

УДК [612.592:612.55]-053.7(98)

DOI: 10.33396/1728-0869-2021-2-28-33

ДИНАМИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ КИСТЕЙ РУК ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ОХЛАЖДЕНИИ У АФРИКАНСКИХ И МЕСТНЫХ СТУДЕНТОВ В АРКТИЧЕСКОМ ВУЗЕ

© 2021 г. ¹И. С. Кожевникова, ¹А. В. Грибанов, ¹А. Б. Кирьянов,
³Л. Ф. Старцева, ²М. Н. Панков

¹ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» Минобрнауки России, г. Архангельск; ²ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Архангельск; ³ФБУ «Государственный институт лекарственных средств и надлежащих практик» Минпромторга России, г. Москва

Введение. Несмотря на обилие литературы, информации об адаптации у студентов, приехавших из стран с жарким климатом в приполярные регионы, недостаточно.

Цель работы – установить особенности температурной реакции на пробу с локальным охлаждением у жителей Центральной Африки, обучающихся в северном вузе.

Методы. Были получены серии тепловых изображений кистей рук у студентов из стран Центральной Африки (15 человек) и у лиц, постоянно проживающих в Арктической зоне России (18 человек), в состоянии относительного покоя и после одноминутной холодной пробы правой кисти в воде при температуре 2 °С до восстановления температуры или до температуры, отличающейся от температуры кисти контрольной руки менее чем на 1 °С, что соответствует восстановлению кровообращения в охлажденной кисти руки на 95 % и более. Исследование проводили при комнатной температуре 22 °С. Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием критерия U Манна – Уитни, проверка на нормальность осуществлялась с помощью критерия Шапиро – Уилка.

Результаты. Средние значения температуры кистей рук на начальном этапе исследования у постоянно проживающих на Севере были статистически значимо выше ($p < 0,001$), чем у уроженцев Центральной Африки (32,75 и 28,56 °С соответственно). Сразу после охлаждения статистически значимых различий температуры кистей рук в группах не выявлено ($p = 0,343$). Статистически значимо ($p \leq 0,001$) в контрольной и исследуемой группах различаются температура кистей рук на момент окончания исследования (33,35 и 29,77 °С соответственно) и скорость восстановления температуры (0,7 и 0,26 °С/мин соответственно). Время восстановления температуры кистей рук у мигрантов (28,57 мин) значимо ($p \leq 0,001$) больше, чем у северян (14,83 мин). Разница исходной и конечной температур в контрольной (0,63 °С) и исследуемой (1,21 °С) группах на уровне статистической тенденции ($p = 0,086$).

Выводы. Результаты исследования указывают на возможность использования матричной инфракрасной термографии для оценки охлаждения кистей рук. У лиц, постоянно проживающих на Севере, и уроженцев Центральной Африки исходная температура кистей рук и время восстановления их температуры после холодной пробы статистически значимо различается.

Ключевые слова: Арктическая зона Российской Федерации, терморегуляция, локальное охлаждение, инфракрасная термография, адаптация.

RESPONSES OF THE HANDS TO LOCAL COLD EXPOSURE AMONG AFRICAN AND LOCAL STUDENTS IN THE ARCTIC UNIVERSITY

¹I. S. Kozhevnikova, ¹A. V. Gribanov, ¹A. B. Kiryanov, ³L. F. Startseva, ²M. N. Pankov

¹Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk; ²Northern State Medical University, Arkhangelsk; ³State Institute of Drugs and Good Practices, Moscow, Russia

Introduction: Little is known on the adaptation of African students to living in circumpolar areas.

Aim: To study similarities and differences in temperature responses to local cold exposures in African students and permanent residents of the Russian Arctic.

Methods: A series of thermal images of the hands of 15 students from Central Africa and 18 students - permanent residents of the Russian Arctic were taken at arrival, after adapting to the room conditions for 15-20 minutes, and after 1-minute cooling of the right hand in cold water with a temperature of 2 °C until the initial temperature of the hand was restored. The study was conducted in a spacious room with an air temperature of 22 °C. Numeric data were analyzed using non-parametric Mann-Whitney tests after normality assessment using Shapiro-Wilk tests.

