

Дата публикации: 01.09.2021

DOI: 10.51871/2588-0500_2021_05_03_11

УДК 591.128.4; 572.524

ФЛУКТУАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ КОЖНОГО ПОКРОВА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ, СБИВАЮЩЕГО ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЮ У ЗАНИМАЮЩИХСЯ ЦИКЛИЧЕСКИМИ ВИДАМИ СПОРТА

Ю.Н. Романов, Ю.А. Гомжина, Л.А. Романова

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
«Южно-Уральский государственный университет (Научный исследовательский
университет)», г. Челябинск, Россия

Ключевые слова: терморегуляция, гомеостаз, температурные ритмологические флуктуации, студентки.

Аннотация. Цель: оценить влияние умеренного охлаждения на сохранение температурных ритмологических флуктуаций локальной поверхности кожи у студенток с различным жировым статусом, занимающихся циклическими видами спорта, до и после разминки при температуре окружающей среды 20-21 °С. Проведённый анализ температурных флуктуаций подтвердил гипотезу исследования, основанную на том факте, что каждому индивидууму свойственен свой личный биоритм колебаний температуры кожного покрова тела. Благодаря генетически детерминированному температурному биоритму, адаптивные изменения при температуре окружающей среды 20-21 °С являются одним из механизмов, способствующих эффективности мышечной деятельности.

FLUCTUATIONS IN SKIN SURFACE TEMPERATURE WHEN SIMULATING AN EFFECT THAT INTERRUPTS THERMOREGULATION IN PEOPLE INVOLVED IN CYCLIC SPORTS

Yu.N. Romanov, Yu.A. Gomzhina, L.A. Romanova

Federal State Autonomous Educational Institution "South Ural State University
(Scientific Research University)", Chelyabinsk, Russia

Key words: thermoregulation, homeostasis, temperature rhythmological fluctuations, female students.

Annotation. The aim of this study was to assess the influence of moderate cooling on the preservation of temperature rhythmological fluctuations of the skin surface in female students with different fat state, who engage in cyclic sports, before and after warm-up. The experiment was carried out at an ambient temperature of 20-21 °C. The analysis of temperature fluctuations confirmed the

hypothesis of the study, based on the fact that each individual has his own personal biorhythm of fluctuations in the temperature of the body's skin surface. Due to the genetically determined temperature biorhythm, adaptive changes at an ambient temperature of 20-21 °C are the one of the mechanisms contributing to the efficiency of muscular activity.

Введение. Фундаментальным свойством живой материи являются ритмологические флуктуации, что проявляется в виде беспрерывно совершающихся взаимосвязанных колебаний всех биохимических и функциональных процессов. Известно, что процессы адаптации организма к условиям внешней среды значительно облегчаются благодаря биологическим ритмам, обеспечивающим работу механизмов регуляции жизненных функций. Исследовательская деятельность учёных позволяет формировать банк данных о моделях генерации биоритмов (генетическая, клеточная, мульти-осцилляторная), их природе и механизмах функционирования, хотя многие аспекты биоритмологии остаются до последнего времени не выясненными. Особенно остаётся недостаточно исследована [1] структура ритмов во временном континууме. Отдельные учёные [2-3] убеждены во мнении, что базовый стержень биологических часов организма (так называемый центральный осциллятор) находится в переднем гипоталамусе, в его супрахиазмальных ядрах (СХЯ). На генетическом уровне происходит самостоятельное программирование СХЯ, функционирующих как осциллятор, запускаемый биохимическими реакциями в клетке и зависимый от их скорости. Синтез белков внутри клетки включает механизм биоритмов в СХЯ, а с помощью петли обратной связи этот синтез подавляется, белки распадаются и вновь синтезируются [4-6]. Одним из самых значимых биомаркеров сохранности жизнеобеспечивающих систем организма является показатель теплового состояния, а именно температура кожного покрова, обладающая высокой информационной ёмкостью. В последних научных работах, связанных с биоритмологией, чаще всего рассматриваются ритмы изменения средней температуры тела человека в течение суток, привязывая её изменения к уровню работоспособности. Исследований, касающихся динамического изменения температуры кожного покрова человека в микроинтервалах времени, практически нет, несмотря на то, что временная структура температурных ритмов очень сложна, тем более не раскрыты вопросы, относящиеся к ритмической организации функций [7-9]. Существует возможность проверки экспериментальным путём сохранности температурных ритмологических флуктуаций поверхности кожи несмотря на различные сбивающие факторы, которые возникают вследствие физических

разогревающих упражнений, роста метаболизма, эффекта несократительного термогенеза, активного включения системы терморегуляции. Физиологические процессы, протекающие в организме человека, вызывают неравномерность исследуемых временных интервалов биоритмов вследствие регулярного согласования между многоэтажными иерархическими уровнями биологических систем, что обеспечивает её интегральную целостность [10-11]. Цель: оценить влияние умеренного охлаждения на сохранение температурных ритмологических флуктуаций поверхности кожи у студенток, с различным жировым статусом, занимающихся циклическими видами спорта, до и после разминки при температуре окружающей среды 20-21°C.

