

УДК 612.53

С. А. Певный

ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ЛУЧИСТОГО ТЕПЛА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ОРГАНИЗМА К КОНВЕКЦИОННОМУ НАГРЕВАНИЮ И ОБЩЕМУ ОХЛАЖДЕНИЮ

В обширной литературе, посвященной проблемам экологической физиологии, вопросы перекрестной адаптации остаются слабо изученными [17, 19]. Особенно мало исследована перекрестная температурная адаптация. Литературные данные фрагментарны и нередко противоречивы. Исследованиями одних авторов [6, 15, 16, 20] установлена негативная перекрестная адаптация между теплом и холодом, другие исследователи этого не находили [3, 14, 21]. Совершенно не изучена перекрестная адаптация к конвекционному и лучистому теплу. Между тем проникающее действие лучистого тепла [1], пониженная чувствительность аппарата терморегуляции к лучистому нагреву [5], специфичность действия инфракрасного тепла на сосудистую систему [4, 18] дают основание предполагать существование определенных различий в температурной устойчивости после адаптации к конвекционным и лучистым нагреваниям.

Мы изучали влияние многократных воздействий лучистого тепла на устойчивость организма к конвекционному нагреванию и общему охлаждению.

Методика исследований

Работа выполнена на беспородных собаках, подвергавшихся ежедневно в течение 4 нед 60 мин двухстороннему инфракрасному нагреванию интенсивностью 698 Вт/м^2 ($\lambda = 2,7 \text{ мкм}$). До и после акклимации животных пятикратно подвергали тестовому конвекционному нагреванию (50°C при 25–30% отн. вл. воздуха, 60 мин) и охлаждению (4°C , 60 мин). Всего на собаках проведено 132 эксперимента. В тепле показателями терморегуляции служили: частота и глубина дыхания (косвенно по амплитуде пневмограммы), слюноотделение, частота пульса, мышечная и ректальная температура; при охлаждении — вместо слюноотделения регистрировали электрическую активность мышц (ЭАМ) шеи, спины и бедра. Регистрацию функций осуществляли: дыхание — пневмографом; слюноотделение — с помощью слюнной воронки; частоту пульса — регистрацией ЭКГ с последующим расчетом $P-P$ интервала; температуру ректальную — термометром сопротивления на глубине 100 мм с точностью $0,1^\circ\text{C}$; температуру мышц — термопарой с точностью $0,1^\circ\text{C}$; ЭАМ — с помощью игольчатых электродов и усилителя УБНП-5 с последующим интегрированием.

Наряду с этим проведено изучение адаптации в двух группах испытуемых: I — стажированные сталебары, адаптированные к лучистому теплу; II — адаптированные к обычным температурным условиям (контроль). Обе группы испытуемых подвергались 60 мин тестовому конвекционному нагреванию (50°C при 30% отн. вл. воздуха) и общему охлаждению (15°C , 60 мин). Количество экспериментов с участием испытуемых — 96. Во всех опытах испытуемые были обнажены (одежда состояла из трусов) и находились в состоянии покоя. Изучали: газообмен по Холдену, температуру кожи семи участков тела, аксиллярную температуру, частоту пульса и влажностерю. Температуру кожи регистрировали термопарой с точностью $0,1^\circ\text{C}$, пульс — пальпаторно, влажностерю — весовым методом.

Результаты исследований

Проведенные исследования показали, что после многократных нагреваний ответные реакции собак на воздействия лучистого тепла характеризовались усилением интенсивности полипноэ и саливации, появлением нелинейных зависимостей между частотой дыханий и ректальной температурой. Учащение пульса становилось более резким, в

меньшей степени происходило повышение температуры мышц и тела. При этом произошло устойчивое повышение интенсивности обменных процессов, обусловившее повышение исходных уровней ректальной и мышечной температуры.

В условиях конвекционного нагревания, несмотря на усиление интенсивности реакций теплоотдачи, наблюдалось более выраженное нарушение терморегуляции (рис. 1, табл. 1). Урежение полипноэ начиналось без предварительного роста его частоты, как было до акклимации, и достигало большей величины, резче протекало и углубление дыхания.

