

Е. С. Тверитина, М. З. Фёдорова

Регуляция микроциркуляторного русла кожи у лиц юношеского возраста

Показаны основные механизмы регуляции кровотока кожи в условиях локальной гипер- и гипотермии у юношей и девушек с разной силой нервных процессов. У лиц со средней силой нервных процессов реактивность микрососудистого русла кожи наиболее выражена в группе юношей. У лиц со слабыми нервными процессами механизмы регуляции микроциркуляции сходны в условиях локальной гипертермии и различны в условиях локальной гипотермии.

Ключевые слова: микроциркуляция, сила нервных процессов, локальная гипер- и гипотермия.

E. S. Tveritina, M. Z. Fiodorova

Regulation of the Skin Microcirculatory Bed of Young People

The basic mechanisms of blood flow regulation in groups with variety force of the nervous processes in the conditions of local hyper- and hypothermia are shown. The microvascular reactivity in the group with average force of the nervous processes is mostly expressed in young men. In people with weak nervous processes the mechanisms of microcirculation regulation are similar in the conditions of local hyperthermia and are different in the conditions of local hypothermia.

Keywords: microcirculation, force of the nervous processes, local hyper- and hypothermia.

Микроциркуляция представляет собой мельчайшую функциональную единицу сосудистой системы, где микрососуды окружают тканевые и паренхимальные клетки, от которых удаляют продукты метаболизма и снабжают нутриентами [4]. Наиболее сложное взаимодействие локальных и общих механизмов регуляции кровотока представлено в микроциркуляторном русле кожи, где кровоток может меняться от 20 мл/мин (при локальном или общем охлаждении) до 8 л/мин в условиях сильного теплового стресса [9]. Свойства нервных процессов мало подвержены изменениям [3], поэтому реактивность нервной системы, определяющая особенности регуляции процессов кровообращения и типологическую принадлежность, может проявляться во взаимосвязях показателей этих систем.

Цель исследования – оценить реактивность микрососудистого русла кожи в условиях локальной гипер- и гипотермии у лиц юношеского возраста с разной силой нервных процессов.

Материалы и методы исследования

В основу работы положены результаты исследований юношей (n=41) и девушек (n=39) в возрасте 18–21 года.

Силу нервных процессов (НП) оценивали по результатам методики Теппинг-теста Ильина

с использованием программного комплекса «Психо-тест» (Иваново, Россия).

Регистрацию показателей микроциркуляторного русла кожи проводили с помощью двухканального лазерного анализатора капиллярного кровотока ЛАКК-02 (НПП «Лазма», Россия) в красной области спектра излучения (КР, длина волны 0,63 мкм, мощность излучения 0,5 мВт). При исследовании реакции микрососудов кожи на температурное воздействие использовали блок «ЛАКК-ТЕСТ» (НПП «Лазма», Россия). Во время обследования испытуемый находился в положении сидя, область исследования – ниже уровня сердца [1]. В течение всех этапов эксперимента зонд флоуметра фиксировали на коже ладонной поверхности дистального фаланга II пальца кисти левой руки.

Исходные ЛДФ – граммы записывали в течение 5 минут. Запись тепловой пробы проводили ступенчато от 32°C до 45°C, холодной пробы – от 32°C до 15°C в течение 10 минут с поддержанием конечно заданной температуры после ее достижения. Скорость изменения температуры составляла 4°C в минуту.

Полученные ЛДФ – граммы анализировали на основе вейвлет-преобразования [1] в 4 температурных диапазонах. В условиях локальной ги-

пертермии: 32°C–39°C, 39°C–45°C, первые две минуты воздействия 45°C, последние 4 минуты воздействия 45°C. В условиях локальной гипотермии: 32°C–23°C, 23°C–15°C, первые две минуты воздействия 15°C, последние 3 минуты воздействия 15°C. Показатели эндотелиального ритма оценивали в температурных диапазонах 32–45°C и 6 минут воздействия 45°C, в холодной пробе – 32–15°C и 5 минут воздействия 15°C.