Методы и организация исследования. В исследовании принимали участие 30 студенток в возрасте 17-21 лет. Первый этап обследования заключался в определении длины тела, а также, используя анализатор Tanita BC-418 MA производства Японии, массы тела, процентного содержания жировой ткани (ПСЖТ) и воды в организме студенток. Для проведения констатирующего эксперимента из 30 обследованных студенток была сформирована группа из 6 девушек, активно занимающихся циклическими видами спорта, с различным жировым статусом. В наших предыдущих исследованиях [12] были получены результаты, свидетельствующие о наличии связей температуры кожи со значениями ПСЖТ, что дало повод изучать температурный баланс студенток с различным содержанием жировой ткани (Таблица 1).

Таблица

Морфофункциональные характеристики студенток

Номер обследуемой студентки	Возраст, лет	Масса тела, кг	Длина тела, см	Жир, %	Вода, %
1	21	46,12	155	7,4	67,3
2	20	48,85	168	12,1	64,5
3	20	52,63	166	17,1	60,2
4	19	51,16	155	19,3	59,1
5	19	56,09	158	22,0	57,7
6	18	53,73	155	24,8	55,1

Второй этап обследования состоял из двух частей и заключался в бесконтактном инфракрасном термографировании тепловизором BALTECH TR-01500 кожного покрова шести отобранных студенток с последующей обработкой экспозиций специальной программой Baltech Expert. В первой части констатирующего эксперимента проводилась серия экспозиций студенток, стоящих лицом к тепловизору. Студентки после 15-ти минутного периода адаптации к лабораторным условиям снимали верхнюю одежду,

оставаясь в отдельных купальниках. Через 15 секунд после этого начиналось термографирование (15 секунд требуется для подготовки и наведения тепловизора на цель), заключающееся в серии 20-ти экспозиций (через каждые 30 сек) длительностью 10 минут. Затем студентки выполняли 15-ти минутную стандартную для циклических видов спорта разминку средней интенсивности в спортивном костюме, что вызывало умеренное потообразование. Во второй части эксперимента после окончания разминки и снятия костюма сразу, уже через 15 секунд, начиналась вторая серия термографирования из 20-ти экспозиций (через каждые 30 сек) длительностью 10 минут (также вид спереди). По данным, представленных в виде средних значений температур кожного покрова, расположенного над регионом квадрицепса левой ноги, в программе Microsoft Excel были построены графики изменения средних температур кожи обследуемых шести студенток до и после разминки.

Результаты исследования и их обсуждение. Были получены средние температурные данные с передней поверхности бедра левой ноги (область кожного покрова над квадрицепсом) каждой экспозиции, соответствующей определённому времени съёмки, на основе которых строились графики температурного баланса для каждой студентки группы обследования для первой и второй частей констатирующего эксперимента, где на одном графике размещались температурные кривые (Рис. 1, 2) для двух физиологических состояний организма студенток, занимающихся циклическими видами спорта (без разминки и сразу после разминки). В качестве примера представлены графики температурных флуктуаций двух обследованных студенток, у которых наиболее ярко проявилось подтверждение гипотезы, представленной в начале данной статьи (Рис. 1, 2).

Например, у студентки № 2, начиная с временной отметки 3,75 мин, графики температурных флуктуаций практически слились, и это несмотря на мощные температурные флуктуации сразу после разминки.

Вектор изменений температурных флуктуаций у студентки № 3 тождественно обозначился уже с временной отметки 1,75 мин, хотя и варьировал несколько выше по оси температур, благодаря повышенному метаболизму из-за проведённой 15-ти минутной разминки. Вполне очевидно, что эти две студентки различались характером срочной адаптации мышечной деятельности в плане взаимодействия механизмов теплопродукции и теплоотдачи, а также имели различные скорости метаболических реакций.