Results: The initial temperature of the hands was significantly different between the local and the African students (32.75 °C vs. 28.56 °C, $p < 0.001$). Immediately after cooling, the differences between the groups did not reach the level of significance (33.35 °C vs. 29.77 °C, $p = 0.343$). Hand temperature in local students recovered significantly faster than in African students (0.70 °C/min vs. 0.26 °C/min, $p < 0.001$). The recovery time for the temperature of the hands among African students was significantly longer than among the locals (28.57 min vs. 14.83 min, $p < 0.001$). The difference between the initial and the final temperatures between the groups was greater among African students, but the results were inconclusive (1.21 °C vs. 0.63 °C, $p = 0.086$).

Conclusions. On findings contribute to the knowledge on the differences in responses to local cold exposure between local Arctic residents and visitors from warmer countries. The results of the study also indicate the possibility of using matrix infrared thermography to assess local cold effects on human hands.

Key words: Russian Arctic, thermoregulation, local cooling, infrared thermography, adaptation

Библиографическая ссылка:

Кожевникова И. С., Грибанов А. В., Кирьянов А. Б., Старцева Л. Ф., Панков М. Н. Динамика восстановления температуры кистей рук при локальном охлаждении у африканских и местных студентов в арктическом вузе // Экология человека. 2021. № 2. С. 28–33.

For citing:

Kozhevnikova I. S., Gribanov A. V., Kiryanov A. B., Startseva L. F., Pankov M. N. Responses of the Hands to Local Cold Exposure among African and Local Students in the Arctic University. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 2, pp. 28–33.

Особенности адаптации отдельных индивидов существенно влияют на их трудовую деятельность [13, 16, 17, 20, 21]. Поэтому особенно важно изучать адаптационные механизмы в популяциях, проживающих в суровых климатических условиях, в частности в северных широтах. Различия механизмов адаптации, зависящих от преимущественного проживания людей в северных и умеренных широтах, описаны с помощью метода оценки адаптационного потенциала отдельных людей путем анализа вклада парасимпатических влияний в регуляцию сердечного ритма [4]. Исследование с мягким холодным тестом выявило, что 72 % обследуемых показывают полное восстановление до исходной температуры в течение 4 минут; средний темп восстановления, за 4 минуты — 18 % обследуемых; длительно восстанавливающиеся — 10 % обследуемых (через 4 минуты восстановления до исходной температуры не наступало) [19].

Необходимость адаптироваться к новому окружению существенно влияет на успешность процесса обучения студентов, особенно при обучении в другой стране, где присутствует новый комплекс климатических и социальных факторов, значительно отличающихся от привычных условий проживания [7, 21]. Необходимо отметить, что механизмы поддержания температурного гомеостаза жителей Севера и уроженцев стран с теплым климатом значительно различаются: для иностранцев характерна более умеренная теплопродукция при более высокой теплоотдаче, что может приводить к переохлаждениям и повышенному риску развития острых респираторных заболеваний в холодные сезоны [1]. Так, исследования воздействия климата на состояние студентов российского происхождения и студентов Российского университета дружбы народов (РУДН), приехавших из Иордании, при нахождении в условиях средней полосы России при локальном охлаждении конечности, с оценкой терморегуляции и вариабельности сердечного ритма показали зависимость разницы температуры после охлаждения от исходной температуры кисти, а также разницу в изменении общей температуры тела у мужчин и женщин [2].

В связи с тем, что основное число вузов России находится в средней полосе, доля исследований адаптации у студентов, приехавших из стран с жарким климатом в приполярные регионы, крайне мала. Одно из подобных исследований проводилось с целью установить пороги температурной чувствительности в период адаптации к северному климату у индийцев, прибывших на обучение в г. Архангельск (Северный государственный медицинский университет — СГМУ) [6]. В данной работе показаны значимые различия в порогах температурной чувствительности у мужчин и

женщин из Индии, а также различия в порогах температурной чувствительности у индийских и русских студентов [6].

Цель настоящего исследования — установить особенности температурной реакции кистей рук на пробу с локальным охлаждением у жителей Центральной Африки, обучающихся в северном вузе.