Определяли показатели: среднеарифметический показатель микроциркуляции (М, перфузионные единицы – пф. ед.); среднее квадратическое отклонение (флакс) амплитуды колебаний кровотока от среднего арифметического значения М– σ (пф. ед.), коэффициент вариации $Kv = \text{СКО}/\text{ПМ} \cdot 100\%$; функциональный вклад каждого звена в модуляцию микрокровотока по формуле – $(A_{\max}/3\sigma)100\%$ – эндотелиального ритма $A_{\text{э}}$ (0,0095–0,02 Гц), нейрогенного ритма – $A_{\text{н}}$ (0,02–0,06 Гц), миогенного ритма – $A_{\text{м}}$ (0,06–0,2 Гц), дыхательного ритма – $A_{\text{д}}$ (0,2–0,6 Гц) и кардиоритма – $A_{\text{с}}$ (0,6–1,6). Нейрогенный тонус прекапиллярных резистивных микрососудов (НТ) и миогенный тонус (МТ) метартериол и прекапиллярных сфинктеров, а также показатель шунтирования (ПШ) определяли по формулам:

$$\text{НТ} = (\sigma \times A_{\text{Дср}}) / (A_{\text{н}} \times \text{ПМ}),$$

$$\text{МТ} = (\sigma \times A_{\text{Дср}}) / (A_{\text{м}} \times \text{ПМ}),$$

$$\text{ПШ} = \text{МТ} / \text{НТ} [1],$$

где $A_{\text{Дср}}$ – среднее артериальное давление.

Статистическую обработку полученных числовых материалов и все виды анализа результатов проводили с помощью программы Statistica 7,0. Достоверность внутригрупповых различий определяли с помощью t-критерия Стьюдента и Вилкоксона. Достоверность межгрупповых различий определяли с помощью критерия Вилкоксона. За уровень статистически значимых принимали изменения при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Для выявления особенностей механизмов регуляции микрососудистого русла кожи указательного пальца руки обследованные юноши и девушки поделены на группы в зависимости от силы НП. Сравнительный анализ реактивности микроциркуляторного русла проводили у девушек и юношей со слабыми и средними НП по причине отсутствия лиц с сильными НП в группе юношей.

В термонейтральных условиях уровень перфузии ткани кровью у девушек и юношей был сходен (табл. 1). Однако в ходе вейвлет-анализа установили, что в рассматриваемых группах показатель нейрогенного и миогенного тонуса сосудов был ниже у девушек. Параметры функционального вклада дыхательного и кардиального ритма в кровоток были выше в группах юношей.

Таблица 1. Показатели микроциркуляции лиц с разной силой НП в термонейтральных условиях ($M \pm m$)

Показатели КР 22°C	Средние НП		Слабые НП	
	юноши (n=20)	девушки (n=11)	юноши (n=21)	девушки (n=21)
$(A_{\text{э}}\max/3\sigma)100\%$	17,35±1,0	14,62±1,2 *	18,09±0,7	16,9±0,9
$(A_{\text{н}}\max/3\sigma)100\%$	20,99±0,9	25,65±1,4*	23,63±0,7	25,47±0,7°
$(A_{\text{м}}\max/3\sigma)100\%$	18,38±1,0	22,17±1,1 *	20,86±0,7	20,41±0,9°
$(A_{\text{в}}\max/3\sigma)100\%$	7,89±0,6	8,46±1,0	7,82±0,6	7,22±0,4°
$(A_{\text{с}}\max/3\sigma)100\%$	5,64±0,6	4,26±0,4 *	5,40±0,4	5,02±0,4
НТ (отн. ед)	1,66±0,07	1,34±0,08*	1,44±0,05	1,33±0,04°
МТ (отн. ед)	1,92±0,1	1,54±0,08 *	1,75±0,1	1,69±0,08°
ПШ (отн. ед)	1,18±0,06	1,2±0,1	1,24±0,08	1,32±0,09°
М (пф. ед)	11,98±0,5	9,09±0,5	11,11±0,6	9,08±0,8
σ (пф. ед.)	1,29±0,1	2,1±0,4	1,66±0,1	1,9±0,2
Kv %	10,91±0,9	21,5±4,0	16,03±1,62	18,22±2,3

Примечание: * – достоверность различий юношей и девушек в группе со средними НП, ° – достоверность различий юношей и девушек в группе со слабыми НП по критерию Вилкоксона ($p < 0,05$).

Проведенная тепловая проба показала, что сосудистые реакции существенно выражены как у лиц со средними НП, так и слабыми НП. Однако у юношей и девушек со слабыми НП механизмы регуляции микроциркуляции сходны, у юношей и девушек со средними НП – значительно отличаются.