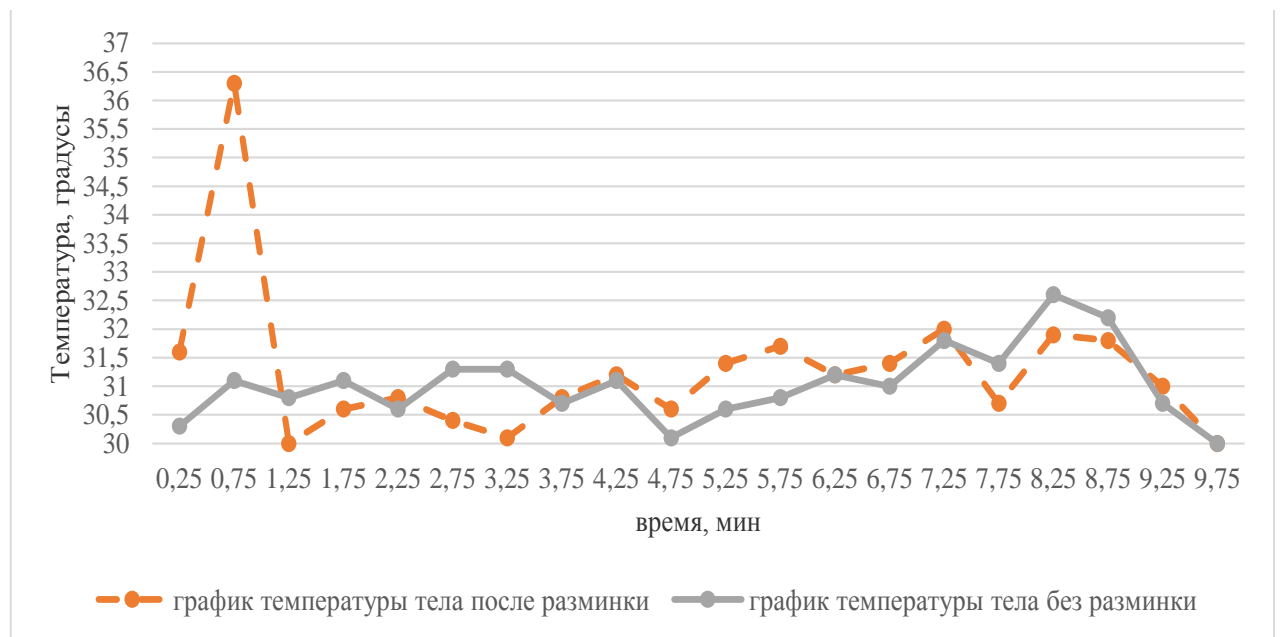


Рис. 1. Изменения средней температуры кожи, расположенной над регионом квадрицепса левой ноги, до и после окончания разминки у студентки № 2 в период холодовой экспозиции при температуре окружающей среды 20-21°C в состоянии мышечного покоя в течение 10 мин