Методы

В исследовании принимали участие 33 студента Северного (Арктического) федерального университета (САФУ) имени М. В. Ломоносова в возрасте 20–26 лет, 17 мужчин и 16 женщин. Участники эксперимента были разделены на две группы: лица, постоянно проживающие на Севере, — 18 человек (9 мужчин и 9 женщин) и мигранты из Центральной Африки, — 15 человек (8 мужчин и 7 женщин). Протокол исследования был построен согласно рекомендациям Хельсинкской декларации и одобрен этическим комитетом САФУ. Все участники эксперимента дали информированное добровольное согласие.

В группу исследования отбирались студенты подготовительного факультета САФУ, проживающие на Севере менее полугодя. Исследование проводилось утром, с 10 до 13 часов, в осенний период, с начала сентября до конца октября. В помещении все испытуемые находились в легкой одежде, поэтому наличие одежды не принималось во внимание при интерпретации результатов.

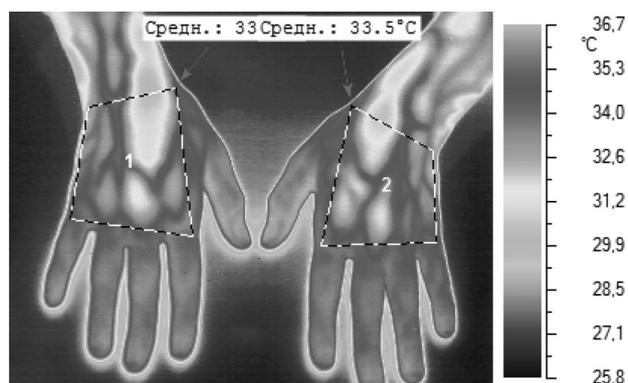
Были записаны серии термоизображений кистей рук: в исходном состоянии, после адаптации к условиям помещения в течение 15–20 минут и после проведения холодной пробы (охлаждение правой кисти руки в воде с температурой 2 °С в течение одной минуты) до восстановления исходной температуры кисти.

Исследование проводилось в помещении площадью 18 м² с постоянной температурой воздуха (21–22 °С) при отсутствии сквозняков. Участник исследования в течение 15–20 минут проходил «акклиматизацию» в данном помещении, участки кожи, на поверхности которых регистрировалась температура, были открыты. Выбор времени «акклиматизации» основан на расчетах Г. Р. Иваницкого, предлагаемых в качестве основы подобных исследований [3]. Поза выбиралась для того, чтобы минимизировать пережатие кровеносных сосудов предплечий: в данном случае участник исследования сидел за столом, в удобной для него позе, положив ладони на поверхность стола так, чтобы они не контактировали друг с другом. Тепловизором NEC Thermo Tracer TH9100MR производился снимок тыльной стороны кистей рук для фиксации исходной температуры.

Далее проводилась холодовая проба: на правую кисть надевали полиэтиленовый пакет и опускали кисть на одну минуту в холодную воду температурой 2 °С. Пакет использовался для того, чтобы не допустить намокания кожи, которое могло послужить причиной возникновения искажений при проведении термографии и повлиять на время восстановления температуры кистей рук. Сразу после того, как испытуемый извлекал руку из емкости с холодной водой, делался снимок кистей рук, подвергшейся охлаждению, и контрольной. Затем делалась серия снимков с интервалом между снимками в одну минуту. Исследование проводилось до восстановления температуры тыльной стороны кисти, подвергшейся охлаждению, до уровня контрольной (не охлаждаемой в воде) руки для оценки интенсивности рефлекторного ответа на охлаждение.

За область анализа, в пределах которой происходила фиксация температур в процессе исследования, принималась область, ограниченная условным четырехугольником, углы которого составили проксимальные суставы мизинца и указательного пальца, а также внешние края костей запястья. Выбор указанных анатомических ориентиров для индивидуального определения области анализа характеризуется большей информативностью по сравнению с использованием фиксированной площади, кроме того, использование анатомических ориентиров необходимо при исследовании лиц с различной конституцией [8, 12] (рисунок).

