

УДК 612.821

## ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕАКЦИЙ КОНТРАЛАТЕРАЛЬНОЙ КИСТИ РУКИ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ХОЛОДОВОМ ТЕСТЕ У ЮЖНОАЗИАТСКИХ МИГРАНТОВ МОЛОДОГО ВОЗРАСТА В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ

© 2022 г. А. А. Медведев<sup>1</sup>, \*, Л. В. Соколова<sup>2</sup>, \*\*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия

<sup>2</sup>ФГБНУ Институт возрастной физиологии РАО, Москва, Россия

\*E-mail: alexmedve@mail.ru

\*\*E-mail: sluida@yandex.ru

Поступила в редакцию 12.07.2021 г.

После доработки 02.04.2022 г.

Принята к публикации 08.04.2022 г.

В статье приведены результаты термографического обследования кистей рук у молодых людей, принадлежащих к различным географическим популяциям – коренные жители Европейского Севера России и Южной Азии. Исследование проводилось с целью выявления особенностей температурных реакций контралатеральной (левой) кисти руки при локальном охлаждении правой у неадаптированных к холодному климату молодых людей, мигрантов из Южной Азии (Индия). В качестве основного метода исследования был выбран метод инфракрасной термографии посредством тепловизионной камеры NEC-900 (Япония), с помощью которой были сделаны термоснимки кистей рук. В обследовании принимали участие 48 чел., из которых 24 чел. (11 девушек и 13 юношей) – студенты Северного государственного медицинского университета, уроженцы Южной Азии (группа ЮА) и 24 чел. (12 девушек и 12 юношей) – студенты того же ВУЗа, постоянно проживающие на территории Европейского Севера России (группа ЕСР). В результате исследования обнаружены значимые различия между группами ЮА и ЕСР по номинальным значениям фоновой температуры поверхности кожи левой (контралатеральной) кисти, а также температуры кисти руки на каждом этапе восстановительного периода после локальной холодной пробы (выдерживание кисти правой руки в холодной воде с температурой 6°C в течение 1 мин). На всех этапах эксперимента установлено статистически значимо более низкое значение температуры кисти в группе ЮА по сравнению с группой ЕСР. В то же время выявлена сходная динамика температурных изменений контралатеральной кисти руки в обеих группах, проявляющаяся в постепенном повышении температуры контралатеральной кисти после проведения холодной пробы.

*Ключевые слова:* адаптация, терморегуляция, термография, компенсаторно-приспособительные реакции, жители Европейского Севера России, коренные жители Южной Азии, локальная холодная проба.

DOI: 10.31857/S0131164622040063

Условия Европейского Севера России отличаются большой совокупностью неблагоприятных погодных факторов, особенно сильно проявляющихся в зимний период года. Низкая температура воздуха наряду с повышенной относительной влажностью, короткий фотопериод в зимнее время года требуют от организма человека определенных адаптивных приспособлений, которые обеспечивают своевременные и адекватные реакции организма на климатические и погодные изменения [1]. Изменение погодных условий или смена климата оказывают очень широкое влияние на организм, включающее как физиологиче-

ские, так и психофизиологические воздействия [2, 3].

Многочисленные исследования показывают наличие адаптаций к холодному климату Крайнего Севера, проявляющихся на молекулярном и клеточном уровнях [4, 5]. Среди таких адаптаций можно выделить те, что закреплены уже на уровне генома [6, 7], некоторые вырабатываются в ранний постнатальный период жизни, в подростковом и зрелом возрасте [8]. Установлена также стадийность формирования адаптивного состояния организма, в частности, А.П. Авцын выделил три стадии в развитии адаптации организма жи-

телей теплых регионов Земли к непривычным условиям холодного климата Севера [9].

Безусловно, важнейшую роль в адаптации к холодному климату играет система терморегуляции организма, которая обеспечивает адекватный функциональный ответ на изменение температуры внешней среды. Имеются данные о постепенном изменении терморегуляционных параметров организма в ходе адаптационного процесса, при котором в начальном периоде наблюдается длительный спазм периферических сосудов, приводящий к значительному снижению температуры, механизм которого основан на деятельности  $\alpha$ -адренорецепторов сосудов, изменение активности которых выявлено экспериментально [10]. На следующих этапах адаптации эта реакция постепенно сменяется краткосрочными вазоконстрикторными ответами на резкое охлаждение [11]. Установлено, что представители разных географических популяций людей имеют отличающиеся параметры терморегуляции, выражающиеся, прежде всего, в различных реакциях организма на локальное охлаждение [12]. Жители жарких регионов Земли, имеют более высокую восприимчивость к холоду и подвержены более высокому риску получения холодовых травм (обморожений) [13].

