

## ТЕМПЕРАТУРНЫЙ «ПОРТРЕТ» ОБУЧАЮЩИХСЯ КРАСГМУ В СОСТОЯНИИ ПОКОЯ И ПОСЛЕ ХОЛОДОВОЙ НАГРУЗКИ

Никель В.В.<sup>1</sup>, Ефремова В.П.<sup>1</sup>, Беззаботнов В.Е.<sup>1</sup>, Вахтина Л.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России, Красноярск, e-mail: vica-nic@mail.ru

С целью изучения особенностей распределения жировой ткани у людей в юношеском возрасте, а также особенностей ее метаболизма в покое и в результате воздействия экстремальных факторов проведено тепловизионное обследование 100 обучающихся 1 курса КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого (56 девушек, 44 юноши). Регистрация температурного портрета осуществлялась с помощью бесконтактного цифрового тепловизора «ТВС 300-мед» в покое и после воздействия стрессового фактора, которым служило региональное холодное воздействие (погружение ног до уровня лодыжек в ледяную воду на одну минуту). Установлено, что в покое наиболее высокая температура у юношей определяется в точках над и под ключицами, у девушек – под ключицами и между лопатками. Самая низкая температура у представителей обоих полов определялась вдоль позвоночного столба. После воздействия экстремальных факторов зарегистрирована общая тенденция по снижению кожной температуры как у девушек, так и у юношей. Наибольшая динамика отмечается у девушек между лопатками, в этой точке зарегистрировано снижение температуры на 0,7 °С. Наименьшее изменение кожной температуры после регионального холодного воздействия зафиксировано у обоих полов в надключичной области.

Ключевые слова: юношеский возраст, бурая жировая ткань, бежевая жировая ткань, тепловизионное обследование.

## TEMPERATURE “PORTRAIT” OF TRAINING KRASGMU STUDY UNDER THE CONDITION AND AFTER THE COLD LOAD

Nickel V.V.<sup>1</sup>, Efremova V.P.<sup>1</sup>, Bezzabotnov V.E.<sup>1</sup>, Vakhtina L.Yu.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FGBOU VO «Krasnoyarsk State Medical University named after professor V.F. Voyno-Yasenetsky» Ministry of Health of Russia, Krasnoyarsk, e-mail: vica-nic@mail.ru

In order to study the characteristics of the distribution of adipose tissue in people in adolescence, as well as the characteristics of its metabolism at rest and as a result of exposure to extreme factors, a thermal imaging survey of 100 students of the 1st course of KrasGMU named after prof. V.F. Voyno-Yasenetsky (56 girls, 44 young men). The temperature portrait was recorded using a non-contact digital thermal imager TVS 300-honey at rest and after exposure to a stress factor, which served as a regional cold exposure (immersing the legs to the level of the ankles in ice water for one minute). It was established that at rest, the highest temperature in young men is determined at points above and below the collarbone, in girls - under the collarbones and between the shoulder blades. The lowest temperature in representatives of both sexes was determined along the spinal column. After exposure to extreme factors, a general tendency has been recorded for a decrease in skin temperature in both girls and boys. The greatest dynamics is observed in girls between the shoulder blades, at this point a decrease in temperature of 0.7°C is recorded. The smallest change in skin temperature after regional cold exposure was recorded in both sexes in the supraclavicular region.

Keywords: adolescence, brown adipose tissue, beige adipose tissue, thermal imaging examination.

Человеку, как гомойотермному организму, свойственно сохранение относительно постоянной температуры ядра тела независимо от условий окружающей среды и степени физической нагрузки. Адаптация к меняющимся температурным условиям среды происходит за счет специализированных механизмов, которые функционируют как комплекс, регулирующий поддержание теплового гомеостаза организма [1-3].

Терморегуляция у человека представляет собой совокупность физиологических процессов, которые протекают по принципу саморегуляции. При этом любое отклонение

температуры от наиболее выгодных значений и является механизмом, стимулирующим возврат системы к исходному уровню. В связи с этим все внутренние процессы в организме протекают при определенном температурном оптимуме [4; 5].

Постоянство температурных значений в нашем организме поддерживается за счет двух противоположных процессов - теплопродукции и теплоотдачи. Сущность теплопродукции заключается в выработке тепла, при этом интенсивность находится в прямой зависимости от активности метаболических процессов, из-за этих взаимосвязей ее можно назвать химической теплорегуляцией. Теплоотдача, которая осуществляется с поверхности тела, получила название физической теплорегуляции [6; 7].

