

Tsarev V.N., Nikolaeva E.N., Ippolitov E.V. Periodontal pathogenic bacteria are the main factor in the onset and development of periodontitis. *Journal of microbiology, epidemiology and immunobiology*. 2017, No. 5, P. 101-112.

6. Роль дисфункции эндотелия сосудистой стенки в развитии нарушений микроциркуляции при воспалительных заболеваниях пародонта / В.Ю. Широков, А.Н. Иванов, А.С. Данилов [и др.] // Стоматология. 2014. Т.93, №2. С.67-69.

Role of endothelium dysfunction in microcirculatory disorders by periodontal disease. Shirokov V.Iu., Ivanov A.N., Danilov A.S. [et. al]. *Dentistry*. 2014;93(2):67-69.

7. Янушевич О.О., Вавилова Т.П., Островская И.Г. Десневая жидкость. Неинвазивные исследования в стоматологии: учебное пособие. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. 160 с. Yanushevich, O.O. Gingival fluid. Non-invasive research in

dentistry: textbook/ Yanushevich O.O., Vavilova T.P., Ostrovskaya I.G. - Moscow : GEHOTAR-Media, 2019. - 160 p.

8. Bashir R, Chahal K. Periodontal therapy and cell adhesion. *Br Dent J*. 2020;229(3):151-152. doi:10.1038/s41415-020-2015-7

9. Bui FQ, Almeida-da-Silva CLC, Huynh B, et al. Association between periodontal pathogens and systemic disease. *Biomed J*. 2019;42(1):27-35. doi:10.1016/j.bj.2018.12.001

АРКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

И. В. Аверьянова, С. И. Вдовенко

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЖИТЕЛЕЙ СЕВЕРЯН В ВОЗРАСТНОМ АСПЕКТЕ

DOI 10.25789/YMJ.2023.83.22

УДК 612.563; 612.015.3; 612.13

С целью выявления онтогенетических особенностей в структуре тепловизионных изображений жителей Севера было проведено комплексное исследование мужчин 15-74 лет постоянных жителей Магаданской области. Анализировались показатели термографии, гемодинамики, газообмена и энергеметаболизма. Установлено возрастное снижение температуры как отдельных участков тела, так и средневзвешенных показателей, по всем проанализированным точкам съема. Суточные энергозатраты в состоянии покоя, потребление кислорода на килограмм массы тела, а также коэффициент использования кислорода также были максимальными в группе юношей и минимальными – у пожилых мужчин. Среднегрупповые показатели периферического сопротивления сосудов возрастали от лиц подросткового к лицам пожилого возраста, в то время как значения минутного объема крови снижались более чем в половину в том же возрастном диапазоне.

Ключевые слова: термография, метаболизм, гемодинамика, Север, мужчины, адаптация.

In order to identify ontogenetic features in the structure of thermal imaging pictures of the inhabitants of the North, a comprehensive study of men aged 15-74 years old permanent residents of the Magadan region was carried out. The indicators of thermography, hemodynamics, gas exchange and energy metabolism were analyzed. An age-related decrease in temperature was established both for individual parts of the body, and for weighted averages, for all analyzed sampling points. The daily energy consumption per kilogram of body weight, as well as the oxygen utilization factor were also maximal in the group of young men and minimal in elderly men. The average group indicators of peripheral vascular resistance increased from adolescents to the elderly, while the cardiac output values dropped in more than half within the same age range.

Keywords: thermography, metabolism, hemodynamics, North, men, adaptation.

Введение. Температура человеческого тела хорошо известна как один из ключевых показателей жизнедеятельности [21]. Центральная роль метаболизма у эндотермических животных заключается в поддержании основной температуры тела в пределах нескольких десятых градуса Цельсия, что позволяет поддерживать температурный гомеостаз независимо от метеорологических условий, но при очень высоких затратах энергии [10]. Измерение температуры тела является одной из старейших количественных оценок метаболического баланса [18]. Инфракрасная термография яв-

ляется «бесконтактным» и «нерадиационным» методом визуализации, направленным на изучение физиологических возможностей, связанных с тепловыми гомеостатическими действиями организма, выраженными через терморегуляцию кожи [20]. Современное тепловидение – это научно обоснованный широко используемый в разных областях науки, техники и народного хозяйства метод регистрации поверхностного распределения температуры тела с возможностью преобразования полученных двумерных тепловых картин в цифровой форму, пригодную для качественного и количественного анализа [4]. Принцип действия тепловизора основан на преобразовании инфракрасного теплового излучения в электрический сигнал, который усиливается и затем воспроизводится на ЖК-экране в виде цветной картины распределения температуры [7]. Тело гомойотерма описывается

моделью терморегуляции ядро-оболочка [17]. Ядро тела относительно стабилизировано по температуре, но оболочка тела (поверхностных тканей и главным образом кожи) формирует часть регулирующего процесса [16]. Выдвинута гипотеза, что кожа как физическая граница этой модели является своего рода «зеркалом», отражающим внутренние термодинамические процессы.