Важными и достаточно информативными показателями адаптированности организма к условиям холодного климата являются параметры терморегуляции, фиксировать которые можно с помощью тепловизионных устройств. Недавние исследования показывают высокую эффективность применения термографии в диагностике адаптационного процесса организма [14], особенно при адаптации к низким температурам, что может наблюдаться при смене климатических условий. Обнаружено, что локальное охлаждение вызывает вазоконстрикцию периферических артерий, артериол и уменьшение кровотока, обеспечивая ограничение теплопотерь с поверхности кожи; меняются показатели перфузионного кровотока, частоты сердечных сокращений и вариабельности ритма сердца, артериального давления [15, 16]. Применение методик термографии становится особенно важным в функциональной диагностике, позволяющей выявить предрасположенность организма людей к развитию сердечно-сосудистых патологий, нарушений адаптации к холоду [17, 18].

Можно предположить наличие специфики температурных реакций на локальное холодовое воздействие и в период восстановления у молодых людей из Южной Азии на первых этапах адаптации к климату Европейского Севера России.

## МЕТОДИКА

В настоящем исследовании проводили сравнение показателей температурных реакций кисти левой руки (контралатеральной) при локальном охлаждении правой кисти у человека. В качестве групп обследованных лиц были выбраны практически здоровые юноши и девушки — студенты Северного государственного медицинского университета (г. Архангельск), средний возраст 20.5 лет. Добровольцы относятся к разным географическим популяциям — коренные жители Европейского Севера России (контрольная группа ЕСП) и жители Южной Азии (Индия), приехавшие на обучение (экспериментальная группа ЮА). На момент проведения обследования мигранты молодого возраста из Индии находились на Европейском Севере в течение 4–6 нед., что соответствует начальному периоду адаптации (стадия адаптивного напряжения, А.П. Авцын, 1985 [9]). Общее количество участников экспериментальной группы составило 24 чел. (11 девушек и 13 юношей). В контрольную группу были включены 24 чел. (12 девушек и 12 юношей) — уроженцы Европейского Севера России (Архангельская область, Республика Коми).

Обследование проводили в закрытом лабораторном помещении с температурой воздуха  $24 \pm 1.5^\circ\text{C}$  и относительной влажностью 50–55%. Для формирования устойчивого температурного баланса между внутренней средой организма и условиями окружающей среды участники находились в лаборатории в состоянии спокойного бодрствования в положении сидя в течение 10 мин перед регистрацией температурных данных.

Регистрировали показатели средневзвешенной температуры медиальной стороны кистей рук. Все измерения у обследуемых лиц проводили в состоянии покоя в положении сидя. Измерение температуры проводили с помощью высокочувствительной тепловизионной камеры NEC-900 (производство *Nippon Aviotronics Co., Ltd.*, Япония, чувствительность  $0.02^\circ\text{C}$ ), с расстояния 1.3 м под углом  $45^\circ$  к поверхности ладоней. Определение инфракрасного термопортрета кистей вели путем фотосъемки, при которой было сделано 7 последовательных фотоснимков ладони левой руки (рис. 1).

На рис. 1.1 представлен первый снимок кисти левой руки, зарегистрированный в состоянии покоя в положении сидя в помещении-лаборатории без каких-либо посторонних контрастных температурных воздействий. Затем у обследуемого производили охлаждение правой кисти путем ее полного погружения на 1 мин в воду с температурой  $6^\circ\text{C}$ . В момент прекращения холодового воздействия на кисть правой руки делали 2-й снимок (рис. 1.2). Остальные 5 снимков (рис. 1.3–1.7) бы-

ли сделаны после второго снимка последовательно в период восстановления с интервалом в 1 мин.

Таким образом, во время эксперимента кроме фоновой средневзвешенной температуры ладони была определена температура в первые 5 мин восстановительного периода после окончания охлаждающего воздействия. Обработку полученных снимков производил с помощью программы *Thermography Studio*, являющуюся компонентом программного комплекса тепловизионной камеры NEC-900.