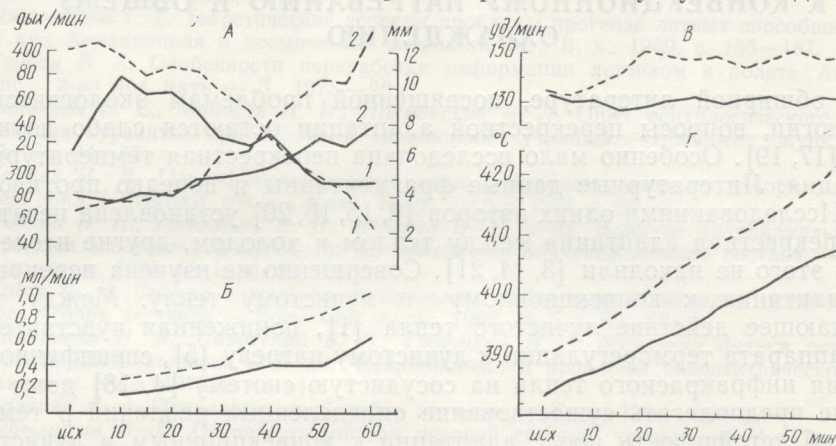


Рис. 1. Изменения терморегуляторных функций собак при 50°C до (сплошная линия) и после (пунктирная) многократных инфракрасных нагреваний. А — частота (1) и глубина (2) дыханий в мин; Б — термическое слюноотделение в мл/мин; В — частота пульса в мин; Г — ректальная температура в °С.

Возросшая саливация обусловила увеличение влагопотерь организма, достигавших $3,0 \pm 0,19$ % веса тела, в то время как до акклимации они составляли $1,44 \pm 0,12$ %. Гипертермия превышала доакклимационную на $0,60 \pm 0,25$ °C ($p < 0,02$). Накопление тепла в организме составляло $0,704 \pm 0,06$ ккал/мин, у неакклимированных оно составляло $0,507 \pm 0,04$ ккал/мин. Общее состояние животных при этом было худшим, чем до многократных инфракрасных нагреваний.

Воздействие сильных конвекционных нагреваний позволило установить существование определенных различий и в реакциях исследуемых. Температура кожи (лба, груди, спины, голени, кисти, пальцев руки и ноги) у адаптированных исследуемых всегда была ниже. Частота же сердечных сокращений у них была выше. Средний прирост частоты пульса к концу экспозиции составил $45 \pm 4,3$ уд/мин, тогда как у лиц контрольной группы он был на 13 ± 5 уд/мин меньше ($p < 0,02$). Особенно резко проявлялись различия в реакциях потоотделения. Величина влагопотерь у испытуемых I группы была примерно вдвое выше (соответственно $17,5 \pm 0,7$ и $8,9 \pm 0,4$ г/мин). Расчет индекса напряжения терморегуляторных функций показал также более высокие величины у лиц I группы ($19,41 \pm 1,26$), чем у контрольных испытуемых ($10,53 \pm 0,41$). Несмотря на хорошо развитые реакции теплорассеивания, повышение температуры и накопление тепла в большей мере происходили у адаптированных к лучистому теплу исследуемых (рис. 2).

В условиях общего охлаждения частота дыхания собак после акклимации к лучистому теплу становилась более высокой (табл. 1). В процессе охлаждения она существенно не изменялась, как и частота пульса, хотя последняя становилась стабильнее. Температура мышц превышала доакклимационные уровни в среднем на $1,55 \pm 0,1$ °C. Отличительной особенностью опытов с постаклимационным охлаждением являлись высокие уровни ЭАМ. Превышение средних за опыт величин колебалось в пределах 1,5—2,89 имп/с, причем более высокими были

Таблица 1

Состояние терморегуляторных реакций собак при тестовых нагреваниях и охлаждениях ($M \pm m$)

Исследуемые показатели	До акклимации				После акклимации				Разница средних за опыт	
	Время измерений, в мин				Время измерений, в мин				величина	p <
	исх.	10	30	60	исх.	10	30	60		
средняя за опыт										
средняя за опыт										