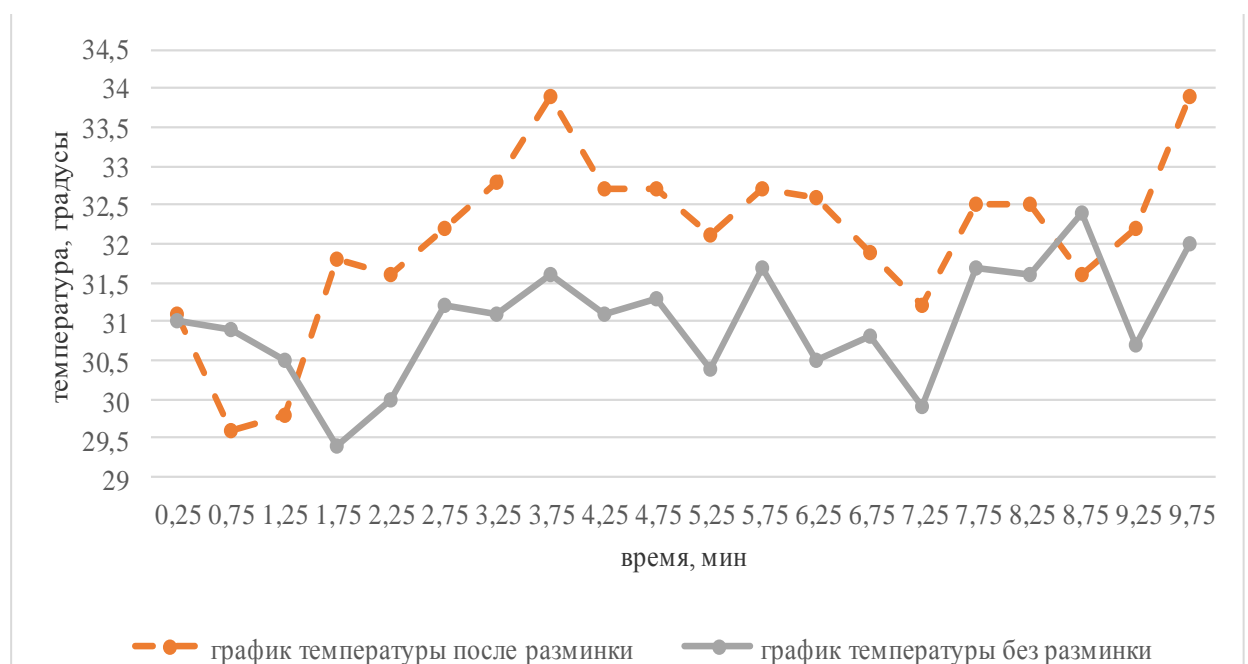


Рис. 2. Изменения средней температуры кожи, расположенной над регионом квадрицепса левой ноги, до и после окончания разминки у студентки № 3 в период холодовой экспозиции при температуре окружающей среды 20-21°C в состоянии мышечного покоя в течение 10 мин

Известно, что любые достаточно точные измерения практически всех физиологических параметров не приводят к той последовательности во времени, которая представляла из себя стационарную или периодическую. Всегда появляются флуктуации вокруг некоторого фиксированного уровня или периода колебаний. Несмотря на возможность существования случайных

флуктуаций (шум или хаос), проведённый эксперимент дал возможность проверить гипотезу, базирующуюся на том факте, что функциональные системы организма человека направлены на сохранение температурного гомеостаза, в том числе через возможность обеспечить сохранность температурных флуктуаций на поверхности кожи каждого индивидуума, проявляющиеся в определенном терморегуляционном биоритме, несмотря на постоянные внешние и внутренние раскачивающие и, тем самым, сбивающие воздействия [13]. Проведение разминки в спорте практически всегда направлено на увеличение температуры мышечных структур, а это приводит к нагреванию преоптической области переднего гипоталамуса, способствующее выделению пота с одновременной вазодилатацией сосудов кожи, увеличению кровотока кожи с передачей избыточного тепла от сердечника к верхним слоям тела [14-17], снижению теплопродукции. Температура кожного покрова у девушек, выполняющих разминку в течение 15 мин, характерную для циклических видов спорта, повышалась до 36-38 °С (на всех студентках при разминке был одет разминочный костюм). После снятия спортивного костюма, независимо от того, была разминка или нет, за счёт более низкой температуры воздуха в лаборатории (при влажности 40 % и температуре воздуха 20-21 °С, что на 10-13 °С ниже температур термонейтральной зоны) у студенток происходила стимуляция симпатических центров заднего гипоталамуса [3, 18-19], что приводило к спазму сосудов кожи тела и увеличению теплопродукции за счёт химического термогенеза при разобщении реакций окислительного фосфорилирования [20-21]. Термогенез, как генерация тепла для поддержания температурного гомеостаза гомойотермного организма, происходит практически постоянно, отличаясь в те или иные моменты времени своей интенсивностью в зависимости от температуры окружающей среды и метаболического состояния самого организма [22-23]. Инфракрасное излучение с длиной волны от 5 до 20 мкм, конвекция приводила к отдаче тепла с поверхности кожи девушек окружающей среде. Два разнонаправленных процесса, связанных с увеличением температуры и одновременном её снижении, вносили корректирующие воздействия на ритмичность изменения температуры кожного покрова, в большей степени увеличивая амплитуду температурных флуктуаций. Температурные колебания кожного покрова студенток также наблюдаются и в случае, когда разминка не проводится. Отличие в том, что отсутствует повышение метаболизма, нет охлаждающей реакции за счёт потоотделения. В зависимости от того, какой процесс в данный момент времени доминирует, происходит повышение или понижение температуры кожи. Оценивая

графики температурных кривых кожного покрова над мышцами передней поверхности бедра у студенток, наблюдается периодическое её понижение и повышение, возникающие вследствие равенства «прихода» тепла и его излучения с поверхности тела, что представляет собой некую колебательную ритмическую систему.

Полученные в ходе экспериментальной работы данные, подтверждающие гипотезу сохранения индивидуального температурного ритма кожного покрова у студенток, занимающихся циклическими видами спорта, на сегодняшний день пока не получили должной оценки как некоего значения для спортивной физиологии, хотя здесь и усматриваются, возможно, интересные научные перспективы, связанные с более глубоким, фундаментальным осознанием полученных результатов.