В группе юношей со средними НП повышение кровотока до 19,74±0,48 пф. ед. было обу-

словлено изменением активных и пассивных факторов регуляции микроциркуляции. С первых минут локальной гипертермии регистрировали снижение нейрогенного и миогенного тонуса сосудов, что указывало на уменьшение симпатического адренергического влияния на микрососуды кожи и периферического сопротивления кровотока в области прекапиллярных сфинктеров [2, 8]. Выявленная активность нейрогенного

и миогенного ритмов продолжалась до 45°C и сопровождалась ростом дыхательного ритма.

В группе девушек со средними НП изменения параметров регистрировали преимущественно в конце локального нагревания со стороны кардиального и эндотелиального ритма, что согласуется с общими представлениями регуляции кровотока в конце локальной тепловой пробы [10]. Кратковременное снижение миогенного тонуса сосудов на 14 % наблюдали в диапазоне 39–45°C (табл. 2).

У лиц со слабыми НП как у юношей, так и у девушек локальное нагревание вызвало снижение миогенного тонуса прекапиллярных гладко-

мышечных клеток, причем величина данного параметра не имела различий между рассматриваемыми группами. Со стороны пассивных факторов регуляции сдвиг отметили преимущественно по показателям дыхательного ритма. Однако у девушек выявленный процесс сопровождался увеличением притока артериальной крови в область исследования, проявляясь последовательным ростом функционального вклада кардиального ритма в кровоток [6, 7] в течение всей пробы. В группе юношей 32 % повышение кардиального ритма наблюдали только в первые две минуты воздействия 45°C.

Таблица 2. Показатели микроциркуляции у лиц со средними НП (M±m)

t°C	(Amax/3σ) 100 %	юноши		девушки		
		юноши	девушки	юноши	девушки	
32–39	Н	25,24±0,8**	26,34±2,4	32–23	24,79±1,3*	24,16±1,9
	М	22,74±1,0**	25,34±2,5°		25,09±1,4**	22,68±1,7□
	Д	11,09±0,5**	11,4±1,7		11,43±0,9**	10,75±1,6 °
	С	6,87±0,4	5,16±0,9°		5,94±0,5	6,07±1,1
	НТ (отн. ед)	1,35±0,05**	1,37±0,1		1,45±0,08	1,47±0,1
	МТ(отн. ед)	1,53±0,07**	1,41±0,1°		1,42±0,09**	1,53±0,1 °
	ПШ(отн. ед)	1,16±0,07	1,06±0,07°		1,05±0,1*	1,1±0,1 °
39–45	Н	24,39±0,9**	28,72±1,2°	23–15	25,07±0,8**	26,66±1,6°
	М	22,88±0,9*	25,92±1,1*°		23,68±1,3**	23,36±1,6
	Д	9,79±0,7*	9,89±1,4 °		8,65±0,5	8,33±1,1 °
	С	6,49±0,5	5,64±0,7 °		4,98±0,5	4,63±0,6
	Э	15,76±0,8	15,09±1,3°		16,05±1,2	18,67±1,7 °
	НТ (отн. ед)	1,41±0,06**	1,19±0,06 °		1,36±0,05**	1,3±0,1 °
	МТ(отн. ед)	1,50±0,06*	1,32±0,06*°		1,51±0,1**	1,5±0,1
45	Н	23,4±1,2*	27,08±0,9°	15	26,66±0,7**	26,29±1,9
	М	20,75±0,9	21,84±1,1 °		22,06±1,1*	20,97±1,3
	Д	9,34±0,6	9,57±0,8		7,43±0,3	10,24±1,5 °
	С	6,47±0,6	6,58±0,7*		5,21±0,5	6,95±1,2* °
	НТ (отн. ед)	1,51±0,09	1,24±0,04 °		1,27±0,04**	1,35±0,1
	МТ(отн. ед)	1,67±0,08	1,57±0,08 °		1,6±0,1*	1,67±0,1
	ПШ(отн. ед)	1,16±0,07	1,27±0,07 °		1,28±0,1	1,33±0,2
45	Н	20,50±0,9	23,77±0,7°	15	25,64±1,0**	24,80±1,2 °
	М	18,78±0,7	19,80±1,0 °		19,70±0,9	20,48±0,9 °
	Д	9,83±0,6*	8,68±0,6 °		8,27±0,5	8,43±0,5 °
	С	6,75±0,6	6,15±0,6* °		5,84±0,4	5,78±0,5*
	Э	16,64±0,7	18,25±1,1*°		18,54±0,8	18,04±0,8*°
	НТ (отн. ед)	1,68±0,07	1,42±0,04 °		1,34±0,06**	1,37±0,06 °
	МТ(отн. ед)	1,82±0,07	1,74±0,1 °		1,78±0,1	1,66±0,09 °
ПШ(отн. ед)	1,10±0,04	1,25±0,1 °	1,35±0,08	1,23±0,09 °		