Таблица 1
Состояние терморегуляторных реакций собак при тестовых нагреваниях и охлаждениях ($M \pm m$)

Исследуемые показатели	После акклимации										Разница средних за опыт		
	До акклимации					После акклимации					средняя за опыт	величина	p <
	исх.	10	30	60	средняя за опыт	исх.	10	30	60	средняя за опыт			
Частота дыханий в мин	315	381	329	294	335	401	396	368	256	348	+13	0,2	
	27	16	18	26	7	11	16	13	10	6	9		
Амплитуда пневмограммы в мм	4,0	3,7	5,0	7,8	5,3	3,2	3,7	6,6	13,2	7,0	+1,7	0,001	
	0,5	0,4	0,6	1,2	0,2	0,4	0,4	1,1	2,0	0,4	0,4		
Слюноотделение в мл/мин	—	0,173	0,301	0,645	0,360	—	0,290	0,418	1,06	0,575	+0,215	0,05	
	—	0,012	0,07	0,21	0,08	—	0,03	0,09	0,12	0,05	0,09		
Частота пульса в мин	133	131	132	132	131	135	137	148	149	145	+14	0,001	
	6	5	6	8	1	3	3	6	5	2	2		
Температура мышц в °C	37,82	37,98	38,98	40,30	39,11	38,72	39,18	40,56	42,40	40,62	+1,51	0,001	
	0,17	0,18	0,24	0,45	0,1	0,15	0,22	0,27	0,31	0,20	0,22		
Температура ректальная в °C	38,37	38,71	39,54	40,85	39,69	39,05	39,43	40,59	42,13	40,69	+1,00	0,001	
	0,11	0,11	0,18	0,28	0,09	0,08	0,09	0,17	0,22	0,08	0,12		
Частота дыхания в мин	90	62	51	71	66	175	115	114	112	113	+47	0,01	
	28	24	17	25	6	39	30	18	36	10	13		
Частота пульса в мин	102	88	96	106	99	104	104	99	100	100	+1	0,5	
	11	11	12	11	3	11	12	10	8	3	4		
Температура мышц в °C	38,16	37,67	37,34	37,44	37,50	39,30	39,28	38,95	38,97	39,05	+1,55	0,001	
	0,22	0,34	0,30	0,28	0,09	0,22	0,21	0,20	0,20	0,07	0,11		
Температура ректальная в °C	38,47	38,36	38,15	38,05	38,18	38,62	38,66	38,56	38,41	38,54	+0,36	0,001	
	0,09	0,07	0,04	0,07	0,02	0,09	0,07	0,05	0,07	0,02	0,03		
ИЭАМ шеи в имп/с	1,55	1,66	2,05	2,36	2,06	3,61	3,96	3,53	4,14	3,95	+1,89	0,001	
	0,16	0,26	0,25	0,37	0,09	0,64	0,65	0,35	0,53	0,15	0,17		

также их исходные уровни. В процессе охлаждения ЭАМ изменялась незначительно, как и ректальная температура, если до многократных инфракрасных нагреваний охлаждение приводило к падению температуры тела на $0,42 \pm 0,08^\circ\text{C}$, то после них — на $0,21 \pm 0,07^\circ\text{C}$.

Общее умеренное охлаждение (15°C) испытуемых вызывало в короткие промежутки времени падение температуры кожи всех изучавшихся участков тела (табл. 2). Анализ изменений показал, что у исследуемых I группы температура кожи, как правило, понижалась в