Для первичной обработки термограмм использовалось специализированное программное обеспечение (ПО) NEC San-ei Image Processor 4.7. Данное ПО позволило получить температурные значения следующих параметров: температура кистей рук на начальном этапе исследования (T_0); температура кистей рук после охлаждения (T_1); температура кистей рук на время окончания исследования (T_2); длительность восстановления (t); разница температур на начальном этапе и на время окончания исследования (ΔT). Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием пакета программ для Windows IBM SPSS Statistics 20 [4, 5]. Для проверки распределения на нормальность использовался критерий Шапиро — Уилка. Для оценки различий между показателями в группах лиц, постоянно проживающих на Севере, и



Область анализа для данного исследования

уроженцев центральноафриканских стран, применялся непараметрический критерий U Манна — Уитни для малых независимых выборок. Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05.

Результаты

Нами сравнивались следующие показатели: температура кистей рук на начальном этапе исследования (T_0 , °С); температура после охлаждения (T_1 , °С); температура на момент окончания исследования (T_2 , °С); продолжительность восстановления (t , мин); разница исходной и конечной температур (ΔT , °С).

Результаты, полученные в нашем исследовании по параметру температуры кистей рук на начальном этапе, статистически значимо различаются в группах ($p \leq 0,001$). Так, средние значения температуры кистей рук на начальном этапе исследования у лиц, постоянно проживающих на Севере, составили 32,75 °С, у уроженцев центральноафриканских стран — 28,56 °С (таблица).

Среднее значение температуры кистей рук в исследуемых группах при проведении холодовой пробы

Параметр	Лица, постоянно проживающие на Севере, $n = 18$	Мигранты из Центральной Африки, $n = 15$	p
Температура кистей рук на начальном этапе исследования, T_0 , °С	32,72±1,29	28,56±2,55	< 0,001
Температура после охлаждения, T_1 , °С	22,94±1,35	22,28±2,52	0,343
Температура на момент окончания исследования, T_2 , °С	33,35±0,79	29,77±3,25	< 0,001
Продолжительность восстановления, t , мин	14,83±6,31	28,57±19,46	0,043
Разница исходной и конечной температур, ΔT , °С	0,63±0,53	1,21±0,85	0,086

Среднее значение температуры кистей рук непосредственно после охлаждения в группе лиц, постоянно проживающих на Севере, составило 22,94 °С, что статистически значимо не отличается ($p = 0,343$) от показателей в группе уроженцев центральноафриканских стран (среднее значение — 22,28 °С).

Температурой на момент окончания исследования считалось значение, которое фиксировали при достижении охлажденной кистью руки температуры, отличающейся от температуры кисти контрольной руки менее чем на 1 °С. Это соответствовало восстановлению температуры охлажденной кисти руки на 95 % и более по отношению к контрольной кисти руки. Данный показатель позволяет в процессе исследования оценить интенсивность рефлекторной ответной реакции на охлаждение: так, при оценке термограмм в разных группах было выявлено, что в группе лиц, постоянно проживающих на Севере, в основном представлены области с температурой в диапазоне 33–36 °С, а соответствующие им области

костей рук уроженцев центральноафриканских стран имеют иной температурный диапазон – 30–33 °С.

Статистически значимо ($p \leq 0,001$) различается также итоговая температура кистей рук в группах лиц, постоянно проживающих на Севере, и уроженцев центральноафриканских стран: среднее значение температуры кистей рук составило соответственно 33,35 и 29,77 °С. Также статистически значимо различается среднее значение времени восстановления температуры кисти руки в группе лиц, постоянно проживающих на Севере, – 14,83 мин и в группе уроженцев центральноафриканских стран – 28,57 мин ($p \leq 0,001$). Рассчитанные нами средние скорости восстановления температуры в контрольной и исследуемой группах статистически значимо различаются ($p \leq 0,001$) и равны 0,7 и 0,26 °С/мин соответственно. Разница исходной и конечной температур в контрольной (0,63 °С) и исследуемой (1,21 °С) группах на уровне статистической тенденции ($p = 0,086$).

Обсуждение результатов

В популяциях людей, поколениями проживающих в различных климатогеографических условиях, адаптационные механизмы различаются и в отношении процессов терморегуляции [1, 6, 9, 11, 13, 14, 15, 18, 19]. Характерная для лиц, постоянно проживающих на Севере, более высокая температура тела связана с постоянной необходимостью сохранения тепла. Значительно более низкая исходная температура кистей рук у студентов-уроженцев центральноафриканских стран, в свою очередь, связана с процессами более интенсивной теплоотдачи, которые преобладают над процессами ее сохранения.