Возраст играет важную роль в балансе между производством тепла и его потерей. По мере увеличения возраста способность организма поддерживать внутреннюю температуру начинает снижаться [21]. Исходя из вышесказанного, **целью** данного исследования является выявление возраст-ассоциированных изменений тепловизионных изображений в различных областях тела с использованием инфракрасной термографии у мужчин-северян.

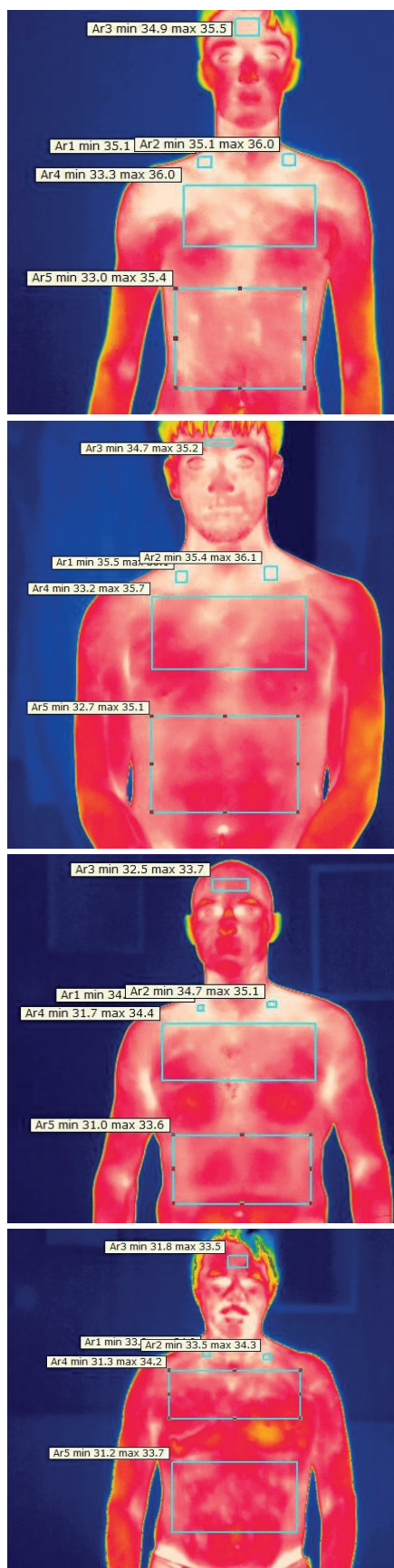
НИЦ «Арктика» Дальневосточного отделения РАН: **АВЕРЬЯНОВА Инесса Владиславовна** – д.б.н., гл.н.с. <http://orcid.org/0000-0002-4511-6782>, Inessa1382@mail.ru, **ВДОВЕНКО Сергей Игоревич** – к.б.н., с.н.с., <http://orcid.org/0000-0003-4761-5144>.

Материалы и методы исследования. Было обследовано 452 лица мужского пола из числа европеоидов, постоянно проживающих в Магаданской области. Все обследуемые были разделены на четыре группы: подростки, $n = 95$ (средний возраст $16,2 \pm 0,4$ года, длина тела $179,1 \pm 0,5$ см, масса тела $70,5 \pm 0,5$ кг, индекс массы тела $20,7 \pm 0,4$ кг/м²), юноши, $n = 192$ ($19,2 \pm 0,5$ года, $178,9 \pm 0,7$ см, $66,4 \pm 1,2$ кг, $21,7 \pm 0,2$ кг/м²), мужчины зрелого возраста, $n = 109$ ($38,2 \pm 0,7$ года, $180,1 \pm 0,5$ см, $84,1 \pm 0,9$ кг, $25,9 \pm 0,4$ кг/м²), мужчины пожилого возраста, $n = 56$ ($67,2 \pm 1,1$ года, $172,9 \pm 0,8$ см, $83,9 \pm 1,3$ кг, $27,9 \pm 0,3$ кг/м²).

Термографическая съемка осуществлялась в исходном положении стоя, с использованием тепловизора «FLIR SC620» (Швеция). Прибор обеспечивал длинноволновую (7,5-13 мкм) визуализацию с чувствительностью не менее $0,1^\circ\text{C}$ и пространственным разрешением 640×480 пикселей. Исследовательские работы проводились в соответствии со стандартами, установленными Европейской термографической Ассоциацией [12]. Анализ тепловизионных изображений проводился в отношении 8 областей передней и задней частей тела (рисунк): средняя температура ($^\circ\text{C}$) C_1 – левой подключичной области, C_2 – правой подключичной области, C_3 – лба, C_4 – груди, C_5 – поверхности живота, C_6 – верхней части спины, C_7 – зоны лопаток, C_8 – поясницы. Для каждой выбранной области была получена средняя температура поверхности, которая была более репрезентативной для данного участка, чем минимальное и максимальное ее значение. Преимущество инфракрасных систем по сравнению с другими методами измерения температуры заключается в возможности одновременного анализа большого количества изображений-элементов (пикселей) за короткий промежуток времени, после чего возможна обработка изображений в реальном времени [11].