Статистический анализ изучаемых показателей средневзвешенной температуры кожи кисти руки проводили с использованием программы *Microsoft Excel* и пакета прикладных программ *SPSS 21.0* для *OS Windows*. Результаты статистической обработки представлены в виде средних, медианы, размаха и центральных квартилей температурных значений. Анализ значений на нормальность распределения производили по критерию Шапиро-Уилка. Для определения достоверности направленного изменения температуры кистей рук в течение нескольких минут (на каждом этапе измерений с интервалом в 1 мин) использовали критерий Фридмана. Различия температурных значений между группами проверяли по критерию *U*-Манна-Уитни.

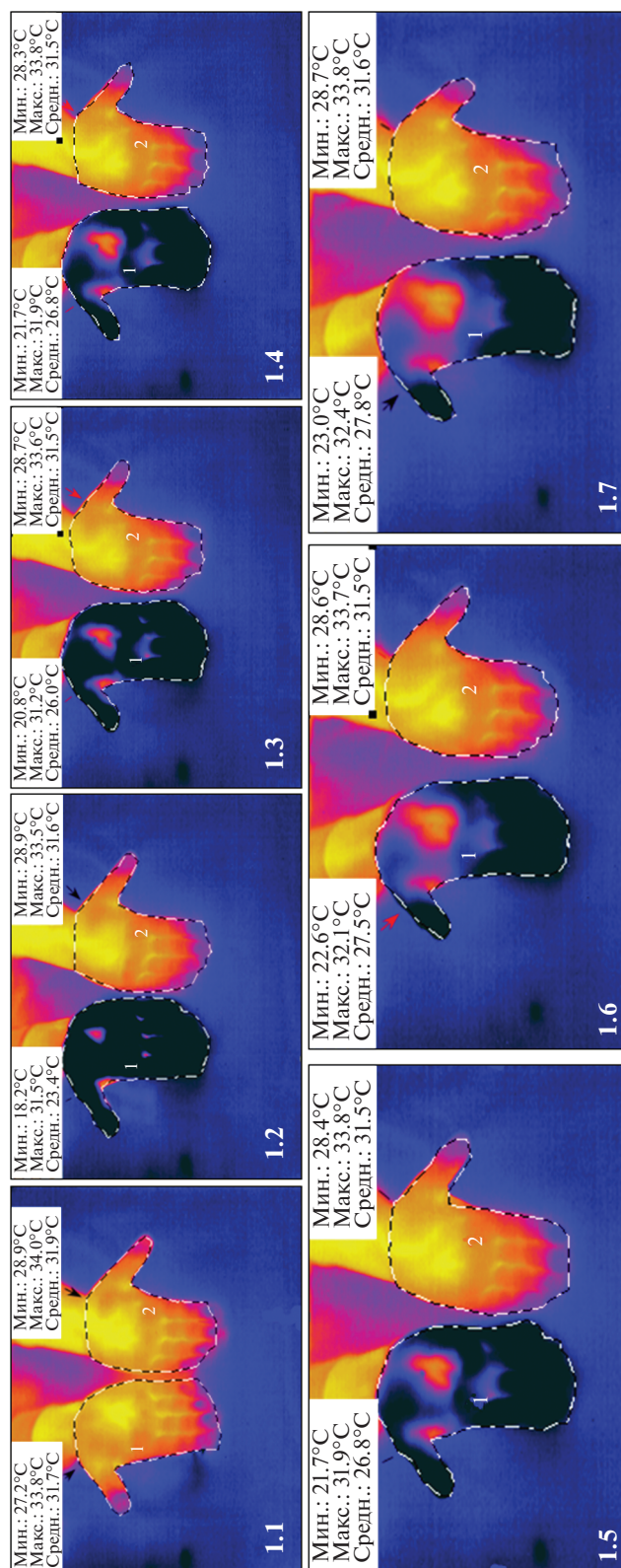
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате статистического анализа полученных данных по температуре контралатеральной кисти руки в различные периоды восстановления после охлаждающего воздействия, обнаружены некоторые отличия между группами ЕСР и ЮА.

Температура контралатеральной кисти руки студентов группы ЮА изначально отличалась низким значением по сравнению с группой студентов ЕСР. Статистический анализ показывает незначительный разброс данного показателя внутри групп, вычисленные медианы начальной температуры составляют 26.3 и 30.8°C соответственно (табл. 1).

Как показывают данные, после окончания локальной холодовой пробы каких-либо значимых температурных изменений в первые две минуты в обеих группах не выявлено, однако по истечении 5-минутного восстановительного периода обнаруживается повышение медианной температуры на 1.1°C по сравнению с исходным состоянием в группе ЮА и на 1.4°C в группе ЕСР, что может говорить об активации процессов теплообразования как отсроченной ответной компенсаторной реакции организма.