Температура кистей рук после проведения холодной пробы, при прочих равных условиях, обусловлена анатомо-физиологическими особенностями, обеспечивающими теплоизоляцию, это толщина подкожной жировой клетчатки, толщина кожи, развитость сосудов кровеносной системы и т. д., а также способность организма поддерживать температуру тела. Отсутствие значимых различий ($p = 0,343$) по данному признаку показывает, что в группах обследуемых отсутствуют какие-либо различия по данному параметру.

Средние значения времени восстановления температуры охлажденной кисти руки в группе уроженцев Центральной Африки значимо ($p = 0,043$) длительнее, чем в группе лиц, постоянно проживающих на Севере, что, вероятно, связано с различными адаптационными механизмами терморегуляции. Время восстановления характеризует способность организма противостоять холодному воздействию и восстановить нормальную температуру тела. На скорость восстановления температуры влияет тонус периферических сосудов, а также состояние тепловых рецепторов. Статистически значимые ($p \leq 0,001$) различия в скорости восстановления температуры соответствуют данным тематически близких исследований [6, 9, 10, 21]. Как следствие увеличения времени восстановления

значительно возрастает вероятность холодových травм и дисфункций у пришлого населения, последствия которых могут быть отсрочены во времени. Данный показатель прямо пропорционален продолжительности гипотермии конечности и соответственно определяется временем, которое организм затрачивает на восстановление кровообращения в тканях, подвергшихся холодному воздействию.

Кроме того, в рамках данного исследования было предположено, что сравнение разницы исходной и конечной температуры кистей (ΔT) в обеих группах может позволить оценить интенсивность ответа на холодное воздействие. Значение данного параметра у контрольной группы предположительно отражает интенсивность ответной реакции на холод у адаптированного населения, которая может считаться приемлемой в данной климатической зоне. По характеру отличия показателя у исследуемой группы можно сделать предположение о том, является ли их реакция на холод оптимальной, избыточной или недостаточной. Значения параметра ΔT в контрольной и исследуемой группе различаются на уровне статистической тенденции ($p = 0,086$), поэтому для того, чтобы более точно сравнить интенсивность ответной реакции, необходимо провести исследование с большей выборкой.

Тем не менее обнаруженная разница в значениях параметра ΔT между контрольной и исследуемой группами прямо пропорциональна разнице в значениях параметра t ($\Delta T_1 : \Delta T_2 \sim t_1 : t_2$), что при разной средней скорости восстановления температуры (0,7 °С/мин в контрольной группе и 0,26 °С/мин в исследуемой, $p \leq 0,001$) может косвенно говорить о том, что интенсивность ответной реакции на охлаждение в исследуемой группе близка к интенсивности реакции в контрольной группе.

Таким образом, установлено, что исходная температура кистей рук до проведения холодной пробы в группе уроженцев центральноафриканских стран статистически значимо ниже, чем в группе лиц, постоянно проживающих на Севере, а значимые различия в температуре после холодной пробы в группах отсутствуют. Однако температура кистей рук, зафиксированная при завершении исследования, также статистически значимо ниже в группе уроженцев центральноафриканских стран по сравнению с группой лиц, постоянно проживающих на Севере. Время восстановления температуры кистей рук после холодного воздействия в группе уроженцев центральноафриканских стран статистически значимо превышает это значение в группе лиц, постоянно проживающих на Севере.

При отсутствии значимых различий нельзя с уверенностью охарактеризовать разницу в рефлекторном ответе на охлаждение у представителей обеих групп, но по косвенным признакам можно предположить схожую интенсивность реакции. Для более точного ответа на данный вопрос планируется провести повторное исследование с большей выборкой

обследуемых, включающее в себя оценку порогов чувствительности температурных рецепторов представителей Центральной Африки.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Архангельской области в рамках научного проекта № 18-415-292004.