Основную роль в терморегуляции за счет несократительного термогенеза у человека играет бурая жировая ткань, которая в большом количестве представлена у новорожденных и может составлять до 5% от их общей массы.

Бурая жировая ткань, в отличие от белой, характеризуется большим количеством митохондрий и обширной васкуляризацией. В связи с этим бурый жир наиболее эффективен в качестве топлива, т.к. способствует получению большого количества тепла при расщеплении, однако до недавнего времени существовало мнение о том, что с возрастом количество бурого жира не просто уменьшается, а ее депо вообще отсутствует [8; 9].

В последние годы учеными был описан еще один вид жировой ткани в организме человека, которую назвали бежевой. Клетки бежевого жира морфологически очень похожи на клетки бурого и также, обладая термогенным эффектом, способны сжигать избыток липидов с образованием тепла. Но в то же самое время бежевая жировая ткань значительно отличается от бурой по некоторым биохимическим и генетическим характеристикам. Вполне возможно, что в теле взрослого человека хранится не бурая жировая ткань, которая с возрастом исчезает, а именно бежевый жир, обладающий уникальными характеристиками.

Известно, что для активации несократительного термогенеза в жировой ткани необходимо воздействие пониженных температур [10; 11]. Исходя из всего вышеизложенного, мы смогли выдвинуть предположение об ее участии в формировании термопортрета человека. Кроме того, динамическое наблюдение за термопортретом при функциональных нагрузках может быть полезно для понимания механизмов теплового состояния отдельных участков тела человека [12].

Цель исследования: изучить изменение температурного «портрета» различных участков тела человека в покое и при холодовом воздействии.

#### **Материал методы исследования**

Все измерения проводились в «Лаборатории биофизических методов исследования» на базе КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого (зав. проф. Н.Н. Медведева).

Всего было обследовано 100 человек юношеского возраста (56 девушек и 44 юноши), которые являются обучающимися 1 курса КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого с различным уровнем активности и подготовленности, на момент проведения измерений все были условно здоровы (не было объективных и субъективных признаков острых заболеваний), при обязательном условии отсутствия у них каких-либо хронических заболеваний. В течение суток до проведения исследования обследуемые воздерживались от употребления алкоголя и в течение 6 часов – от курения.

Каждый обучающийся, принявший участие в обследовании, дал свое письменное информированное согласие на участие.

Обследование проводилось в специально оборудованном помещении, где постоянно поддерживались оптимальные параметры температуры (19-21 °С) и влажности воздуха (70-75%). Для исключения воздействия прямых солнечных лучей окна закрывались шторами, батареи центрального отопления были экранированы, использовалось освещение с помощью люминесцентных ламп.

При обследовании проводилось динамическое наблюдение за кожной температурой в над- и подключичной областях (передняя поверхность грудной клетки), между лопатками и вдоль позвоночного столба (со стороны спины) в условиях покоя, а также после регионального холодового воздействия, которое заключалось в погружении ног до уровня лодыжек в ледяную воду на 1 минуту.

Тепловизионное исследование проводилось с расстояния не менее двух метров с помощью бесконтактного цифрового тепловизора «ТВС 300-мед», свойства которого позволяли зафиксировать инфракрасное излучение и преобразовать его в видимую для глаза картинку, при этом цвет изображения численно соответствовал значению излучения (в данном случае использовался цветной спектр).

Анализ термограмм производился с помощью специализированной программы Image Processor. Все измерения проводились в четырех точках: над и под ключицами, между лопатками и вдоль позвоночного столба.

Статистическая обработка всех полученных цифровых данных проводилась с помощью компьютерной программы Statistica 6.0 for Windows. Так как в работе использовался малый объем выборки ( $n=100$ ), то была необходимость применения непараметрических методик описательной статистики. При этом проводилось определение медианы ( $Me$ ), верхнего ( $C_{25}$ ) и нижнего ( $C_{75}$ ) квартилей. С помощью U-критерия Mann-Whitney проводилось сравнение показателей двух исследуемых групп.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

В результате проведенного исследования установлено, что у юношей в условиях покоя самая высокая температура кожных покровов была зафиксирована в надключичной и подключичной областях (рис. 1). Кроме того, показатели кожной температуры на передней поверхности грудной клетки были сходными и составляли 30,5 °С ([29,8; 32,1] в точке над ключицами и [29,8; 32,2] в точке под ключицами соответственно).