Заключение. Несмотря на разминку, специально проведённую, в данном случае, как сбивающий работу терморегуляционной системы фактор, произошло возвращение температурных флуктуаций к исходному биоритму, наблюдаемому до начала разминочных действий, и запускаемому в обоих случаях умеренным охлаждением при температуре окружающей среды 20-21°C, даже при наличии, так называемых, шума и хаоса. Это может свидетельствовать о том, что стратегия поддержания теплового баланса позволяла системе терморегуляции обследуемых студенток достаточно эффективно контролировать температурный гомеостаз кожного покрова над мышцами, активно задействованными в спортивных движениях, благодаря генетически детерминированному, запускаемому внешней средой температурному биоритму, а также сформированной адаптации к умеренному охлаждению, что является одним из условий эффективности мышечной деятельности. Необходимо отметить, что сохранение температурных ритмологических флуктуаций на кожном покрове, локально расположенном на передней поверхности бедра левой ноги, наблюдалось у всех обследуемых девушек, несмотря на различный жировой статус.

Список литературы

1. Чибисов С.М. Отечественная хронобиология: этапы развития / С.М. Чибисов, Р.К. Агарвал, И.З. Еремина // Электронный научно-образовательный вестник «Здоровье и образование в XXI веке». – 2014. – № 16. – С. 4-12.
2. Ежов С.Н. Основные концепции биоритмологии / С.Н. Ежов // Вестник ТГЭУ. – 2008. – № 2. – С. 104-121.
3. Charkoudian N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans / N. Charkoudian // J Appl Physiol Bethesda Md. – 2010. – Vol. 109. – № 4. – P.1221-1228.

4. Ковальзон В.М. Цикл бодрствование-сон и биоритмы человека при различных режимах чередования светлого и темного периода суток / В.М. Ковальзон, В.Б. Дорохов // Health & Education Millennium. – 2013. – Т.15. – № 1-4. – С. 151-162.
5. Blatteis C.M. Effect of altitude exposure on thermoregulatory response of man to cold / C.M. Blatteis, L.O. Lutherer // Physiol. – 1976. – V.41. – № 6. – 848 p.
6. Fernández-Cuevas I. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: a review / I. Fernández-Cuevas, J.C. Bouzas Marins, J. Arnáiz Lastras, P.G. Carmona, S.P. Cano, M.Á. García-Concepción, M.S. Quintana // Infrared Physics & Technology. – 2015. – Vol. 71. – P. 28-55.
7. Ашшоф Ю. Биологические ритмы / Ю. Ашшоф // Изд-во «Мир». – 1984. – Т. 2. – 414 с.
8. Глуткин В.С. Физиологическая характеристика лиц с различными хронотипами / В.С. Глуткин // Вестник. Издательство «Смоленской государственной медицинской академии». – 2017. – Т.16. – № 2. – С. 48-58.
9. González-Alonso J. Human thermoregulation and the cardiovascular system / J. González-Alonso // Exp Physiol. – 2012. – № 97. – P. 340-346.
10. Загускин С.Л. Ритмы клетки и здоровье клетки / С.Л. Загускин // Издательство «ЮФУ». – 2010. – 292 с.
11. Meigal A.Yu. Muscle fatigue and recovery in cold environment / A.Yu. Meigal, J. Oksa, L.I. Gerasimova, H. Rintamaki // Eds. J. Werner, M. Hexamer. Aachen: Shaker Verlag. – 2000. – P. 153.
12. Романова Л.А. Распределения температуры кожи в отдельных анатомических сегментах тела студенток, занимающихся фитнесом / Л.А. Романова, Ю.Н. Романов, А.В. Еганов, И.А. Комкова // Теория и практика физической культуры. – 2018. – № 6. – С. 23-25.
13. Jansky L. Thermal, Cardiac and Adrenergic Responses to Repeated Local Cooling / L. Jansky, E. Matoušková, V. Vavra, S. Vybíral, P. Janský, D. Jandová, I. Knížková, P. Kunc // Physiol. Res. – 2006. – V. 55. – P. 543.
14. Charkoudian N. Human thermoregulation from the autonomic perspective / N. Charkoudian // Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical. – 2016. – Vol.196. – P.1-2.
15. Oksa J. Neuromuscular performance limitations in cold / J. Oksa // Circumpolar Health. – 2002. – V. 61. – 154 p.
16. Oksa J. Combined effect of repetitive work and cold on muscle function and fatigue / J. Oksa, M.B. Ducharme, H. Rintamaki // J. Appl. Physiol. – 2002. – V. 92. – 354 p.