Уровень энергетического обмена изучали с помощью метабологафа «Спиrolан-М» (Россия). Определялись энерготраты в состоянии покоя в сутки (ккал/день), процентное отношение энергозатрат к должному уровню (%), потребление кислорода (ПО₂, мл/кг) и коэффициент использования кислорода (КИО₂, мл/л).

Характеристики сердечно-сосудистой системы изучались с использованием тонометра Nesei DS-1862 (Япония). Расчетным путем определяли минутный объем крови (МОК, мл/мин)



Тепловизионные изображения представителей разных обследованных групп: подростков (1), юношей (2), мужчин зрелого возраста (3), мужчин пожилого возраста (4)

и общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, дин·с·см⁻⁵).

Все исследовательские работы проводились в соответствии с постулатами Хельсинской Декларации, протокол исследования был одобрен локальной комиссией по биоэтике НИЦ «Арктика» ДВО РАН. Мужчины различных возрастных групп являлись постоянными жителями Севера, характеризовались сходными условиями жизни и режимом двигательной активности. Особое внимание было уделено детальному разъяснению всех нюансов предстоящих исследований и получению письменного согласия у каждого обследуемого.

Обработку полученного материала производили с использованием прикладного пакета «Statistica 7.0». Проверка на нормальность измеренных переменных осуществлялась на основе теста Шапиро-Уилка, все количественные данные были нормально распределены. Результаты обработки представлены в виде среднего значения (M) и ошибки средней арифметической ($\pm m$). Статистическая значимость различий определялась с помощью критерия Шеффе. Критический уровень значимости (p) в работе принимался равным 0.05; 0.01; 0.001.

Результаты и обсуждение. В таблице представлены характеристики тепловизионного портрета лиц мужского пола различных возрастов. По величине средневзвешенной температуры и усредненным значениям, а также по всем локальным съемкам (за исключением 5-й зоны – область живота), максимальные температуры были установлены для юношей ($34,91^\circ\text{C}$), а минимальные показатели были выявлены для мужчин пожилого возраста ($33,69^\circ\text{C}$), совокупное снижение температуры, таким образом, составило $1,22^\circ\text{C}$. Следует отметить, что различия («перепад») между данными температурными экстремумами растут от верхних зон вентральной части тела и, наоборот, уменьшаются в вертикальном направлении дорсальной стороны тела. Так, если в ряду «левая подключичная зона – область живота» данная разница растет с 1% до 5%, то от верхней части спины к пояснице происходит уменьшение динамики (с 6% до 3%), если сравнивать полученные значения в группе юношей и лиц пожилого возраста.

Наивысшие температуры для всех участков тела были зафиксированы для подключичных зон. Данный факт был характерен для всех обследованных групп вне зависимости от их воз-

Характеристики тепловизионного портрета лиц мужского пола различного возраста

	Подростки 1	Юноши 2	Мужчины зрелого возраста 3	Мужчины пожилого возраста 4	1-2	2-3	3-4	1-3	2-4	1-4
C ₁	35,37±0,07	35,59±0,09	35,29±0,05	35,10±0,08	p<0,05	p<0,01	p<0,05	p=0,35	p<0,001	p<0,01
C ₂	35,34±0,07	35,68±0,12	35,30±0,05	35,03±0,07	p<0,05	p<0,01	p<0,01	p=0,63	p<0,001	p<0,01
C ₃	34,77±0,08	35,14±0,13	34,44±0,07	33,99±0,11	p<0,05	p<0,001	p<0,001	p<0,01	p<0,001	p<0,001
C ₄	34,52±0,08	34,61±0,14	34,11±0,08	33,57±0,12	p=0,57	p<0,01	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001
C ₅	34,26±0,09	33,95±0,23	33,60±0,10	32,67±0,15	p=0,20	p=0,18	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001
C ₆	35,00±0,08	35,39±0,11	34,26±0,09	33,35±0,16	p<0,01	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001
C ₇	34,52±0,08	35,03±0,12	33,87±0,10	33,04±0,17	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001
C ₈	33,81±0,11	33,89±0,18	33,48±0,11	32,74±0,17	p=0,70	p<0,05	p<0,001	p<0,05	p<0,001	p<0,001
Ср, темп,	34,70±0,07	34,91±0,11	34,29±0,09	33,69±0,12	p=0,11	p<0,001	p<0,001	p<0,05	p<0,001	p<0,001

Примечание. Средняя температура, °C: C₁ – левой подключичной области, C₂ – правой подключичной области, C₃ – лба, C₄ – груди, C₅ – живота, C₆ – верхней части спины, C₇ – в районе лопаток, C₈ – поясницы.