Самая низкая кожная температура зафиксирована у юношей в состоянии покоя в точках вдоль позвоночного столба 29,6 °С [29,3; 29,9]. В области между лопатками температура находилась на уровне промежуточных значений (рис. 1, таблица).

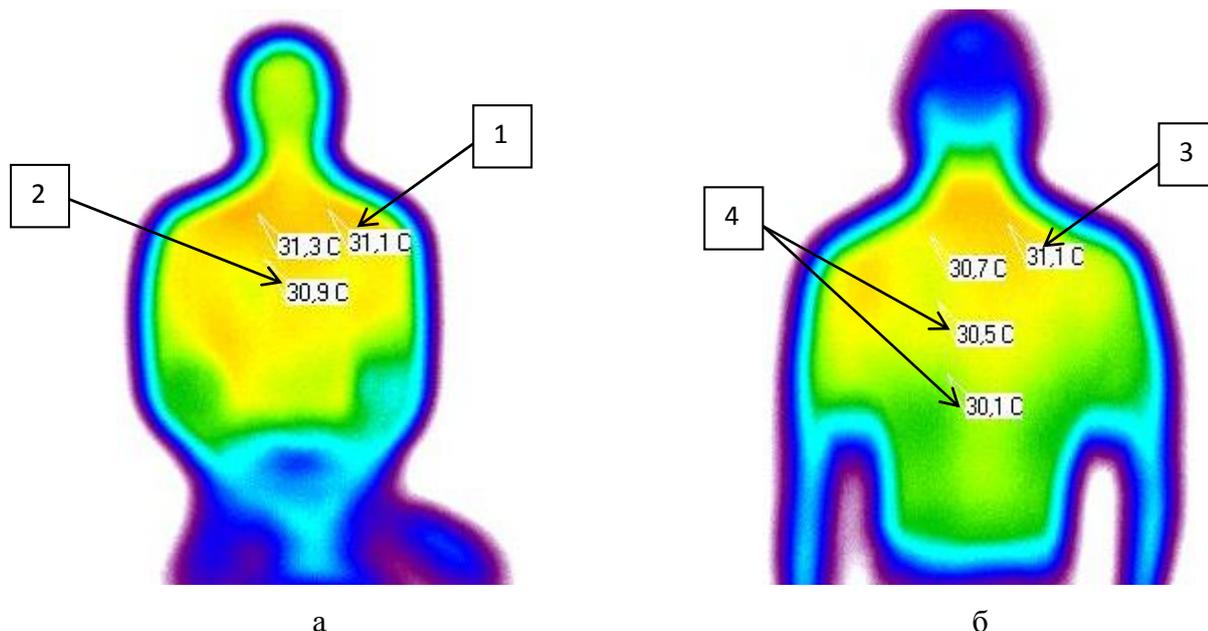


Рис. 1. Тепловизионный «портрет» юношей в состоянии покоя (а - вид спереди, б – вид сзади): 1 – область над ключицами, 2 – область под ключицами, 3 – область между лопатками, 4 – область вдоль позвоночного столба

Показатели кожной температуры девушек и юношей в норме и после холодовой нагрузки

	Девушки (n=56)	Юноши (n=44)
В норме		
Область над ключицами	30,3 °С [29,8; 30,8]	30,5 °С [29,8; 32,1]
Область под ключицами	30,5 °С [29,7; 31,1]	30,5 °С [29,8; 32,2]
Область между лопатками	30,8 °С [29,5; 31,1]	30,1 °С [29,8; 30,7]
Область вдоль позвоночного столба	29,75 °С [28,5; 30,6]	29,6 °С [29,3; 29,9]
После холодовой нагрузки		
Область над ключицами	30,15 °С [29,2; 30,6]	30,4 °С [29,9; 31,4]
Область под ключицами	30,1 °С [29,5; 30,5]	30,1 °С [29,9; 31,6]

Область между лопатками	30,1 °С [29,3; 30,6]	30,2 °С [29,8; 30,7]
Область вдоль позвоночного столба	29,4 °С [28,7; 29,9]	29,3 °С [29,0; 29,8]

В то же самое время у девушек в аналогичных точках зафиксированы показатели на уровне средних значений: 30,3 °С [29,6; 32,4] - над ключицами и 30,5 °С [29,7; 32,1] – в подключичной области (рис. 2).