Анализ результатов по критерию Фридмана по итогам 7-кратного измерения температуры пока-



**Рис. 1.** Термопортрет кистей рук (медиальная сторона) до и после охлаждающего воздействия.

Цифры на снимках ладоней 1 и 2 – соответственно правая и левая кисти; номера снимков: 1.1 – фоновое состояние; 1.2 – в момент прекращения охлаждающего воздействия; 1.3–1.7 – с окончания 1-ой по окончании 5-ой мин после прекращения охлаждающего воздействия.

**Таблица 1.** Показатели температуры контралатеральной кисти до и после применения локальной холодовой пробы в группах обследованных

Показатели		Фон	0 мин	1 мин	2 мин	3 мин	4 мин	5 мин
ЮА, $n = 24$								
Медиана		26.3	26.3	26.5	26.6	27.0	27.5	27.4
Размах		6.3	5.9	5.5	5.9	6.3	7.3	7.4
Процентили	25	24.9	25.3	25.4	25.4	25.6	25.6	25.3
	75	28.6	28.7	28.5	28.6	28.9	29.3	29.5
ЕСР, $n = 24$								
Медиана		30.8	30.6	30.6	31.2	31.7	32.0	32.2
Размах		13.0	12.1	11.9	11.5	11.2	10.6	10.3
Процентили	25	27.7	27.7	27.2	27.6	28.0	28.2	28.2
	75	34.1	32.7	33.7	34.1	34.6	34.5	34.8

зал, что в обеих группах происходило статистически достоверное изменение температуры между началом и окончанием эксперимента (группа ЮА:  $\chi^2 = 25.787$ ;  $n = 24$ ;  $p < 0.001$ ; группа ЕСР:  $\chi^2 = 37.08$ ;  $n = 24$ ;  $p < 0.001$ ). Средний ранг, рассчитанный в результате этого анализа, в обеих группах изменяется синхронно на каждом этапе – от фонового состояния до первой минуты он снижается, далее – возрастает, что согласуется с данными табл. 1, показывающими начало восстановления (повышения) температуры контралатеральной кисти со второй минуты восстановительного периода.

Стоит отметить, что при наблюдаемых различиях между группами ЮА и ЕСР в номинальных значениях фоновой температуры и температуры после 5-ой мин восстановительного периода, процентное изменение этого показателя оказалось приблизительно одинаковым в обеих группах – повышение температуры кисти к окончанию эксперимента составило около 4% по отношению к начальной (фоновой). Данный факт может говорить о достаточно устойчивых, генетически закрепленных механизмах физиологических процессов, направленных на терморегуляцию у представителей единого человеческого вида.

Однако в охлаждаемой кисти по результатам проверки значения температуры на разных этапах эксперимента имеют статистически достоверные различия ( $p < 0.001$ ), выражающиеся в более быстром восстановлении температуры в группе ЕСР. В частности, в группе ЕСР по исходу 5-минутного восстановительного периода наблюдается достижение уровня 97.3% от медианной начальной (фоновой) температуры, в то время как в группе ЮА восстановление достигло лишь 91% (в группе ЕСР исходная температура – 30.1°C, по окончании восстановительного перио-

да – 29.3°C; в группе ЮА – 27.4 и 25°C соответственно). Данное явление согласуется с многочисленными сведениями, полученными в результате обследования коренных жителей холодных регионов Земли, для которых характерна более плотная структура кожной капиллярной сети и более высокая скорость кровотока, более быстрые кожные вазомоторные реакции, что, в свою очередь, поддерживает температуру поверхности тела на более высоком уровне [19, 20].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, термоснимки кистей рук обследованных свидетельствуют об адаптивном напряжении организма студентов в группе ЮА по сравнению с контрольной группой студентов ЕСР, что проявляется в более низкой температуре кистей и более медленном ее восстановлении в кисти, подвергнутой локальной холодовой пробе. Такая особенность является результатом более высокого и более длительного тонуса периферических сосудов. Однако локальное охлаждение ведет к сходным температурным реакциям в обеих группах обследованных – температура контралатеральных частей тела по отношению к охлаждаемому повышается, что может быть свидетельством развития компенсаторной теплопродуцирующей реакции организма. Различия в данном случае наблюдаются в номинальных значениях температуры. Таким образом, можно сделать вывод о популяционных различиях в уровне адаптированности к холоду при общих для обеих человеческих популяций терморегуляционных тенденциях при воздействии холода.