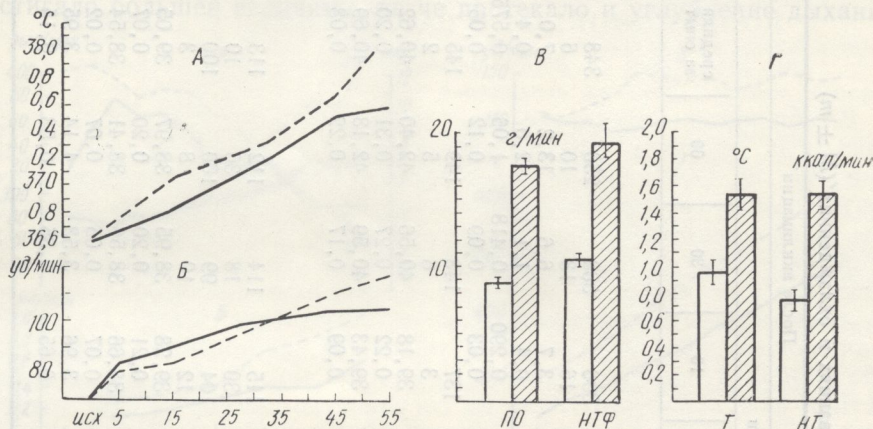


Рис. 2. Показатели терморегуляции испытуемых при 50°C .

А — температура тела в $^\circ\text{C}$; Б — частота пульса в уд/мин; В — потоотделение (ПО) и индекс напряжения терморегуляторных функций (НТФ); Г — прирост температуры тела (Т) и накопление тепла (НТ). Пунктирной линией и заштрихованными столбиками представлены данные акклиматизированных исследуемых.

большей мере. Теплопродукция у испытуемых обеих групп в процессе охлаждения существенно не изменялась (табл. 3). Температура тела закономерно снижалась, однако величина падения ее к концу экспозиции у всех была невелика.

Обсуждение результатов исследований

Сравнение акклимационных перестроек при многократных воздействиях конвекционного и лучистого тепла позволяет установить определенные различия. Акклимация к умеренному конвекционному теплу сопровождается устойчивым понижением частоты полипноэ, термического слюноотделения, частоты пульса, интенсивности обменных процессов и уровней температуры тела [2, 7—10, 12, 13]. В наших экспериментах многократные инфракрасные нагревания привели к обратному — усилению всех показателей, что свидетельствует о довольно существенных различиях в акклимационных перестройках. Несмотря на усиление механизмов теплоотдачи, у собак происходило понижение устойчивости к сильным конвекционным нагреваниям, на что указывало более резкое нарушение механизмов терморегуляции и развитие гипертермии. Одной из причин понижения устойчивости могло быть повышение исходных уровней ректальной температуры, что обусловило высокие абсолютные уровни ее в конце экспозиции. Это повышение температуры тела определялось ростом интенсивности обмена в скелетных мышцах, на что указывали возросшие уровни ЭАМ и их температуры. Изменения обмена, по-видимому, связаны с непосредственным действием лучистой энергии на биохимические процессы в мышцах [1, 11]. Пониженной оказалась тепловая устойчивость к сильным конвекционным нагреваниям и у испытуемых, многократно подвергавшихся воздействиям лучистого тепла. Причем и в этом случае также наблюдалось большее развитие реакций теплоотдачи. Пониженные уровни температуры кожи у адап-

тированных исследований судистых реакций, дачей.

Изменения температуры

Группа исследуемых	Условия	лс
I	50°C	+3,0
II		+4,0
I	15°C	-1,0
II		-0,0

Состояние некоторых

Функции

Теплопродукция
в ккал/кг·ч

Температура тела в $^\circ\text{C}$

Теплопродукция
в ккал/кг·ч

Температура тела в $^\circ\text{C}$

В ряде работ [10, тации к конвекционн ных реакций в наших лу не выявил существ Более того, у животн которой тенденции к териял позволяет гово ренного лучистого теп к сильным конвекцион слабым и умеренным с

тированных исследуемых были обусловлены не слабым развитием сосудистых реакций, а интенсивным потоотделением и высокой теплоотдачей.

