

11. Humphreys M. H., Earley L. E. The mechanism of decreased intestinal sodium and water absorption after acute volume expansion in the rat.—J. Clin. Invest., 1971, 50, N 11, p. 2355—2367.
12. Ivanov Yu. I. The evidence of production or activation of a natriuretic factor in the liver.—Endocrinol. Exp., 1979, N 4, p. 195—200.
13. Katz A. J., Epstein F. H. The role of sodium potassium activated adenosine triphosphatase in the reabsorption of sodium by the kidney.—J. Clin. Invest., 1967, 56, p. 1999—2011.
14. Nutbourne D. M., Howse I. D., Scrier R. W. et al. The effect of expanding the blood volume of a dog, on the shortcircuit current across an isolated frog skin incorporated in the dogs circulatory system.—Clin. Sci., 1970, 38, N 6, p. 629—648.
15. Rector Bi. F. C., Martinez-Maldonado Yr. M., Kurtzman N. A. et al. Demonstration of a hormonal inhibitor of proximal tubular reabsorption during expansion of extracellular volume with isotonic saline.—J. Clin. Invest., 1968, 47, N 4, p. 761—773.
16. Smith D. H., Taylor C. B. Transfer of water and solutes by an in vitro intestinal preparation.—J. Physiol., 1957, 136, p. 632—648.
17. Viscooper R. J., Wald H., Craerkes J. W. The effect of natriuretic material isolated from urine of ECF—expanded subject on Na—K ATPase of rat kidney fractions.—Natriuret. Horm. Proc. Int. Workshop, Bonn, 1976, Berlin, 1978, p. 102—107.

Черновицкий
медицинский институт

Поступила в редакцию
20.10.80 г.

УДК 612.53

Ю. И. РОССОМАХИН, С. А. ПЕВНЫЙ

ОСОБЕННОСТИ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ АДАПТИРОВАННЫХ К ТЕПЛУ КРЫС ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ХОЛОДА

В обширной литературе, посвященной проблемам терморегуляции, вопросам перекрестной температурной адаптации удалено крайне мало внимания. Между тем рабочие многих отраслей промышленности, адаптировавшиеся к высокой температуре производственной среды, очень часто вне производства подвергаются охлаждениям различной интенсивности. В аналогичном положении оказываются и жители южных районов страны, выезжающие на работу на Север.

В литературе по этому вопросу единого мнения не существует. По данным одних авторов [6—9, 11—13], адаптация к высокой температуре сопровождается снижением холодовой устойчивости. По другим данным, при этом наблюдается либо повышение чувствительности организма к охлаждениям [3, 4], либо вовсе отсутствуют всякие изменения холодовой устойчивости [2, 5]. Одна из основных причин расхождения может состоять в различии режимов адаптации к теплу.

Мы изучали влияние различных режимов адаптации к теплу на терморегуляторные реакции крыс на охлаждение.

Методика исследований

Опыты проведены на пяти группах белых крыс-самок массой 170—200 г. I группу (14 крыс) выдерживали по 10 ч, II группу (12 крыс) — по 3 ч, а III (14 крыс) — по 1 ч в день в тепле (35°C) в течение 3 мес (октябрь — январь). Животных IV группы (10 крыс) в течение 55 дней (июнь — июль) подвергали воздействию тепла (38°C) по 40 мин три раза в день с 1 ч интервалом, а V группу (16 крыс) свыше 70 дней (февраль — апрель) — 1 ч нагреванием тоже при 38°C. Во время температурных экспозиций животные I и II групп находились в общей клетке, а остальные — в тесных индивидуальных клеточках, ограничивающих движения. Нагревания проводились в специальной тепловой камере. В опытах с животными I, II, III групп контроль был общий — 15 крыс. Контрольными для IV и V групп служили по 10 крыс. Всех контрольных животных постоянно содержали в виварии при 23—25°C. Всего в опытах была использована 101 крыса. В исследованиях на I, II и III группах у контрольных и опытных животных после 10, 20, 50 дней адаптации в термонейтральных условиях (28°C) и при охлаждении (90 мин, 3°C) регистрировали ректальную температуру и потребление кислорода, а после 90 дней — и интегрированную электрическую активность мышц шеи (ИЭАМ). У крыс IV и V групп такие исследования проводились лишь в конце адаптации (ИЭАМ у V группы не регистрировали). Во время исследований животные находились в индивидуальных клетках. Ректальную температуру измеряли электротермометром на глубине 25—30 мм, потребление кислорода — закрытым камерным методом. Полученные данные обработаны методами вариационной статистики.

Проведенные у крыс I, II и III группы терморегуляции, о чем свидетельствует в термонейтрале

В наибольшей (I группа). Несмотря

Рис. 1. Состояние терморегуляторных функций у крыс I, II и III групп при охлаждении (3°C) после трех модельной адаптации

A — ректальная темпера-
ИЭАМ, B — потребление
I группа, 2 — II группа,
па, 4 — контрольны

химической терморегуляции повышенна. Уже за них возрастало до

Потребление кислорода при охлаждении (90 мин)

Дни адаптации	Группа крыс
10	I
	p
	II
	p
	III
	p
	контрольные
20	I
	p
	II
	p
	III
	p
	контрольные
50	I
	p
	II
	p
	III
	p
	контрольные
90	I
	p
	II
	p
	III
	p
	контрольные

Результаты исследований

Проведенные опыты показали, что под влиянием ежедневных воздействий тепла у крыс I, II и III групп к 50 дню адаптации произошли приспособительные изменения терморегуляции, направленные на повышение устойчивости к высокой температуре, о чем свидетельствует достоверное снижение интенсивности потребления кислорода в термонейтральных условиях и исходной температуры тела (табл. 1).

