. et al. Application of Sensory Thermography on Workers of a Wireless Industry in Mexico // World Academy of Science, Engineering and Technology Conference, Paris, July 2014;8(7):356–360.
26. Magalhaes M. F., Dibai-Filho A. V., de Oliveira Guirro E. C. et al. Evolution of skin temperature after the application of compressive forces on tendon muscle and myofascial trigger point // PLoS One 2015, 10 (6), e0129034. doi: 10.1371/journal.pone.0129034
27. Magalhaes C., Silva P., Vardasca R. et al. Reliability of Forearm Skin Thermal Assessment During Handgrip Exercise. In: Wandel Durch Partizipation, Chapter. 2019. P. 447–455. DOI: 10.1007/978–3–030–14730–3\_48



**ПО «облачной» архитектуры удаленного доступа для передачи, обработки и анализа термограмм в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах работы.**

*Программный комплекс «TVision» создан и работает в строгом соответствии с требованиями Федерального закона № 152-ФЗ «О персональных данных»*

**Доступ к комплексу программ «TVision»<sup>®</sup> обеспечивается по модели SAAS (Software as a Service).**



**КОМПЛЕКС ПРОГРАММНОЙ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ТЕРМОГРАММ «TVision»<sup>®</sup>**



Производитель и правообладатель ООО «Дигнозис»  
Россия, Москва, Ленинский проспект, д.146, офис 344  
Телефон: +7(495)508-0646, +7(916)124-7499  
www.dignosys.com info@dignosys.com

28. Magas V., de Souza M.A., Neves E.B., Nohama P. Evaluation of thermal imaging for the diagnosis of repetitive strain injuries of the wrist and hand joints // *Research on Biomedical Engineering*. April 2019. 35(1):57–64. DOI: 10.1007/s42600-019-00009-y
29. Gold J.E., Cherniack M., Hanlon A. et al. Skin temperature in the dorsal hand of office workers and severity of upper extremity musculoskeletal disorders // *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2009. vol. 82, no. 10, pp. 1281–1292. doi: 10.1007/s00420-009-0450-5
30. McLoone H., Jacobson M., Adams E., Johnson P. Infrared thermography to qualify and quantify interaction between hand and computer mouse and its relationship to comfort // *Proceedings of the 44th Human Factors and Ergonomics Society Congress 2000*, Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society. P. 47–50. <https://doi.org/10.1177/154193120004403213>
31. Resfe J., Zvagule T., Kurjane N. et al. Wrist hypothermia related to continuous work with a computer mouse: a digital infrared imaging pilot study // *Int J Environ Res Public Health* 2015, 12 (8) 9265–9281. doi:10.3390/ijerph120809265
32. de Souza Vianna B. E., Rodrigues Leite P. K., Butterworth E. et al. Preliminary Results on the Assessment of Temperature Distribution on Hands after Typing on Ergonomic and Non-ergonomic Postures. In book: *Human Interaction and Emerging Technologies*. January 2020. Chapter. DOI: 10.1007/978-3-030-25629-6\_91
33. Cosma A.-C., Simha R. Thermal comfort modeling in transient conditions using real-time local body temperature extraction with a thermographic camera // *Building and Environment*. June 2018;143. DOI: 10.1016/j.buildenv.2018.06.052
34. Wang D., Zhang H., Arens E., Huizenga C. Observations of upper-extremity skin temperature and corresponding overall-body thermal sensations and comfort // *Building and Environment*. 2007;42(12):3933–3943. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.06.035>
35. Pejnović N., Frančević B. Testing heat transfer in protective clothing using a thermographic camera // *Sigurnost* 2019; 61 (3): 209–216. <https://doi.org/10.31306/s.61.3.7>
36. Bourlai T., Pryor R.R., Suyama J. et al. Use of thermal imagery for estimation of core body temperature during precooling, exertion, and recovery in wildland firefighter protective clothing // *Prehospital Emergency Care* 2012, 16 (3): 390–399. doi: 10.3109/10903127.2012.670689
37. Hill R.W., Tattersall G. J., Campbell K.L. et al. Thermal Imaging and Physiological Analysis of Cold-Climate Caribou-Skin Clothing // *Arctic*, March 2020. 73(1):40–52. DOI: 10.14430/arctic69909
38. Wu Z., Li N., Cui H. et al. Using Upper Extremity Skin Temperatures to Assess Thermal Comfort in Office Buildings in Changsha, China // *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2017, 14, 1092. doi: 10.3390/ijerph14101092
39. Tirloni A. S., dos Reis D. C., Dias N. F., Moro A. R. P. The Use of Personal Protective Equipment: Finger Temperatures and Thermal Sensation of Workers' Exposure to Cold Environment // *Int J Environ Res. Public Health*. 2018, 15, 2583. 14 pp. doi:10.3390/ijerph15112583
40. Urakov A., Stolyarenko A. Temperature dynamics of the musician's fingers when playing the saxophone in cold conditions // *Thermology international* 31(3)(2021): 129–131.
41. Urakov A. L., Demment'ev V. B., Gadelshina A. A. Temperature dynamics of the index fingertip after contact with the rifle trigger in frosty weather // *Thermology International* 2018; 28 (Supplement) S19.
42. Ohliger A. Can Ergonomic Stress Be Measured Using Thermography // *InfraMation Proceedings*. 2006.
43. Mohamad Rashid M. R., Mohd Amran M. D., Ikbar A. W., Khairanum S. The Development of Ergonomics Risk Assessment Method using Infrared Thermal Imaging // *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, March 2020, Volume 9, No.1.1, P. 142–148. DOI: 10.30534/ijatcse/2020/2691.12020