Таблица 2
Изменения температуры кожи исследуемых при различных температурах среды ($M \pm m$)

Группа исследуемых	Условия	Участки тела						
		лоб	грудь	спина	кисть	голень	палец руки	палец ноги
I	50 °C	+3,42	+3,83	+4,49	+4,13	+5,13	+5,78	+10,17
		0,16	0,20	0,15	0,37	0,23	0,26	0,68
II	50 °C	+4,06	+4,89	+4,69	+5,64	+6,26	+8,20	+8,97
		0,09	0,10	0,11	0,09	0,11	0,09	0,37
I	15 °C	-1,81	-1,79	-1,68	-2,50	-3,09	-7,07	-4,13
		0,18	0,12	0,19	0,42	0,76	0,31	0,57
II	15 °C	-0,97	-0,93	-0,11	-3,16	-2,32	-5,28	-5,31
		0,10	0,08	0,02	0,27	0,27	0,50	0,45

Таблица 3
Состояние некоторых показателей терморегуляции испытуемых в нагревающих и охлаждающих условиях ($M \pm m$)

Функции	Группа исследуемых	Условия эксперимента	Время измерения в мин.				
			исх.	15	30	45	60
Теплопродукция в ккал/кг·ч	I	50 °C	1,662	1,730	1,676	1,799	1,853
			0,08	0,114	0,112	0,114	0,097
	II	50 °C	1,725	1,672	1,625	1,744	1,572
			0,101	0,091	0,061	0,101	0,071
Температура тела в °C	I	50 °C	36,58	37,04	37,32	37,67	38,12
			0,05	0,05	0,05	0,07	0,1
	II	50 °C	36,62	36,82	37,19	37,51	37,58
			0,03	0,04	0,07	0,09	0,09
Теплопродукция в ккал/кг·ч	I	15 °C	1,839	1,891	1,906	1,762	1,855
			0,090	0,060	0,097	0,070	0,076
	II	15 °C	1,229	1,288	1,339	1,398	1,284
			0,088	0,070	0,085	0,076	0,073
Температура тела в °C	I	15 °C	36,54	36,45	36,47	36,43	36,38
			0,06	0,07	0,07	0,05	0,05
	II	15 °C	36,79	36,70	36,66	36,65	36,65
			0,03	0,04	0,05	0,05	0,05

В ряде работ [10, 15, 20] было показано негативное влияние адаптации к конвекционному теплу на устойчивость к холоду. Анализ ответных реакций в наших экспериментах с акклимацией к лучистому теплу не выявил существенных изменений холодовой устойчивости собак. Более того, у животных с большим правом можно было говорить о некоторой тенденции к ее повышению. Таким образом, полученный материал позволяет говорить о том, что многократные воздействия умеренного лучистого тепла вызывают снижение устойчивости организма к сильным конвекционным нагреваниям, без заметного ее изменения к слабым и умеренным общим охлаждениям.

S. A. Pevny

EFFECT OF MULTIPLE ACTION OF RADIANT HEAT ON STABILITY OF ORGANISM TO CONVECTIVE OVERHEATING AND TOTAL COOLING

Summary

In experiments on dogs it has been shown that acclimation to bilateral infrared heating evoked a decrease in the organism stability to strong convective heating. Examination of men acclimatized to infrared rays has also shown a low stability to strong convective heating. Acclimation to infrared heating has not markedly altered the stability of the organism to moderate and slight cooling.