раста. Отдельно отметим асимметрию для левой и правой подключичных зон – если для мужчин зрелого возраста она составила лишь 0,01 °C, а для подростков 0,03 °C, то для мужчин пожилого возраста и юношей – 0,07 °C и 0,09 °C соответственно. Минимальные значения были установлены для поясничной зоны, и это прослеживалось в трех возрастных группах – от подростков до мужчин зрелого возраста. Исключение составили лица пожилого возраста – у них минимальная температура была выявлена для области живота.

Количество неразличающихся межгрупповых значений температуры разных участков тела было зафиксировано при сравнении групп подростков и юношей (3 показателя), подростков и мужчин зрелого возраста (2 показателя) и юношами и мужчинами зрелого возраста (1 показатель). Для всех остальных сочетаний различия были установлены для всех без исключения зон кожного покрова. При этом, если посмотреть на динамику по каждой из обследованных участков, для которой наблюдались линейные (без исключения для всех групп) межвозрастные различия, то спереди она была выявлена для зоны лба (уменьшение температуры на 0,78 °C (или 2%) в ряду от подростков к пожилым мужчинам), а сзади – для участка под шеей (снижение на 1,65 °C (5%)) и межлопаточной области (1,48 °C (4%)).

Анализ основных показателей сер-

дечно-сосудистой системы показал, что средние величины МОК в группе подростков составили 5281,5±90,5 мл, в выборке юношей – 5699,4±67,2, у мужчин зрелого возраста – 3715,9±41,4 и у мужчин пожилого возраста – 2636,5±68,5 мл. Выраженное значимое снижение средних величин МОК в возрастном аспекте наблюдалось на фоне возрастания среднегрупповых показателей общего периферического сопротивления сосудов, средние величины которого составили: 1406,5±28,5 дин²·с·см⁻⁵, 1468,8± 22,3; 2341,1±31,8 и 3519,7±78,2 дин²·с·см⁻⁵ в группе подростков, юношей, мужчин зрелого и пожилого возраста соответственно.

Основные показатели обмена веществ в анализируемых группах имели следующие средние цифровые величины: ПО₂ в группе подростков составило 4,23±0,11 мл/кг, юношей 4,28±0,06, мужчин зрелого возраста 3,58 ±0,1, пожилого возраста 3,28±0,12 мл/кг. Суточные энерготраты подростков были зафиксированы на уровне 1905±60,2 ккал (108±2,85% от нормы), юношей – 2202±33,3 (121±1,74%), мужчин зрелого возраста – 2067±52,3 (112±3%), пожилого возраста – 1787±59,9 ккал (116±3,85%). КИО₂ для подростков был зафиксирован на уровне 23,93±0,43 мл/л, юношей – 36,2±0,2, зрелых и пожилых мужчин – 29,93±0,77 и 26,03±0,66 мл/л соответственно.

Полученные результаты указывают

на возраст-ассоциированное снижение температуры основных участков кожи, а также средневзвешенной температуры анализируемых областей начиная с юношеского периода онтогенеза к группе лиц пожилого возраста. На рисунке приведены примеры термограмм обследованных лиц различных возрастных групп.

Полученные нами данные сопоставимы с результатами исследования, в которых в эксперименте по временному компьютерному моделированию температурного портрета кожи на ладони, ступне, предплечье и голени было показано, что температура пожилого человека была ниже, чем у среднестатистического человека молодого возраста, что в полученной модели было обусловлено снижением базовой скорости метаболизма, минутного объема крови, а также, массы тела и площади поверхности тела [27].

Согласно недавнему обзору, пожилые люди (возраст ≥60 лет) имеют более низкую температуру, чем молодые люди (возраст <60 лет), в среднем на 0,23 °C [21]. В нашем исследовании группа мужчин пожилого возраста характеризуется снижением средневзвешенной температуры верхней поверхности туловища на 0,6 °C относительно мужчин зрелого возраста, на 1,22 °C относительно юношей и на 1,01 °C относительно обследуемых подростков.

Необходимо отметить, что значимо

более высокие величины анализируемых показателей были зафиксированы в области груди, лба, верхней части спины, подключичных областях, что связано с температурой внутренних органов, выделяющих тепло в результате их нормальных метаболических процессов, а также с низкой толщиной подкожного жира [24]. При этом следует подчеркнуть, что полученные в наших исследованиях величины температуры лба были несколько выше, чем средние значения, полученные в исследованиях других авторов, в которых температура лба при измерении поверхности тела инфракрасным термометром в группе до 21 года составила $34,43^{\circ}\text{C}$, в группе 41-50 лет – $34,0$, в группе мужчин 61-70 лет – $32,6^{\circ}\text{C}$ [5]. Более низкие величины средневзвешенного значения спины (подростки – $32,3 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$, $p < 0,001$, мужчины – $31,7 \pm 0,12^{\circ}\text{C}$, $p < 0,001$) и груди (подростки – $32,2 \pm 2,1^{\circ}\text{C}$, $p < 0,001$) относительно наших результатов были характерны для подростков и мужчин зрелого возраста г. Москва [6]. Аналогичные данные были получены нами и в более ранних исследованиях, в которых указывалось на значимо более высокие средние показатели температуры поверхности кожи в сравнении с юношами, проживающими в более оптимальных климато-географических условиях (г. Москва, г. Щепин (Польша)) [3].