Наибольшая кожная температура у девушек в условиях покоя определялась между лопатками и составляла 30,8 °С [29,9; 32,8] (рис. 2), у юношей в этой точке температура была 30,1 °С [29,8; 30,7] (таблица).

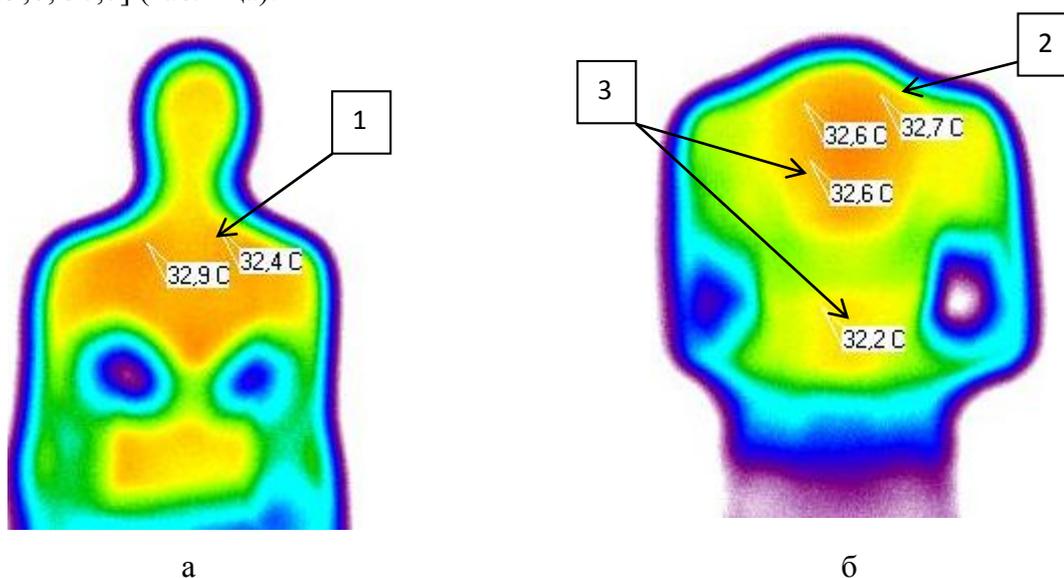


Рис. 2. Тепловизионный «портрет» девушек в состоянии покоя (а - вид спереди, б – вид сзади): 1 – область над ключицами, 2 – область между лопатками, 3 – область вдоль позвоночного столба

Температура вдоль позвоночного столба оказалась самой низкой среди всех искомых точек и определялась на уровне 29,75 °С [28,5; 30,6] у девушек (рис. 2) и 29,60 °С [29,3; 29,9] у юношей (рис. 1) соответственно.

После проведения холодной пробы у всех обследованных отмечается общая тенденция, заключающаяся в снижении кожной температуры по всем точкам (таблица).

У юношей наибольшие показатели по изменению температуры тела зафиксированы по двум точкам: в подключичной области 30,1 °С [29,9; 31,6] ( $U=87,5$   $p=0,25$ ) и вдоль позвоночного столба 29,3 °С [29,0; 29,8] ( $U=102,0$   $p=0,56$ ), где разница составила 0,4 °С и 0,5 °С соответственно по сравнению с состоянием покоя (рис. 3).

По остальным искомым точкам снижение температуры было не столь существенное и составило не более 0,1-0,2 °С (таблица).

У девушек изменение температуры тела после проведения региональной холодной пробы в сторону ее уменьшения в большей мере (на  $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) наблюдается в точке между лопатками - до  $30,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  [29,3; 30,6] ( $U=96,5$   $p=0,42$ ) (рис. 4).