Примечание: * – достоверность различий по критерию Вилкоксона и Стьюдента (*- p<0,05, **- p<0,01), ° – достоверность различий группы юношей с группой девушек по критерию Вилкоксона (p<0,05). Полужирным шрифтом выделены изменения при p<0,05.

В условиях локальной гипотермии для юношей и девушек со средней и слабой силой НП характерно различие механизмов регуляции микроцир-

куляции. Сосудистые реакции на охлаждение были выражены сильнее в группе юношей.

В группе юношей со средними НП с первых

минут холодной пробы регистрировали включение как миогенного, так и нейрогенного компонента сосудистого тонуса. Значительное снижение миогенного тонуса сосудов (последовательно на 26 %, 21 %, 17 %) способствовало бурному росту нутритивного кровотока, минуя артериоло-веноулярные анастомозы, о чем свидетельствовало уменьшение величины показателя шунтирования на 13 % в температурном диапазоне 32–23°C. Однако, начиная с 23°C и до конца пробы, снижение нейрогенного тонуса сосудов по сравнению с исходным уровнем привело к возвращению показателя шунтирования к исходному значению, с тенденцией роста в конце охлаждения, что указывало на восстановление кровотока по артериоло-веноулярным анастомозам.

В группе девушек со средней силой НП микроциркуляторные процессы были значительно выражены только в условиях конечно заданной

температуры. Повышение функционального вклада кардиального ритма в кровоток при 15°C последовательно на 39 % и 26 % свидетельствовало о значительном притоке артериальной крови в область охлаждения [1]. Увеличение эндотелиального ритма на 19 % указывало на выброс вазодилатора NO, который играет важную роль в регуляции мышечного тонуса и распределении потока крови [1].

В группе юношей со слабыми НП холодная вазодилатация проявлялась от 23°C (табл. 3). Максимальное повышение функционального вклада нейрогенного ритма в кровоток с уменьшением соответствующего тонуса сосудов на 18 % регистрировали при 15°C. Конечно заданная температура способствовала дополнительной активации миогенного компонента сосудистого тонуса, регулируя, таким образом, состояние тканевого метаболизма [5].

Таблица 3. Показатели микроциркуляции у лиц со слабыми НП (M±m)