При этом необходимо отметить, что характерной чертой нормальной тепловизионной картины передней поверхности грудной клетки является симметричная гипертермия надключичных областей [26]. Показано, что максимальная температура симметрии должна составлять не более $0,25^{\circ}\text{C}$ [26]. В нашем исследовании разница температуры левой и правой надключичных областей у всех анализируемых групп была сопоставима данному пределу ($0,025^{\circ}\text{C}$), но следует указать на возрастание термоасимметрии в группе мужчин пожилого возраста и юношей до $0,07^{\circ}\text{C}$ и $0,09^{\circ}\text{C}$. Детальный анализ и понимание данных процессов подразумевают проведение дальнейших исследований.

Физиологическая терморегуляция охватывает все механизмы и процессы, которые человеческий организм использует для поддержания температуры тела. Безусловно, с возрастом в организме человека происходят физиологические изменения и возможно, что снижение температуры тела в ряду от подростков к группе мужчин пожилого возраста обусловлено, в том

числе, возрастанием общего содержания жира в организме по мере увеличения возраста. Показано, что процент жира в организме представляет собой долю жира в массе тела с низкой теплопроводностью (38% по отношению к мышцам) и помогает предотвратить потерю тепла. Причина в том, что более высокая доля жира в организме повышает способность человека сохранять тепло, что приводит к снижению средней температуры кожи [9], так как термоизоляционные свойства жировой ткани считаются одним из наиболее важных факторов, влияющих на индивидуальные тепловые схемы [22]. Действительно, проведенные нами ранее исследования указывают на то, что общее содержание жира в группе лиц пожилого возраста составило $25,9 \pm 0,5\%$, что на значимую величину выше, чем в группах обследованных мужчин зрелого возраста ($20,6 \pm 0,3\%$, $p < 0,001$), а также у юношей ($10,9 \pm 0,2\%$, $p < 0,001$) [1].

По мнению Е. Б. Акимова с соавт. [8], можно разделить некоторые процессы, которые обуславливают различия в температурных профилях обследуемых. Так, первый процесс подразумевает влияние локального кровотока, который в свою очередь обеспечивает как плотность кожных капилляров (анатомический фактор), так и тонусом вазоконстрикторных гладких мышц (фактор автономной регуляции сосудистого тонуса). Также следует учитывать метаболическую активность тканей, а также всего организма в целом [8]. Известно, что сердечно-сосудистая система обуславливает поддержание артериального давления, а также играет важную роль в терморегуляции, распределяя и рассеивая тепло по всему телу [27]. В термически нейтральных условиях, выработка и потеря тепла организмом равны, а температура поверхности кожи контролируется только скоростью кровотока кожной ткани [12]. Подкожная область содержит венозное сплетение, сильно влияющее на температуру кожи и передачу тепла от кожи к окружающей среде [25]. Такие изменения температуры поверхности кожи происходят в первую очередь за счет изменения периферического кровотока, при этом кровь выступает в качестве проводника теплообмена между ядром тела и его оболочкой [15]. Уровень перфузии крови и тоническое состояние приповерхностных сосудов являются одними из основных факторов, определяющих поверхностное распределение температуры [25]. Исследования также показали, что более

низкий сердечный выброс и сниженная способность перераспределения крови из висцерального кровообращения приводят к снижению кровотока кожи у стареющего населения [23].

Действительно, наши результаты согласуются с вышеуказанными результатами, так как значимо более высокие показатели МОК были зафиксированы в группе юношей, что в полной мере сопоставимо с показателями температуры кожи как в различных областях, так и ее средневзвешенной величины, тогда как минимальные показатели как минутного объема крови, так и температурные, были отмечены в группе пожилых мужчин. Возможно также, что меньший объем крови у лиц пожилого возраста может ограничивать их теплообмен [14]. При этом сужение периферических сосудов вследствие более высокой симпатической активности – это устойчивая физиологическая реакция, которая сводит к минимуму тепловой поток от ядра тела в окружающую среду. Эта реакция периферических сосудов имеет особое значение, обеспечивая первую линию защиты за счет минимизации конвективных потерь тепла. Наши результаты согласуются с этими выводами, так как, действительно, необходимо указать на возрастное повышение общего периферического сопротивления сосудов, наименьшие величины которого были характерны для группы подростков и юношей со значимым возрастанием в группе мужчин зрелого и пожилого возраста, что, по-видимому, также обуславливает снижение средних величин температурных профилей в возрастном аспекте.

Анализируя показатели газообмена, необходимо указать на то, что, действительно, при анализе скорости метаболизма у представителей анализируемых групп было установлено, что юноши характеризовались наиболее высокими величинами потребления кислорода, показателями обмена веществ (ккал/день), как относительно остальных возрастных групп, так и относительно нормативных величин, что в полной мере сопоставимо со значимо более высокими значениями анализируемых термограмм. Тогда как в группе мужчин пожилого возраста, напротив, отмечались значимо более низкие величины показателей газообмена, но находящиеся в пределах нормативных диапазонов для данных характеристик, что наблюдалось на фоне наименьших средних величин различных участков тела температурного портрета.