Авторство

Кожевникова И. С. провела анализ литературных данных, участвовала в разработке дизайна исследования, подготовке первого варианта статьи; Грибанов А. В. участвовал в разработке дизайна исследования, обработке и анализе данных; Кирьянов А. Б. внес существенный вклад в статистический анализ и интерпретацию данных, участвовал в подготовке первого варианта статьи; Старцева Л. Ф. участвовала в обработке и анализе данных, подготовке первого варианта статьи; Панков М. Н. участвовал в обработке и анализе данных, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Кожевникова Ирина Сергеевна – ORCID 0000-0001-7194-9465; SPIN – 2441-2363

Грибанов Анатолий Владимирович – ORCID 0000-0002-4714-6408; SPIN – 2788-8167

Кирьянов Артем Борисович – ORCID 0000-0002-5594-6624; SPIN – 4438-6696

Старцева Лариса Фёдоровна – ORCID 0000-0002-9928-5362; SPIN – 6564-7783

Панков Михаил Николаевич – ORCID 0000-0003-3293-5751; SPIN – 6341-9324

Список литературы / References

1. Агаджанян Н. А., Торшин В. И., Северин А. Е., Ермакова Н. В., Радыш И. В., Власова И. Г., Елфимов А. И., Шастун С. А., Старшинов Ю. П., Шевченко Л. В., Ходорович А. М., Ломакин Ю., Манкаева О. В., Бакаева З. В., Стрелкова Д. Г. Резервы организма и здоровье студентов из различных климатогеографических регионов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. 2006. № 2 (34). С. 37–41.

Agadzhanyan N. A., Torshin V. I., Severin A. E., Ermakova N. V., Radysh I. V., Vlasova I. G., Elfimov A. I., Shastun S. A., Starshinov Yu. P., Shevchenko L. V., Khodorovich A. M., Lomakin Yu., Mankaeva O. V., Bakava Z. V., Strelkova D. G. Reserves of the body and the health of students from different climatogeographic regions. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Ser.: Meditsina* [Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Ser. Medicine]. 2006, 2 (34), pp. 37-41. [In Russian]

2. Гедда С. М., Торшин В. И., Северин А. Е., Мансур Н. Эффекты локального охлаждения кисти руки у уроженцев жарких климатических регионов на терморегуляцию и параметры ритмокардиограммы // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. 2014. № 2. С. 5–11.

Geda S. M., Torshin V. I., Severin A. E., Mansur N. The effects of local hand cooling in natives of hot climatic regions on thermoregulation and rhythmocardiogram parameters. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Ser.: Meditsina* [Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Ser. Medicine]. 2014, 2, pp. 5-11. [In Russian]

3. Иваницкий Г. Р. Современное матричное тепловидение в биомедицине // Успехи физических наук. 2006. Т. 176, № 12. С. 1293–1320.

Ivanitsky G. R. State of the art of thermovision in biomedicine. *Physics-Uspekhi* [Advances in Physical Sciences]. 2006, 176 (12), pp. 1293-1320. [In Russian]

4. Кожевникова И. С., Ермошина Н. А., Панков М. Н. Методы анализа и интерпретации термоизображений в медицинской диагностике // Биомедицинская радиоэлектроника. 2017. № 3. С. 22-31.

Kozhevnikova I. S., Ermoshina N. A., Pankov M. N. Methods of analysis and interpretation of thermal images in medical diagnostics. *Biomeditsinskaya radioelektronika* [Biomedical Electronics]. 2017, 3, pp. 22-31. [In Russian]

5. Наследов А. Д. IBM SPSS Statistics 20 и AMOS. Профессиональный статистический анализ данных. СПб.: Питер, 2013. 416 с.

Nasledov A. D. *IBM SPSS Statistics 20 i AMOS. Professionalnyi statisticheskii analiz dannykh* [IBM SPSS Statistics 20 and AMOS. Professional statistical data analysis]. Saint Petersburg, Piter Publ., 2013, 416 p.

6. Федотов Д. М., Медведев А. А. Особенности температурной чувствительности студентов индийцев в период адаптации к условиям Европейского Севера // Проблемы, перспективы и направления инновационного развития науки: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. Омск, 24 ноября. 2017. С. 38.