Статья поступила / Received 15.04.2022  
Получена после рецензирования / Revised 19.04.2022  
Принята к публикации / Accepted 19.04.2022

#### Сведения об авторах

**Воловик М. Г.**<sup>1,3</sup>, д.б.н., ведущий научный сотрудник<sup>1</sup>, ORCID: 0000-0002-5459-2545  
**Долгов И. М.**<sup>2,3</sup>, д.м.н., лауреат Гос. премии РФ, ORCID: 0000-0002-5511-2545

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

<sup>2</sup>Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины ФМБА России, Москва

<sup>3</sup>ООО «Дигносис», Москва

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

**Для цитирования:** Воловик М. Г., Долгов И. М. Значение термографии кистей рук в диагностике травмы повторяющегося напряжения, для массовых профосмотров и в эргономике. *Медицинский алфавит*. 2022; (10): 47–52. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-11-47-52>.

#### About authors

**Volovik M. G.**<sup>1,3</sup>, Dr Bio Sci (habil), leading researcher<sup>1</sup>, ORCID: 0000-0002-5459-2545  
**Dolgov I. M.**<sup>2,3</sup>, DM Sci (habil), laureate of the State. RF awards, ORCID: 0000-0002-5511-2545

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

<sup>2</sup>Federal Scientific and Clinical Center of Sport Medicine Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

<sup>3</sup>LLO «Dignosis», Moscow, Russia

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

**For citation:** Volovik M. G., Dolgov I. M. The importance of thermal topography of the hands in the diagnosis of repetitive strain injury, for mass occupational medical examinations and in ergonomics. *Medical alphabet*. 2022; (10): 47–52. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-11-47-52>.



## Подписка на журнал 2022 год



## Медицинский алфавит

«Медицинский алфавит». Серия **«Современная функциональная диагностика»**

Печатная версия – 700 руб. за номер, электронная версия любого журнала – 5000 руб. за номер.  
Присылайте, пожалуйста, запрос на адрес [medalfavit@mail.ru](mailto:medalfavit@mail.ru).

### ООО «Альфмед»

ИНН 7716213348

Р/с № 40702810738090108773

ПАО «СБЕРБАНК РОССИИ», г. Москва

К/с 30101810400000000225 БИК 044525225

**Годовая подписка** на журнал «Медицинский алфавит

Серия **«Современная функциональная диагностика»** – 4 выпуска в год.

Цена (за год) 2800 руб. печатная версия или 2000 руб. электронная версия.

### Как подписаться

1. Оплатить квитанцию в любом отделении Сбербанка у кассира с получением кассового чека. Журналы высылаются только если вы прислали адрес доставки на электронную почту издательства. Отправить скан квитанции с кассовым чеком, выданным кассиром банка, на e-mail [medalfavit\\_pr@bk.ru](mailto:medalfavit_pr@bk.ru) или [podpiska.ma@mail.ru](mailto:podpiska.ma@mail.ru).
2. Оплата через онлайн-банки издательством принимается только на сайте <https://medalfavit.ru/podpiska-na-zhurnal/> в разделе **«Издательство медицинской литературы»**.