Согласно классификации, предложенной А.П. Авцыным, первые 6 мес. пребывания человека в нетипичных условиях высоких широт соответствуют стадии адаптивного напряжения, при которой реакции организма на холод отлича-

ются большими энергозатратами и относительно длительным временем развития. Однако прохождение этого начального этапа адаптации знаменует начало следующего – стадии стабилизации функций, при которой компенсаторно-приспособительные реакции организма на холод становятся более специфическими и менее энергозатратными. В связи с этим возникает необходимость повторного, динамического термографического обследования в следующие периоды развивающегося адаптационного процесса у студентов, приехавших из Южной Азии для получения более полной картины развивающейся адаптации, анализа ее успешного протекания или предупреждения срыва адаптации. Немаловажно также соотнести данные о динамике терморегуляционных реакций в группах людей с различными типами вегетативной регуляции, имеющей свои особенности при развитии общего адаптационного синдрома. Весьма важными эти исследования являются ввиду периодически возникающих факторов срыва адаптации организма мигрантов к условиям высоких широт, особенно у людей с пониженным иммунным статусом, высоким уровнем психоэмоционального напряжения, что вполне может быть характерно для студентов, приехавших на обучение в северный вуз.

**Этические нормы.** Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным биоэтическим комитетом Северного государственного медицинского университета (Архангельск).

**Информированное согласие.** Каждый участник исследования представил добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность коллективу Высшей школы Естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова (Архангельск) за методическую и техническую помощь в проведении экспериментальной части работы.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Строев Ю.И., Чурилов Л.П. Фотопериодизм, щитовидная железа и здоровье // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2008. Т. 3. № 1. С. 272.
2. Седых А.Д., Никонова В.Ю. Физиолого-гигиеническая оценка процесса адаптации к условиям про-

живания в субарктическом климате // Известия Российской Военно-медицинской академии. 2018. Т. 37. № 1 S1-2. С. 207.

3. Демакова Л.В., Семенова Н.В., Кузюкова А.В., и др. Гигиеническая оценка зависимости реакций организма студента от погодных условий // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 6. С. 149.
4. Горбачев А.Л., Агеев К.И. Структурно-функциональные взаимодействия тиреоидной и микроэлементной систем у жителей Магаданской области // Вестник Северо-Восточного государственного университета. 2011. № 15. С. 72.
5. Hallmark B., Watkins J.C., Karafet T.M. et al. Genomic evidence of local adaptation to climate and diet in indigenous Siberians // Mol. Biol. Evol. 2019. V. 36. № 2. P. 315.
6. Осипова Л.П., Личман Д.В., Холлмарк Б. и др. Современная геномика в изучении проблем адаптации человека к климату в высоких широтах Сибири // Научные результаты биомедицинских исследований. 2020. Т. 6. № 3. С. 323.
7. Степанов В.А., Харьков В.Н., Вагайцева К.В. и др. Поиск генетических маркеров адаптации к климату у населения Северной Евразии // Генетика. 2017. Т. 53. № 11. С. 1254.  
Stepanov V.A., Kharkov V.N., Vagaitseva K.V. et al. Search for genetic markers of climatic adaptation in populations of North Eurasia // Rus. J. Genetics. 2017. V. 53. № 11. P. 1172.
8. Грибанов А.В., Гудков А.Б., Попова О.Н., Крайнова И.Н. Кровообращение и дыхание у школьников в циркулярных условиях. Архангельск: САФУ, 2016. 270 с.
9. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Марачев А.Г., Милованов А.П. Патология человека на Севере. М.: Медицина, 1985. 415 с.
10. Ананьев В.Н., Прокопьев Н.Я., Семизоров Е.А. и др. Реактивность системного и регионального кровообращения к медиаторам симпатической нервной системы при адаптации к холоду / Институт медико-биологических проблем РАН, Тюменский государственный университет, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюменский государственный медицинский университет, Тюменский индустриальный университет, Московский педагогический государственный университет. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2020. 100 с.
11. Castellani J.W., Young A.J. Human physiological responses to cold exposure: Acute responses and acclimatization to prolonged exposure // Auton. Neurosci. 2016. V. 196. P. 63.
12. Кожевникова И.С., Грибанов А.В., Кирьянов А.Б. и др. Динамика восстановления температуры кистей рук при локальном охлаждении у африканских и местных студентов в арктическом вузе // Экология человека. 2021. № 2. С. 28.  
Kozhevnikova I.S., Gribanov A.V., Kiryanov A.B. et al. [Responses of the Hands to Local Cold Exposure among African and Local Students in the Arctic University] // Ekologiya Cheloveka (Human Ecology). 2021. № 2. P. 28.