Department of Human and Animal Physiology,
State University, Donetsk

Список литературы

1. Галанин Н. Ф. Лучистая энергия и ее гигиеническое значение. — Л.: Медицина, 1969.—182 с.
2. Исаакян Л. А. Метаболическая структура температурных адаптаций.—Л.: Наука, 1972.—134 с.
3. Линденбратен В. Д. Влияние адаптации к теплу на неспецифическую резистентность организма. — Бюл. эксперим. биологии и медицины, 1965, 60, № 11, с. 19—21.
4. Марченко Л. А. Состояние сердечно-сосудистой системы у рабочих горячих цехов. — Врачеб. дело, 1970, № 6, с. 126—130.
5. Мелесова Л. М. Физиологические реакции терморегуляции на конвективное и лучистое воздействие. — Физиол. журн. СССР, 1974, 60, № 12, с. 1873—1879.
6. Певный С. А., Тихов Ю. П. Состояние химической терморегуляции организма у лиц, адаптированных к различным температурным условиям. — В кн.: Гигиена труда. К.: Здоров'я, 1966, с. 83—86.
7. Певный С. О. та ін. Про вплив різних видів тепла на терморегуляційне слиновиділення собак. — В кн.: Х з'їзд Україн. фізіол., т-ва. К., 1977, с. 253—254.
8. Певный С. А. Тепловая устойчивость собак к экстремальным тепловым нагрузкам после адаптации к умеренному теплу (40°). — В кн.: Физиологические и клинические проблемы адаптации организма человека и животных к гипоксии, гипертермии, гиподинамии и неспецифические средства восстановления: Материалы II Всесоюз. симпоз. М., 1978, с. 186.
9. Певный С. А., Липецкая Т. С. Состояние основных терморегуляторных функций собак в условиях теплового стресса. — В кн.: Стресс и адаптация. Кишинев, 1978, с. 359.
10. Певный С. А., Липецкая Т. С. Влияние различных видов температурной адаптации на тепловую и холодную устойчивость организма. — В кн.: XIII съезд Всесоюз. физиол. о-ва. Алма-Ата, 1979, т. 2, с. 264.
11. Шахбазян Г. Х., Шлейфман Ф. М. Гигиена производственного микроклимата. — К.: Здоров'я, 1977.—134 с.
12. Юнусов А. Ю. Адаптация человека и животных к высокой температуре. — Ташкент; Фан., 1977.—124 с.
13. Адольф Э. Физиология человека в пустыне.— М., 1952.—360 с.
14. Adams T., Covino B. G. Racial variations to a standardized cold stress. — J. Appl. Physiol., 1958, 12, N 1, p. 9—12.
15. Cassuto G., Chaffee R. R. J. Effect of prolonged heat exposure on the cellular metabolism of the hamster. — Amer. J. Physiol., 1966, 210, № 2, p. 423—426.
16. Fleischner J. R., Sargent F. Effect of heat and cold on the albino rat: Crossed resistance or crossed sensitization. — J. Appl. Physiol., 1959, 14, № 5, p. 789—797.
17. Fregly M. J. Cross-adaptation and their significance.— Rev. can. biol., 1971, 30, № 3, p. 223—237.
18. Grockford G. W., Helton R. F. Vascular responses of human skin to infra-red radiation. — J. Physiol. (Engl.), 1959, 149, N 2, p. 424—432.
19. Halle H. B. Cross-adaptation-Environ. Res., 1969, 2, p. 435—441.
20. Hart J. S. Climatic and temperature induced changes in the energetics of homeotherms. Rev. can. biol., 1957, 16, N 2, p. 133—174.
21. Irving L., Andersen K. L., Bolstad A. et al. Metabolism and temperature of Arctic Indian men during a cold night.— J. Appl. Physiol., 1960, 15, N 4, p. 635—644.

Кафедра физиологии человека и животных
Донецкого университета

Поступила в редакцию
12.03.82

УДК 612.821.6

ИЗМЕ-
АНА.
СЛЕДОВЫХ РЕ

Многочисленные
рости проявления, упр
путями. Ранее нами
ток слухового анализ
образованных постепен
Задачей настоящ
вых корковых клеток
непосредственно.

Опыты проводил
лированной камере усл
Количественную оценк
ществляли по методик
установку были включ
ра, соединенный с поте
чивалась при движени
ССЭШ-63.

Графическая регис
ных раздражителей и в
налов типа ЗГ-18 генер
электромагнитный дина
ТДС-1 («Октава-1») в
сверхпороговой силы (С
раздражителей составля
рез точечные электроды

У животных снача
ны (60, 300, 500, 800, 2
ся выработанным, если
по величине и имела пр
чистый тон в возрастаю
навливали фоновые слу
1000 Гц (в качестве усл
в отличие от других тс
тона появляется условно
нимали ту минимальную
ческого тока, в мВ), п
реакция (движение коне
звука, лай и т. д.). Посл
довой условный рефлекс
стал подаваться со следо
жителем [7, 10].

Интенсивность всех
поддерживалась на ур
сячно контролировалась

Интервалы между
тавляли 2—3 мин. Опы
тельность опыта 30—40 м
Об изменении возб
рефлексов судили по зм

Уже в первые дни
ние следового сигнала с
табл. 1 видно, что слухое