Fedotov D. M., Medvedev A. A. Osobennosti temperaturnoj chuvstvitel'nosti studentov indijcev v period adaptatsii k usloviyam Evropejskogo Severa [Features of temperature sensitivity of Indian students in the period of adaptation to the conditions of the European North]. In: *Problemy, perspektivy i napravleniya innovacionnogo razvitiya nauki: Sbornik statej po itogam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Omsk, 24 noyabrya*. [Problems, prospects and directions of the innovative development of science: Collection of articles based on the results of the International scientific-practical conference. Omsk, November 24]. 2017, p. 38.

7. Bagavathiappan S., Saravanan T., Philip J., Jayakumar T., Raj B., Kurunanithi R., Panicker T. M., Korath M. P., Jagageesan K. Infrared thermal imaging for detection of peripheral vascular disorders. *J. Med Phys.* 2009, 34, pp. 43-47.

8. Bhowmik M. K., Bardhan S., Das K., Bhattacharjee D., Nath S. Pain related inflammation analysis using infrared images. Thermosense: Thermal Infrared Applications XXXVIII, 986116. *International Society for Optics and Photonics*, 2016.

9. Brändström H., Grip H., Hallberg P., Grönlund C., Ångquist K., Giesbrecht, G. G. (2008). Hand cold recovery responses before and after 15 months of military training in a cold climate. *Aviation Space and Environmental Medicine*. 2008, 79 (9), pp. 904-908.

10. Chen C., Hwang R., Chang S., Lu Y. Effects of temperature steps on human skin physiology and thermal sensation response. *Building and Environment*, 2011, 46 (11), pp. 2387-2397.

11. Daanen H. A. M., Van Marken Lichtenbelt W. D. Human whole body cold adaptation. *Temperature*, 2016, 3 (1), pp. 104-118.

12. Francis S. V., Punitha N., Sasikala M. Breast Cancer Detection in Rotational Thermography Images Using Texture Features. *Infrared Phys. Technol.* 2014, 67, pp. 490-496.

13. Guo Y., Gasparri A., Armstrong B. G., Tawatsupa B., Tobias A., Lavigne E., Tong S. Heat wave and mortality: A

multicountry, multicomunity study. *Environmental Health Perspectives*, 2017, 125 (8).

14. Hajat S., O'Connor M., Kosatsky T. Health effects of hot weather: From awareness of risk factors to effective health protection. *Lancet*. 2010, 375 (9717), pp. 856-863.

15. Hanna E. G., Tait P. W. Limitations to thermoregulation and acclimatization challenge human adaptation to global warming. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2015, 12 (7), pp. 8034-8074.

16. Kingma B. R. M., Frijns A. J. H., Saris W. H. M., van Steenhoven A. A., van Marken Lichtenbelt W. D. Cold-induced vasoconstriction at forearm and hand skin sites: the effect of age. *European journal of applied physiology*. 2010, 109 (5), pp. 915-921.

17. Leon L. R., Helwig B. G. Heat stroke: Role of the systemic inflammatory response. *J Appl Physiol*. 2010, 109 (6), pp. 1980-1988

18. Liu C., Yavar Z., Sun Q. Cardiovascular response to thermoregulatory challenges. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*. 2015, 309(11), pp. 1793-1812.

19. Norheim A. J., Borud E., Wilsgaard T., De Weerd L., Mercer J. B. Variability in peripheral rewarming after cold stress among 255 healthy Norwegian army conscripts assessed by dynamic infrared thermography. *International Journal of Circumpolar Health*. 2018, 77(1).

20. Racinais S., Périard J. D., Karlsen A., Nybo L. Effect of heat and heat acclimatization on cycling time trial performance and pacing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2014, 47 (3), pp. 601-606.

21. Wu Y., Nieuwenhof M. D., Huygen F. J. P. M., van der Helm F. C. T., Niehof S., Schouten A. C. Characterizing human skin blood flow regulation in response to different local skin temperature perturbations. *Microvascular research*. 2017, 111, pp. 96-102.

Контактная информация:

Панков Михаил Николаевич — научный сотрудник Центральной научно-исследовательской лаборатории ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России

Адрес: 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51

E-mail: m.pankov@narfu.ru