t°C	(Amax/3σ) 100 %	юноши	девушки	t°C	юноши	девушки
32–39	Н	24,21±0,9	26,61±1,5 °	32–23	25,56±1,2	25,7±0,7 °
	М	24,3±0,8**	25,02±1,7*		22,26±0,9	22,71±0,9*°
	Д	11,71±0,9**	10,93±0,8**		9,42±0,8	9,78±0,6 °
	С	6,25±0,4	6,43±0,5* °		5,72±0,6	6,34±0,7
	НТ (отн. ед)	1,41±0,05	1,29±0,09		1,36±0,06	1,32±0,04°
	МТ(отн. ед)	1,40±0,05**	1,41±0,07* °		1,57±0,09	1,52±0,06*°
	ПШ(отн. ед)	1,0±0,03**	1,10±0,05* °		1,2±0,09	1,16±0,05°
39–45	Н	24,36±1,1	24,72±1,2 °	23–15	26,99±0,7**	26,50±0,9°
	М	23,36±1,1*	23,44±1,2*		21,33±0,9	23,28±1,1
	Д	9,89±0,6*	10,86±0,5**		8,84±0,7	8,05±0,8 °
	С	6,98±0,8	7,49±0,8* °		5,44±0,5	4,58±0,5 °
	Э	14,71±0,7**	15,57±0,7		17,11±0,8	18,01±0,7°
	НТ (отн. ед)	1,43±0,07	1,33±0,09 °		1,25±0,04**	1,28±0,05°
	МТ(отн. ед)	1,49±0,07*	1,51±0,09*		1,63±0,08	1,50±0,08
ПШ(отн. ед)	1,08±0,07	1,12±0,06* °	1,33±0,08	1,18±0,06°		
45	Н	24,78±1,1	24,07±1,08	15	29,51±1,6**	28,16±1,3°
	М	23,12±0,8*	23,64±0,9**°		24,43±1,1*	22,74±1,0
	Д	9,26±0,6	10,14±0,7**°		9,95±0,9	8,03±0,7
	С	7,96±0,8*	8,33±0,9** °		6,38±0,6	5,23±0,6 °
	НТ (отн. ед)	1,41±0,07	1,44±0,07		1,18±0,05**	1,21±0,09°
	МТ(отн. ед)	1,48±0,06*	1,45±0,06* °		1,42±0,06*	1,49±0,09°
	ПШ(отн. ед)	1,08±0,04	1,04±0,06* °		1,26±0,1	1,27±0,07
45	Н	22,27±1,1	22,55±1,05* °	15	25,88±0,9*	25,35±1,2
	М	20,77±0,9	22,34±0,8 °		21,09±1,1	20,3±1,1
	Д	9,07±0,9	9,32±0,7*°		8,69±1,1	8,67±0,7
	С	6,05±0,7	6,03±0,6 °		5,32±0,4	5,92±0,5
	Э	17,39±0,9	15,74±0,6 °		17,74±0,9	19,8±1,2 °
	НТ (отн. ед)	1,6±0,1	1,56±0,08* °		1,32±0,05	1,38±0,07
	МТ(отн. ед)	1,68±0,08	1,53±0,05* °		1,68±0,1	1,72±0,07
ПШ(отн. ед)	1,11±0,07	1,03±0,06* °	1,3±0,09	1,28±0,06°		

Примечание: * – достоверность различий по критерию Вилкоксона и Стьюдента (* – p<0,05, ** – p<0,01), ° – достоверность различий группы юношей с группой девушек по критерию Вилкоксона (p<0,05). Полужирным шрифтом выделены изменения при p<0,05.

В группе девушек со слабыми НП изменения параметров были кратковременными и зарегистрированы

в период охлаждения от 32° С до 23°C. Снижение миогенного тонуса сосудов сопровождалось

ждалось ростом показателя дыхательного ритма, что, возможно, указывало на ухудшение оттока крови из микроциркуляторного русла [1]. В остальные периоды локальной гипотермии изменения параметров не отмечены.

Заключение

Таким образом, проведенное нами исследование выявило различие механизмов регуляции микроциркуляторного русла кожи по силе НП. У лиц со средними НП реактивность микрососудистого русла наиболее выражена в группе юношей и была вызвана изменением преимущественно активных факторов регуляции кровотока, в группе девушек –

как активных, так и пассивных компонентов. Выявленные отличия связаны с проявлением компенсаторных механизмов как у лиц мужского, так и женского пола, обусловленных высоким тонусом сосудов в группе юношей и низкими показателями пассивных факторов в группе девушек в термонейтральных условиях. Слабость НП у юношей и девушек обуславливает сходство механизмов регуляции кровотока в условиях нагревания и различия в условиях охлаждения. Однако в обеих группах это происходит преимущественно за счет включения активных и пассивных механизмов при локальной гипертермии, активных факторов – при локальной гипотермии.