Известно, что кожный кровоток также связан с вегетативной нервной системой, которая контролирует вазоконстрикцию и расширение сосудов капилляров для поддержания гомеостаза [13]. Кровообращение кожи контролируется адренергической симпатической нервной системой. В частности, вазомоторные симпатические нервы в дистальных отделах конечности состоят только из сократительных нервных окончаний, которые контролируют температуру тела путем сужения или расширения просвета кровеносных сосудов [12]. Полученные нами ранее результаты показали, что по мере увеличения возраста наблюдалось снижение вегетативных функций, которое было связано с уменьшением активности парасимпатического звена вегетативной нервной системы, смещающим симпатовагальный баланс в относительное состояние симпатической активности [2], что также может обуславливать снижение средних величин термограмм обследованных мужчин пожилого возраста.

Так как пониженная температура кожи уменьшает тепловой градиент между кожей и окружающей средой и скорость потери тепла тела зависит от величины этого градиента, более низкая температура кожи эффективно снижает потери тепла всего тела и ослабляет падение температуры ядра [19]. Такие терморегуляторные перестройки наблюдаются в группе мужчин пожилого возраста, что подтверждается достаточными величинами суточных энергозатрат и их отношением к норме, находящимися в пределах нормативного диапазона, с одновременным снижением скорости кровотока за счет вазоконстрикторных механизмов, обусловленных преобладанием симпатического звена вегетативной нервной системы. В то время как для группы юношей более высокие величины скорости метаболизма и потребления кислорода в состоянии покоя на фоне высоких значений гемодинамики позволяют поддерживать более высокую температуру кожи, что, по-видимому, является отражением метаболической адаптации [28].

Заключение. Проведенные исследования показали, что наибольшими величинами анализируемых термограмм характеризовались обследуемые юноши, что свидетельствует о становлении оптимальной терморегуляции именно к юношескому периоду онтогенеза. При этом в возрастном аспекте от группы юношей к группе мужчин пожилого возраста отмечается

значимое снижение средних величин анализируемых участков температурного портрета. Также необходимо указать на возрастание термоасимметрии в группе мужчин пожилого возраста и юношей до 0,07 °C и 0,09 °C соответственно, что требует дальнейшего изучения и анализа.

Следует подчеркнуть, что для обследуемых всех возрастных групп были характерны более высокие значения температуры сопоставимых участков тела относительно лиц, проживающих в более благоприятных климатических условиях, что, по-видимому, является отражением формирования региональных особенностей температурного портрета жителей-северян.

Исследования показали, что изоляционная адаптация достигается снижением средневзвешенной температуры с соответствующей теплоотдачей, возрастанием общего содержания жира в организме, снижением энергообмена, но в пределах нормативных диапазонов (потребления кислорода, коэффициента использования кислорода) за счет вазоконстрикторных перестроек системы кровообращения, обусловленных активацией симпатического звена вегетативной нервной системы в группе мужчин пожилого возраста. В данном случае мы можем говорить о возрастассоциированной изоляционной адаптации, при этом дефицит терморегуляции поверхности кожи направлен на оптимизацию внутренней температуры организма (ядра).