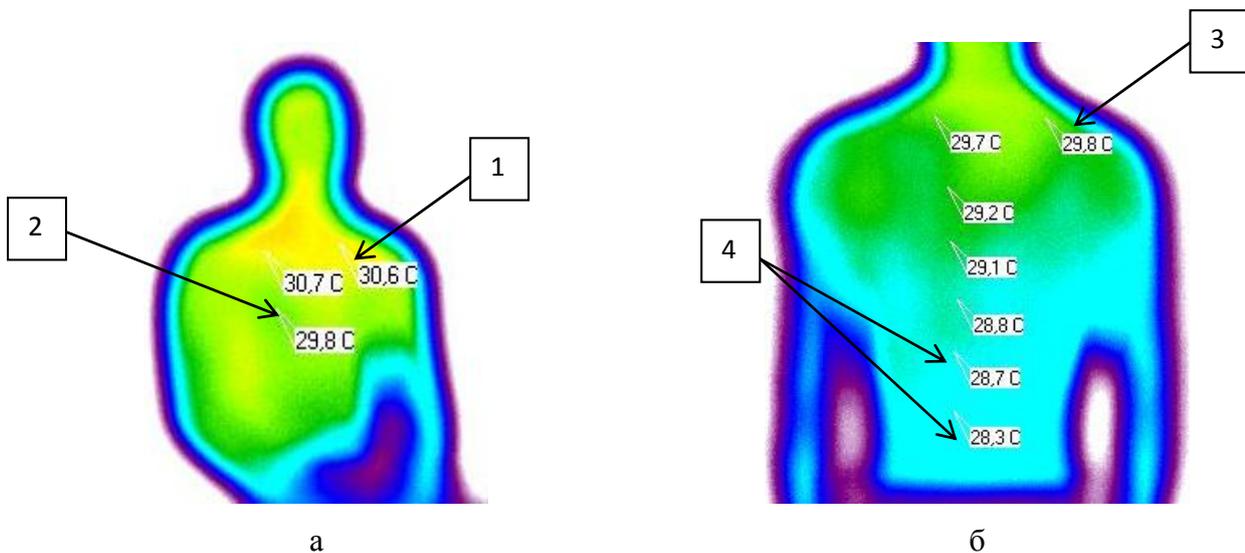
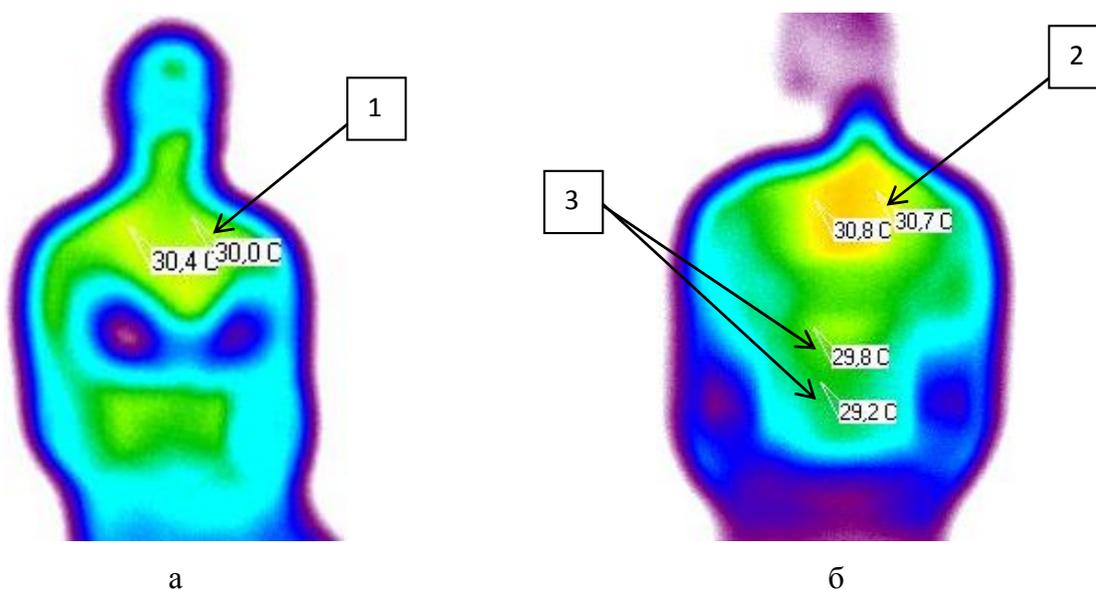


Рис. 3. Тепловизионный «портрет» юношей после проведения региональной холодной нагрузки (а - вид спереди, б – вид сзади): 1 – область над ключицами, 2 – область под ключицами, 3 – область между лопатками, 4 – область вдоль позвоночного столба

Менее значимое снижение кожной температуры у девушек зафиксировано в точках, аналогичных с юношами в подключичной области и вдоль позвоночного столба. При этом изменение температуры находится в том же диапазоне, что и у юношей, и составляет  $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для подключичной области показатель составляет  $30,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  [29,5; 30,5] ( $U=87,5$   $p=0,24$ ), для области вдоль позвоночного столба –  $29,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  [28,7; 29,9] ( $U=102,0$   $p=0,56$ ) соответственно (рис. 4).