17. Priego Quesada J.I. Effect of perspiration on skin temperature measurements by infrared thermography and contact thermometry during aerobic cycling / J.I. Priego Quesada, N. Martínez Guillamón, R.M. Ortiz de Anda, A. Psikuta, S. Annaheim, R.M. Rossi, J.M. Corberán Salvador, P. Pérez-Soriano, R.S. Palmer // *Infrared Phys Technol.* – 2015. – V. 72. – 68-76 p.

18. Jessen K. Total body and splanchnic thermogenesis in curarized man during a short exposure to cold / K. Jessen, A. Rabil, K. Winkler // *Acta Anaesthesiol. Scand.* – 1980. – V. 24. – № 4. – 339 p.

19. Lim C.L. Human thermoregulation and measurement of body temperature in exercise and clinical settings / C.L. Lim, C. Byrne, J.K. Lee // *Thermoregulation in Sports and Exercise.* – 2008. – Vol. 37. – №4.

20. Гайтон А.К. Медицинская физиология / А.К. Гайтон, Дж. Э. Холл // Изд-во «Логосфера». – 2008. – 1273 с.

21. Kenney W.L. Control of skin blood flow during exercise / W.L. Kenney, J.M. Johnson // *Medicine and Science in Sports and Exercise.* – 1992. – Vol. 24. – № 3. – P. 303-312.

22. Nybo L. Cycling in the heat: performance perspectives and cerebral challenges / L. Nybo // *Scandinavian Journal Medicine & Science in Sports.* – 2010. – Vol. 20. – № 3. – P. 71–79.

23. Oksa J. Muscle performance and electromyogram activity of the lower leg muscles with different levels of cold exposure / J. Oksa, H. Rintamaki, S. Rissanen // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 1997. – Vol. 75. – 484 p.

References

1. Chibisov S.M. Domestic chronobiology: stages of development/ S.M. Chibisov, R.K. Agarwal, I.Z. Eremina // *Electronic Scientific and Educational Bulletin "Health and Education in the XXI Century"*. – 2014. – No. 16. – P. 4-12.

2. Ezhov S.N. Basic concepts of biorhythmology / S.N. Ezhov // *Bulletin of the TSEU.* – 2008. – No. 2. – P. 104-121.

3. Charkoudian N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans / N. Charkoudian // *J Appl Physiol Bethesda Md.* – 2010. – Vol. 109. – № 4. – P.1221-1228.

4. Kovalzon V.M. The wake-sleep cycle and human biorhythms under different modes of alternating light and dark periods of the day / V.M. Kovalzon V.B. Dorokhov // *Health and Education of the Millennium.* – 2013. – Vol. 15. – №. 1-4. – P. 151-162.

5. Blatteis C.M. Effect of altitude exposure on thermoregulatory response of man to cold / C.M. Blatteis, L.O. Lutherer // *Physiol.* – 1976. – V.41. – № 6. – 848 p.

6. Fernández-Cuevas I. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: a review / I. Fernández-Cuevas, J.C. Bouzas Marins, J. Arnáiz Lastras, P.G. Carmona, S.P. Cano, M.Á. García-Concepción, M.S. Quintana // *Infrared Physics & Technology*. – 2015. – Vol. 71. – P. 28-55.
7. Ashof Yu. Biological rhythms / Yu. Ashof // Publishing house "Mir". – 1984. – Vol. 2. – 414 p.
8. Glutkin V.S. Physiological characteristics of individuals with different chronotypes / Glutkin V.S. // *The messenger*. Publishing House of the Smolensk State Medical Academy. – 2017. – Vol. 16. – № 2. – P. 48-58.
9. González-Alonso J. Human thermoregulation and the cardiovascular system / J. González-Alonso // *Exp Physiol*. – 2012. – № 97. – P. 340-346.
10. Zaguskin S.L. Cell rhythms and cell health / S.L. Zaguskin // SFU Publishing House. – 2010. – 292 p.
11. Meigal A.Yu. Muscle fatigue and recovery in cold environment / A.Yu. Meigal, J. Oksa, L.I. Gerasimova, H. Rintamaki // Eds. J. Werner, M. Hexamer. Aachen: Shaker Verlag. – 2000. – P. 153.
12. Romanova L.A. Distribution of skin temperature in individual anatomical segments of the body of students engaged in fitness / L.A. Romanova, Yu.N. Romanov, A.V. Yeganov, I.A. Komkova // *Theory and Practice of Physical Culture*. – 2018. – No. 6. – pp. 23-25.
13. Jansky L. Thermal, Cardiac and Adrenergic Responses to Repeated Local Cooling / L. Jansky, E. Matoušková, V. Vavra, S. Vybíral, P. Janský, D. Jandová, I. Knížková, P. Kunc // *Physiol. Res*. – 2006. – V. 55. – P. 543.
14. Charkoudian N. Human thermoregulation from the autonomic perspective / N. Charkoudian // *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*. – 2016. – Vol.196. – P.1-2.
15. Oksa J. Neuromuscular performance limitations in cold / J. Oksa // *Circumpolar Health*. – 2002. – V. 61. – 154 p.
16. Oksa J. Combined effect of repetitive work and cold on muscle function and fatigue / J. Oksa, M.B. Ducharme, H. Rintamaki // *J. Appl. Physiol*. – 2002. – V. 92. – 354 p.
17. Priego Quesada J.I. Effect of perspiration on skin temperature measurements by infrared thermography and contact thermometry during aerobic cycling / J.I. Priego Quesada, N. Martínez Guillamón, R.M. Ortiz de Anda, A. Psikuta, S. Annaheim, R.M. Rossi, J.M. Corberán Salvador, P. Pérez-Soriano, R.S. Palmer // *Infrared Phys Technol*. – 2015. – V. 72. – 68-76 p.
18. Jessen K. Total body and splanchnic thermogenesis in curarized man during a short exposure to cold / K. Jessen, A. Rabil, K. Winkler // *Acta. Anaesthesiol. Scand*. – 1980. – V. 24. – № 4. – 339 p.