Библиографический список

1. Крупаткин, А. И., Сидоров, В. В. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови [Текст] / А. И. Крупаткин, В. В. Сидоров. – М.: Медицина, 2005. – 123 с.
2. Маколкин, В. И. Бранько, В. В., Богданова, Э. А. Метод лазерной доплеровской флоуметрии в кардиологии: пособие для врачей [Текст] / В. И. Маколкин, В. В. Бранько, Э. А. Богданова. – М.: Россельхозакадемия, 1999. – 48 с.
3. Небылицын, В. Д. Основные свойства нервной системы человека [Текст] / В. Д. Небылицын. – М.: Просвещение, 1966 – 377 с.
4. Поленов, С. А. Основы микроциркуляции [Текст] / С. А. Поленов // Региональное кровообращение и микроциркуляция. – 2008. – Т.7. – №1 (25). – С. 5–19.
5. Федорович, А. А. Функциональное состояние регуляторных механизмов микроциркуляторного кровотока в норме и при артериальной гипертензии по данным лазерной доплеровской флоуметрии [Текст] / А. А. Федорович // Региональное кровообращение и микроциркуляция. – 2010. – Т. 9. – №1 (33). – С. 49–60.
6. Цехмистренко, Т. А., Станишевская, Т. И. Индивидуально-типологические особенности состояния микроциркуляции крови у девушек [Текст] / Т. А. Цехмистренко, Т. И. Станишевская // Региональное кровообращение и микроциркуляция. – 2006. – № 1 (17). – С. 51–57.
7. Bollinger, A. Hoffman, U., Franzekck, U. K. Evaluation of flux motion in man by the laser Doppler technique // Blood vessels. – 1991. – Vol. 28. – Suppl. 1. – P. 21.
8. Ichioka, S., Minegishi, M., Iwasaka, M. et. al. High-intensity static magnetic fields modulate skin microcirculation and temperature in vivo // Bioelectromagnetics. – 2000. – Vol. 21. – No. 3. - P. 183–188.
9. Johnson, J. M., Proppe, D. W. Cardiovascular adjustments to heat stress. In: Handbook of physiology environmental physiology // Bethesda, MD: Am. Physiol. Soc. – 1996. – Sect. 4. – Vol. II, chapt. 11. – P. 215–244.
10. Minson, C. T. Berry, L. T., Joyner, M. J. Nitric oxide and neurally mediated regulation of skin blood flow during local heating // J. Appl. Physiol. – 2001. – Vol. 91. – P. 1619–1626.

Bibliograficheskij spisok

1. Krupatkin, A. I., Sidorov, V. V. Lazernaja dopplerovskaja floumetrija mikrocirkuljacii krovi [Tekst] / A. I. Krupatkin, V. V. Sidorov. – M: Medicina, 2005. – 123 s.
2. Makolkin, V. I. Bran'ko, V. V., Bogdanova, Je. A. Metod lazernoj dopplerovskoj floumetrii v kardiologii: posobie dlja vrachej [Tekst] / V. I. Makolkin, V. V. Bran'ko, Je. A. Bogdanova. – M.: Rossel'hozakademija, 1999. – 48 s.
3. Nebylicyn, V. D. Osnovnye svojstva nervnoj sistemy cheloveka [Tekst] / V. D. Nebylicyn. – M.: Proshhenie, 1966 – 377 s.
4. Polenov, S. A. Osnovy mikrocirkuljacii [Tekst] / S. A. Polenov // Regional'noe krovoobrashhenie i mikrocirkuljacija. – 2008. – T.7. – №1 (25). – S. 5–19.
5. Fedorovich, A. A. Funkcional'noe sostojanie reguljatornyh mehanizmov mikrocirkuljatornogo krovotoka v norme i pri arterial'noj gipertonii po dannym lazernoj dopplerovskoj floumetrii [Tekst] / A. A. Fedorovich // Regional'noe krovoobrashhenie i mikrocirkuljacija. – 2010. – T. 9. – №1 (33). – S. 49–60.
6. Cehmistrenko, T. A., Stanishevskaja, T. I. Individual'no-tipologicheskie osobennosti sostojanija mikrocirkuljacii krovi u devushek [Tekst] / T. A. Cehmistrenko, T. I. Stanishevskaja // Regional'noe krovoobrashhenie i mikrocirkuljacija. – 2006. – № 1 (17). – S. 51–57.
7. Bollinger, A. Hoffman, U., Franzekck, U. K. Evaluation of flux motion in man by the laser Doppler technique // Blood vessels. – 1991. – Vol. 28. – Suppl. 1. – P. 21.
8. Ichioka, S., Minegishi, M., Iwasaka, M. et. al. High-intensity static magnetic fields modulate skin microcirculation and temperature in vivo // Bioelectromagnetics. – 2000. – Vol. 21. – No. 3. - R. 183–188.
9. Johnson, J. M., Proppe, D. W. Cardiovascular ad-

justments to heat stress. In: Handbook of physiology environmental physiology // Bethesda, MD: Am. Physiol. Soc. – 1996. – Sect. 4. – Vol. II, chapt. 11. – P. 215–244.

10. Minson, C. T. Berry, L. T., Joyner, M. J. Nitric oxide and neurally mediated regulation of skin blood flow during local heating // J. Appl. Physiol. – 2001. – Vol. 91. – P. 1619–1626.