Литература

1. Аверьянова И.В. Основные соматометрические показатели у пожилых мужчин, проживающих в условиях Севера // Успехи геронтологии. 2022. Т. 35, № 4. С. 472-477.
2. Averyanova I.V. The main somatometric indicators in elderly men living in the conditions of the North // Successes of gerontology. 2022. Vol. 35, No 4. P. 472-477. DOI: 10.34922/AE.2022.35.4.003
3. Аверьянова И.В. Особенности показателей вариабельности сердечного ритма в популяции жителей-северян юношеского, трудоспособного и пожилого возраста // Там же. 2023. Т. 36, №1. С. 36-42.
4. Averyanova I.V. Features of heart rate variability indicators in the population of Northerners of youthful, able-bodied and elderly age // Ibid. 2023. Vol. 36, No 1. P. 36-42.
5. 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. 2021. Т. 29, № 7. С. 36-42.
6. Averyanova I.V., Vdovenko S.I. Comparative analysis of thermal imaging images of healthy young people with different periods of adaptation to the conditions of the North // Population health and habitat. 2021. Vol. 29, No 7. P. 36-42. DOI: 10.35627/2219-5238/2021-29-7-36-42. – EDN FNQZUR.
7. Вайнер Б.Г. Перспективы использования современного тепловизионного метода для изучения особенностей физиологических процессов у северян // Вестник СурГУ. Медицина. 2017. № 3 (33). С. 51-57.
8. Vayner B.G. Prospects of using the modern thermal imaging method to study the peculiarities of physiological processes in Northerners // Bulletin of Surgut State University. Medicine. 2017. No 3 (33). P. 51-57.
9. Неучтенный фактор измерения температуры тела инфракрасным термометром / М.А. Байрамов, В.Л. Гапонов, Д.М. Кузнецов, П.В. Пудовинникова // Проблемы развития современного общества: сб. научн. ст. 8-й Всероссийской национальн. науч.-практич. конф. Т. 3. Курск: Университетская книга, 2023. С. 149-155.
10. An unaccounted-for body temperature measurement factor with an infrared thermometer // M.A. Bayramov, V.L. Gaponov, D.M. Kuznetsov, P.V. Pudovinnikova // Problems of development of modern society: collection of scientific articles of the 8th All-Russian National Scientific and Practical Conference. Vol. 3. Kursk: University Book, 2003. P. 149-155.
11. Особенности инфракрасного температурного портрета детей младшего и старшего школьного возраста / Е.Б. Акимов, Р.С. Андреев, Ю.Н. Каленов, В.Д. Сонькин // Новые исследования. 2013. № 2 (35). С. 48-56.
12. Features of the infrared temperature portrait of children of younger and older school age / E.B. Akimov, R.S. Andreev, Yu.N. Kalenov, V.D. Son'kin // New research. 2013. No 2 (35). P. 48-56.
13. Прошкин С.С. К вопросу о точности измерения температуры с помощью тепловизора // Вестник Международной Академии Холода. 2014. № 1. С. 51-54.
14. Proshkin S.S. To the question of the accuracy of temperature measurement using a thermal imager // Bulletin of the International Academy of Cold. 2014. No 1. P. 51-54.
15. Температурный портрет человека и его связь с аэробной производительностью и уровнем лактата в крови / Е.Б. Акимов [и др.] // Физиология человека. 2010. Т. 36, № 4. С. 89-101.
16. Temperature portrait of a person and its relation to aerobic performance and blood lactate levels / E.B. Akimov [et al.] // Human physiology. 2010. Vol. 36, No 4. P. 89-101.
17. A human thermoregulation model for the Chinese elderly / T. Ma, J. Xiong, Z. Lian, // Journal of Thermal Biology. 2017. Vol. 70 (Pt A). P. 2-14. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.08.002.
18. Comparative Physiology of Energy Metabolism: Fishing for Endocrine Signals in the Early Vertebrate Pool / I. van de Pol, G. Flik, M. Gorissen // Front Endocrinol (Lausanne). 2017. Vol. 8. P. 1-18. doi: 10.3389/fendo.2017.00036
19. Comparison of digital infrared thermal imaging (DITI) with contact thermometry: pilot data from a sleep research laboratory / C.J. van den Heuvel, S.A. Ferguson, D. Dawson, S.S. Gilbert // Physiol. Meas. 2003. Vol. 24 (3). P. 717-725. DOI: 10.1088/0967-3334/24/3/308
20. Fujimasa I. Pathophysiological expression and analysis of far infrared thermal images // IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine. 1998. Vol. 17 (4). P. 34-42. doi:10.1109/51.687961
21. Functional infrared imaging in medicine: a quantitative diagnostic approach / A. Merla, G.L. Romani // Conf Proc IEEE Eng Med Biol

Soc. 2006. Vol. 2006. P. 224-7. doi: 10.1109/IEM-BS.2006.260267

14. Gender differences in thermoregulation / H. Kaciuba-Uscilko, J. Grucza // Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care. 2001. Vol. 4 (6). P. 533-6. doi: 10.1097/00075197-200111000-00012

15. Human Physiology the Basis of Medicine / G. Pocock, C.D. Richards. Oxford: Oxford University Press, 2006. 656 p.

16. Infrared thermal imaging in medicine / E.F.J. Ring, K. Ammer // Physiol Meas. 2012. Vol. 33. P. R33-46. doi: 10.1088/0967-3334/33/R33.

17. Jessen C. Temperature Regulation in Humans and Other Mammals. Berlin: Springer-Verlag, 2001. 194 p. https://doi.org/10.1007/978-3-642-59461-8

18. Metabolic determinants of Alzheimer's disease: A focus on thermoregulation / M. Tournissac [et al] // Ageing Research Reviews. 2021. Vol. 72. DOI: 10.1016/j.arr.2021.101462

19. Metabolic response to cold air in men and women in relation to total body fat content / E.R. Buskirk, R.H. Thompson, G.D. Whedon

// J. Appl. Physiol. 1963. Vol. 18. P. 603-612.