19. Lim C.L. Human thermoregulation and measurement of body temperature in exercise and clinical settings / C.L. Lim, C. Byrne, J.K. Lee // *Thermoregulation in Sports and Exercise*. – 2008. – Vol. 37. – №4.

20. Guyton A.K. Medical physiology / Guyton A.K., Hall J.E. // Logosphere Publishing House. – 2008. – 1273 p.

21. Kenney W.L. Control of skin blood flow during exercise / W.L. Kenney, J.M. Johnson // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. – 1992. – Vol. 24. – № 3. – P. 303-312.

22. Nybo L. Cycling in the heat: performance perspectives and cerebral challenges / L. Nybo // *Scandinavian Journal Medicine & Science in Sports*. – 2010. – Vol. 20. – № 3. – P. 71–79.

23. Oksa J. Muscle performance and electromyogram activity of the lower leg muscles with different levels of cold exposure / J. Oksa, H. Rintamaki, S. Rissanen // *Eur. J. Appl. Physiol*. – 1997. – Vol. 75. – 484 p.

Spisok literary

1. Chibisov S.M. Otechestvennaya khronobiologiya: etapy razvitiya / S.M. Chibisov, R.K. Agarval, I.Z. Eremina // *Elektronnyj nauchno-obrazovatel'nyj vestnik «Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke»*. – 2014. – № 16. – S. 4-12.

2. Ezhov S.N. Osnovnye kontseptsii bioritmologii / S.N. Ezhov // *Vestnik TGEU*. – 2008. – № 2. – S. 104-121.

3. Charkoudian N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans / N. Charkoudian // *J Appl Physiol Bethesda Md*. – 2010. – Vol. 109. – № 4. – P.1221-1228.

4. Koval'zon V.M. Tsikl boдрstvovanie-son i bioritmy cheloveka pri razlichnykh rezhimakh cheredovaniya svetlogo i temnogo perioda sutok / V.M. Koval'zon, V.B. Dorokhov // *Health & Education Millennium*. – 2013. – T.15. – № 1-4. – S. 151-162.

5. Blatteis C.M. Effect of altitude exposure on thermoregulatory response of man to cold / C.M. Blatteis, L.O. Lutherer // *Physiol*. – 1976. – V.41. – № 6. – 848 p.

6. Fernández-Cuevas I. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: a review / I. Fernández-Cuevas, J.C. Bouzas Marins, J. Arnáiz Lastras, P.G. Carmona, S.P. Cano, M.Á. García-Concepción, M.S. Quintana // *Infrared Physics & Technology*. – 2015. – Vol. 71. – P. 28-55.

7. Ashshof Yu. Biologicheskie ritmy / Yu. Ashshof // *Izd-vo «Mir»*. – 1984. – T. 2. – 414 s.

8. Glutkin V.S. Fiziologicheskaya kharakteristika lits s razlichnymi khronotipami / V.S. Glutkin // *Vestnik. Izdatel'stvo «Smolenskoj gosudarstvennoj meditsinskoj akademii»*. – 2017. – T.16. – № 2. – S. 48-58.