13. *Maley M.J., House J.R., Tipton M.J., Eglin C.M.* Role of cyclooxygenase in the vascular responses to extremity cooling in Caucasian and African males // *Exp. Physiol.* 2017. V. 102. № 7. P. 854.
14. *Иванов Д.В., Субботина Т.И., Яшин А.А.* Электромагнитные поля и излучения в восстановительной медицине (обзор литературы) // *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание.* 2018. № 5. С. 231.
15. *Коробицына Е.В., Мелькова Л.А., Гудков А.Б.* Влияние локального охлаждения кожи кисти и стопы на показатели периферической гемодинамики у юношей и девушек Европейского Севера России // *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки.* 2016. № 4. С. 22.
16. *Lin Y.H., Liu Y.P., Lin Y.C. et al.* Cooling-evoked hemodynamic perturbations facilitate sympathetic activity with subsequent myogenic vascular oscillations via alpha2-adrenergic receptors // *Physiol. Res.* 2017. V. 66. № 3. P. 449.
17. *Alba B.K., Castellani J.W., Charkoudian N.* Cold-induced cutaneous vasoconstriction in humans: Function, dysfunction and the distinctly counterproductive // *Exp. Physiol.* 2019. V. 104. № 8. P. 1202.
18. *Hintsala H.E., Kiviniemi A.M., Tulppo M.P. et al.* Hypertension Does Not Alter the Increase in Cardiac Baroreflex Sensitivity Caused by Moderate Cold Exposure // *Front. Physiol.* 2016. V. 7. P. 204.
19. *Максимов А.Л., Харин А.В.* Структура капилляров и микроциркуляции у аборигенов и укорененных европеоидов – постоянных жителей Крайнего Северо-Востока России // *Экология человека.* 2016. № 11. С. 23.  
*Maksimov A.L., Kharin A.V.* [Capillary and microcirculation structure observed in Aborigines and north-born Caucasoids residents of Russia's extreme North-East] // *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology).* 2016. № 11. P. 23.
20. *Аверьянова И.В., Вдовенко С.И.* Сравнительный анализ тепловизионных изображений здоровых молодых людей с различными сроками адаптации к условиям Севера // *Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО.* 2021. Т. 29. № 7. С. 36.  
*Averyanova I.V., Vdovenko S.I.* Comparative analysis of thermovision images of healthy young men with different terms of adaptation to conditions of the North // *Public Health and Life Environment – PH&LE.* 2021. V. 29. № 7. P. 36.

## Features of Temperature Reactions of the Contralateral Hand During a Local Cold Test in Young Migrants from South Asia in the Conditions of the European North of Russia

A. A. Medvedev<sup>a, \*</sup>, L. V. Sokolova<sup>b, \*\*</sup>

<sup>a</sup>*Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia*

<sup>b</sup>*Institute of Age Physiology of the Russian Academy of Education, Moscow, Russia*

\**E-mail: alexmedve@mail.ru*

\*\**E-mail: sluida@yandex.ru*

The article presents results of a thermographic examination of the hands of young people belonging to different geographical populations – the indigenous inhabitants of the European North of Russia and South Asia. To identify the features of temperature reactions of the contralateral (left) hand with local cooling of the right in young people who are not adapted to the cold climate, migrants from South Asia (India) was conducted. Thermal photographs of the hands were taken by the method of infrared thermography by means of thermal imaging camera (NEC-900, Japan). 48 people took part in the survey, among them 24 people (11 women and 13 men) were natives of South Asia (SA group) and 24 people (12 women and 12 men) permanently resided in the territory of the European North of Russia (ENR group). As a result of the study, significant differences between the UA and ENR in nominal values of the background temperature of the skin surface of the contralateral hand, as well as the temperature of the hand at each stage of the recovery period after a local cold test were found. In comparison with the ENR group a significantly lower value of the brush temperature in the SA group was revealed. At the same time, a similar dynamics of temperature changes of the contralateral hand manifested in a gradual increase in the temperature of the contralateral hand after a cold test was common to both groups.

*Keywords:* adaptation, European North, thermoregulation, thermography, body temperature, compensatory-adaptive reactions, local cold test.