20. Modeling Thermal Infrared Imaging Data for Differential Diagnosis / E. Ismail, A. Merla // Application of Infrared to Biomedical Sciences. Series in BioEngineering. Singapore: Springer, 2017. P. 477-515. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3147-2_27

21. Normal Body Temperature: A Systematic Review // I.I. Geneva, B. Cuzzo, T. Fazili, W. Javadi // Open Forum Infectious Diseases. 2019. Vol. 6 (4). P. 1-7. DOI: 10.1093/ofid/ofz032

22. Relationship between thermoregulatory parameters and DEXA-estimated regional fat / E.L. Glickman-Weiss, C.M. Hearon, A.G. Nelson, J. Kime // Wilderness and Environmental Medicine. 1996. Vol. 1. P. 19-27 DOI:https://doi.org/10.1580/1080-6032(1996)007[0019:RBTPAD]2.3.CO;2

23. Review on modeling heat transfer and thermoregulatory responses in human body / M. Fu, W. Weng, W. Chen, N. Luo // J. Therm. Biol. 2016. Vol. 62 (Pt B). P. 189-200. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2016.06.018

24. The comparison of surface body temperature distribution between men and women by means of thermovision / A. Dębiec-Bąk, A. Skrzek // Inz. Biomed. 2012. Vol. 18 (1). P. 25-29.

25. The skin's role in human thermoregulation and comfort / E. Arens, H. Zhang // Thermal and Moisture Transport in Fibrous Materials. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, 2006. P. 560-602.

26. Thermal symmetry of the upper and lower extremities in healthy subjects / R. Vardasca, E.F.J. Ring, P. Plassmann, C.D. Jones // Thermol. Int. 2012. Vol. 22 (2). P. 53-60.

27. Towards thermal comfort prediction for the older population: a review of aging effect on the human body / D.T. Novieto, Y. Zhang // Proceedings of IESD PhD Conference. Leicester: De Montfort University, 2010. P. 35-48.

28. Young A.J. Homeostatic responses to prolonged cold exposure: human cold acclimatization // Comprehensive Physiology. Natick: U.S. Army Research Institute of Environmental Medicine, 2011. DOI:10.1002/cphy.cp040119

И.Н. Молодовская, Е.В. Типисова, А.Э. Елфимова,
В.А. Аликина, В.Н. Зябишева

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГИПОФИЗАРНО-ГОНАДНОЙ ОСИ И ДОФАМИНА С МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ У ЗДОРОВЫХ МУЖЧИН, ПРОЖИВАЮЩИХ В СУБАРКТИКЕ

DOI 10.25789/YMJ.2023.83.23

УДК [612.616.31:616.432:577.175.6]:
313.1-055.1(985)(045)

Сезонные колебания уровней эстрадиола и антиспермальных антител сопоставимы с изменениями продолжительности светового дня, колебаниями атмосферного давления, температуры и относительной влажности воздуха. Сезонные изменения уровня ЛГ связаны с колебаниями атмосферного давления воздуха. Экстремальные значения дневного света оказывают влияние на годовую динамику дофамина, который также коррелировал с атмосферным давлением и относительной влажностью воздуха. Уровни общего и свободного тестостерона у мужчин относительно постоянны в течение года и, по-видимому, не зависят от факторов погоды.

Ключевые слова: половые гормоны; цирканнуальный ритм; дофамин; эстрадиол.

Seasonal fluctuations in the levels of estradiol and antisperm antibodies are comparable to changes in daylight hours, fluctuations in atmospheric pressure, temperature and relative humidity. Seasonal changes in LH levels are associated with fluctuations in atmospheric air pressure. Daylight affect annual dopamine dynamics, which also correlated with atmospheric pressure and relative air humidity. Total and free testosterone levels in men are relatively constant throughout the year and do not appear to be influenced by weather factors.

Keywords: sex hormones; circannual rhythm; dopamine; estradiol.

ФИЦ комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаврова Уральского отделения РАН: **МОЛДОВСКАЯ Ирина Николаевна** – к.б.н., с.н.с., pushistiy-86@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3097-9427>, **ТИПISOVA Елена Васильевна** – д.б.н., гл.н.с., <http://orcid.org/0000-0003-2097-3806>, **ЕЛФИМОВА Александра Эдуардовна** – к.б.н., с.н.с., <http://orcid.org/0000-0003-2519-1600>, **АЛИКИНА Виктория Анатольевна** – к.б.н., с.н.с., <http://orcid.org/0000-0002-0818-7274>, **ЗЯБИШЕВА Валентина Николаевна** – м.н.с., <http://orcid.org/0000-0001-6133-8249>.

Введение. Смена сезонов года вызывает у жителей высоких широт адаптивную перестройку организма. Физиологические особенности организма позволяют большинству здоровых людей адаптироваться к особенностям климата северных регионов Российской Федерации без заметных расстройств, и лишь снижение адаптивных резервов может приводить к возникновению различных патологических состояний. Вместе с тем в крупных исследованиях, охвативших ряд популяций в различных климатических зонах [5, 11, 16, 23], показана связь ме-

теорологических факторов с динамикой половых гормонов.

Несколько исследований за последние годы получили противоречивые результаты при оценке, зависящей от окружающей среды, ритмичности секреции половых гормонов у мужчин. Расхождения можно объяснить различным географическим положением каждого проводимого исследования, которое влияет на продолжительность сезонов, колебания температуры и циклы дня и ночи. В Израиле более высокий уровень тестостерона у мужчин наблюдался в летне-осенний сезон,