9. González-Alonso J. Human thermoregulation and the cardiovascular system / J. González-Alonso // *Exp Physiol.* – 2012. – № 97. – P. 340-346.
10. Zaguskin S.L. Ritmy kletki i zdorov'e kletki / S.L. Zaguskin // *Izdatel'stvo «YUFU».* – 2010. – 292 s.
11. Meigal A.Yu. Muscle fatigue and recovery in cold environment / A.Yu. Meigal, J. Oksa, L.I. Gerasimova, H. Rintamaki // Eds. J. Werner, M. Hexamer. Aachen: Shaker Verlag. – 2000. – P. 153.
12. Romanova L.A. Raspredeleniya temperatury kozhi v otdel'nykh anatomicheskikh segmentakh tela studentok, zanimayushchikhsya fitnesom / L.A. Romanova, Yu.N. Romanov, A.V. Eganov, I.A. Komkova // *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury.* – 2018. – № 6. – S. 23-25.
13. Jansky L. Thermal, Cardiac and Adrenergic Responses to Repeated Local Cooling / L. Jansky, E. Matoušková, V. Vavra, S. Vybíral, P. Janský, D. Jandová, I. Knížková, P. Kunc // *Physiol. Res.* – 2006. – V. 55. – P. 543.
14. Charkoudian N. Human thermoregulation from the autonomic perspective / N. Charkoudian // *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical.* – 2016. – Vol.196. – P.1-2.
15. Oksa J. Neuromuscular performance limitations in cold / J. Oksa // *Circumpolar Health.* – 2002. – V. 61. – 154 p.
16. Oksa J. Combined effect of repetitive work and cold on muscle function and fatigue / J. Oksa, M.B. Ducharme, H. Rintamaki // *J. Appl. Physiol.* – 2002. – V. 92. – 354 p.
17. Priego Quesada J.I. Effect of perspiration on skin temperature measurements by infrared thermography and contact thermometry during aerobic cycling / J.I. Priego Quesada, N. Martínez Guillamón, R.M. Ortiz de Anda, A. Psikuta, S. Annaheim, R.M. Rossi, J.M. Corberán Salvador, P. Pérez-Soriano, R.S. Palmer // *Infrared Phys Technol.* – 2015. – V. 72. – 68-76 p.
18. Jessen K. Total body and splanchnic thermogenesis in curarized man during a short exposure to cold / K. Jessen, A. Rabil, K. Winkler // *Acta. Anaesthesiol. Scand.* – 1980. – V. 24. – № 4. – 339 p.
19. Lim C.L. Human thermoregulation and measurement of body temperature in exercise and clinical settings / C.L. Lim, C. Byrne, J.K. Lee // *Thermoregulation in Sports and Exercise.* – 2008. – Vol. 37. – №4.
20. Gajton A.K. Meditsinskaya fiziologiya / A.K. Gajton, Dzh. E. Kholm // *Izd-vo «Logosfera».* – 2008. – 1273 s.
21. Kenney W.L. Control of skin blood flow during exercise / W.L. Kenney, J.M. Johnson // *Medicine and Science in Sports and Exercise.* – 1992. – Vol. 24. – № 3. – P. 303-312.

22. Nybo L. Cycling in the heat: performance perspectives and cerebral challenges / L. Nybo // *Scandinavian Journal Medicine & Science in Sports*. – 2010. – Vol. 20. – № 3. – P. 71–79.

23. Oksa J. Muscle performance and electromyogram activity of the lower leg muscles with different levels of cold exposure / J. Oksa, H. Rintamaki, S. Rissanen // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 1997. – Vol. 75. – 484 p.

Сведения об авторах: **Юрий Николаевич Романов** – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры спортивного совершенствования ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (Научный исследовательский университет)», Челябинск, e-mail: romanovyn@susu.ru; **Юлия Александровна Гомжина** – ассистент кафедры физического воспитания и здоровья ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (Научный исследовательский университет)», Челябинск, e-mail: gomzhinaya@susu.ru; **Лариса Анатольевна Романова** – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры физического воспитания и здоровья ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (Научный исследовательский университет)», Челябинск, e-mail: romanovala@susu.ru.

Information about the authors: **Yurij Nikolaevich Romanov** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Sports Development of the South Ural State University (Scientific Research University), Chelyabinsk, e-mail: romanovyn@susu.ru; **Yulia Aleksandrovna Gomzhina** – Assistant of the Department of Physical Education and Health of the South Ural State University (Scientific Research University), Chelyabinsk, e-mail: gomzhinaya@susu.ru; **Larisa Anatol'evna Romanova** – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physical Education and Health, of the South Ural State University (Scientific Research University), Chelyabinsk, e-mail: romanovala@susu.ru.