В надключичной области зафиксировано совсем незначительное снижение кожной температуры на  $0,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что находится в границах математической погрешности (таблица).



*Рис. 4. Тепловизионный «портрет» девушек после проведения региональной холодной нагрузки (а - вид спереди, б – вид сзади): 1 – область над ключицами, 2 – область между лопатками; 3 – область вдоль позвоночного столба*

Таким образом, в результате тепловизионного исследования была установлена кожная температура тела девушек и юношей, обучающихся 1 курса КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, в норме и после регионального холодого воздействия.

#### **Заключение**

По итогам проведенной работы были составлены инфракрасные «портреты» обследуемых, по которым можно судить, что наиболее высокая кожная температура в состоянии покоя у юношей в надключичной и подключичной областях, у девушек данный параметр наиболее высок в точке между лопатками.

Самой «холодной» точкой у всех исследуемых в покое является область вдоль позвоночного столба.

Установлено, что снижение кожной температуры после регионального холодого воздействия происходит по всем исследуемым точкам, однако, в зависимости от пола, данное явление имеет неоднородный характер. Можно предположить, что изменение температуры у девушек почти на градус (на 0,7 °С в точке между лопатками) свидетельствует об особенностях распределения подкожной жировой клетчатки.

#### **Список литературы**

1. Потемкин В.В., Троицкая С.Ю. Жировая ткань: ее значение в норме и при патологии // Российский медицинский журнал. 2007. № 4. С. 54-56.

2. Боева Л.Н., Догедин С.А., Екимова М.В. Роль адипокинов в нейроэндокринной регуляции энергетического обмена // Сибирское медицинское обозрение. 2010. №. 6 (66). С. 3-7.
3. Giral M., Villarroya F. White, brown, beige/brite: different adipose cells for different functions? *Endocrinology*. 2013. № 154. P. 2992-3000.
4. Мяделец О.Д., Мяделец В.О., Соболевская И.С., Кичигина Т.Н. Белая и бурая жировые ткани: взаимодействие со скелетной мышечной тканью // Вестник ВГМУ. 2014. Т. 13, № 5. С. 32-44.
5. Козлов А.В., Сонькин В.Д., Якушкин А.В. Метод исследования активности подкожных термогенных структур при действии стимулов разной модальности // Физиология человека. 2017. Т. 43. № 6. С. 124-134.
6. Лучаков Ю.И. Перенос тепла в тканях гомойотермного организма // Клиническая медицина и фармакология. 2017. Т. 3. № 1. С. 39-45.
7. Lichtenbelt W.D.M., Frijns A.J.H., Ooijen M.J., Fiala D., Kester A.M., Steenhoven A.A. Validation of an individualised model of human Thermoregulation for predicting responses to cold air. *J. of Biometeorology*. 2007. V 51. № 3. P. 169-179.
8. Яглова Н.В., Яглов В.В. Новые аспекты исследования гистогенеза жировых тканей // Клиническая и экспериментальная морфология. 2015. № 3. С. 68-71.
9. Virtanen K.A., Lidell M.E., Orava J. Functional brown adipose tissue in healthy adults. / *N. Engl. J. Med*. 2009. № 360 (15). P. 1518-1525.
10. Салтыкова М.М. Основные физиологические механизмы адаптации человека к холоду // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2017. Т. 103, № 2. С. 138-151.
11. Frontini A., Cinti S. Distribution and development of brown adipocytes in the murine and human adipose organ. *Cell Metab*. 2010. № 11 (4). P. 253-256.
12. Акимов Е.Б., Андреев Р.С., Каленов Ю.Н., Сонькин В.Д. Особенности инфракрасного температурного портрета детей младшего и старшего школьного возраста // Новые исследования. 2013. № 2 (35). С. 48-56.