В наибольшей степени это было выражено у крыс с 10 ч режимом адаптации (I группа). Несмотря на указанные адаптационные сдвиги, интенсивность реакций

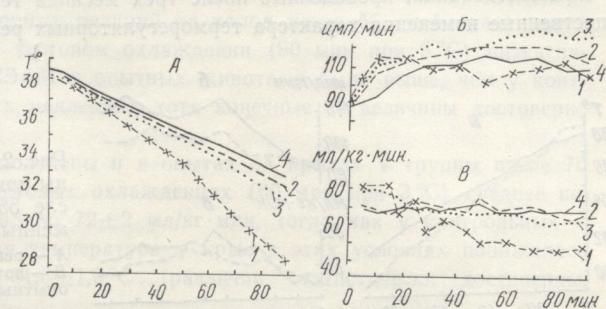


Рис. 1. Состояние терморегуляторных функций у крыс I—III групп при охлаждении (90 мин, 3° С) после трех месяцев тепловой адаптации.

А — ректальная температура, Б — ИЭАМ, В — потребление O_2 , 1 — I группа, 2 — II группа, 3 — III группа, 4 — контрольные крысы.

химической терморегуляции в холода у животных I и II групп в этот период была повышена. Уже за первые 15 мин холодового воздействия потребление кислорода у них возрастало до 86—92 мл/кг·мин, тогда как у контрольных — лишь до 55—58

Таблица 1
Потребление кислорода (мл/кг·мин) и ректальная температура у крыс I, II и III групп при охлаждении (90 мин, 3° С) и в термонейтральных условиях (28° С) в различные периоды тепловой адаптации

Дни адаптации	Группа крыс	Потребление O_2		Ректальная температура	
		28 °С	3 °С	начало	конец
10	I	26±0,8	76±3	38,3±0,1	30,3±0,9
	p	<0,05	<0,001	—	—
	II	27±1	68±2	38,4±0,1	28,2±1,3
	p	<0,02	<0,001	—	—
	III	23±0,7	51±2	38,3±0,1	27,5±0,8
	p	—	—	—	—
20	контрольные	24±0,5	54±2	38,3±0,1	28,8±1,2
	I	23±0,5	71±2	37,8±0,2	30,8±1,1
	p	<0,02	<0,001	<0,01	—
	II	26±0,7	69±3	38,5±0,1	30,2±1,1
	p	—	0,01	—	—
	III	24±0,5	64±3	38,2±0,1	28,0±1,0
50	контрольные	25±0,6	58±2	38,4±0,1	29,1±1,1
	I	21±0,5	69±4	37,7±0,1	30,4±0,8
	p	<0,001	<0,02	<0,001	—
	II	24±0,6	69±2	38,9±0,1	29,8±1,2
	p	<0,02	<0,001	—	—
	III	22±0,6	69±3	38,4±0,1	31,0±0,9
90	p	<0,001	<0,01	<0,02	—
	контрольные	26±0,5	57±2	38,8±0,1	29,0±1,1
	I	—	58±3	38,0±0,1	28,1±0,8
	p	—	<0,01	<0,01	<0,01
	II	—	69±1	38,1±0,1	32,1±0,7
	p	—	—	<0,05	—
	III	—	68±1	38,2±0,1	31,5±0,9
	p	—	—	<0,05	—
	контрольные	—	68±1	38,5±0,1	32,7±1,1

Особенности терморегул

мл/кг·мин. К концу экспозиции этот показатель у адаптируемых крыс постепенно снижался, однако оставался выше, чем у контрольных животных. Значительно выше были и средние его величины (табл. 1).

У крыс III группы интенсивность потребления кислорода при охлаждении на десятый день адаптации была такой же как у контрольных, а затем, постепенно увеличиваясь, к 50-у дню становилась значительно выше.

Несмотря на более активное включение механизмов термогенеза, температура тела у адаптируемых к теплу крыс достоверно не отличалась от измеряемой у контрольных крыс (табл. 1).

Исследования, проведенные после трех месяцев тепловой адаптации, выявили существенные изменения характера терморегуляторных реакций крыс на холода. Наиболее

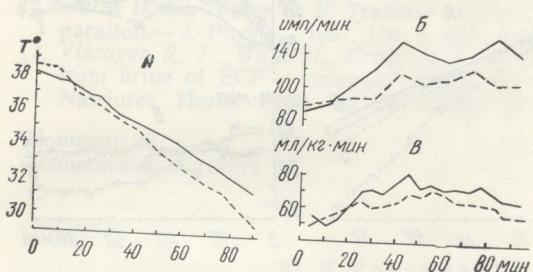


Рис. 2. Терморегуляция крыс IV группы при охлаждении (90 мин, 3° С) после 55 дней адаптации к кратковременным воздействиям тепла (38° С).
A — ректальная температура, *B* — ИЭАМ,
V — потребление O_2 ; сплошная линия — опытные крысы, прерывистая линия — контролльные.

выраженный сдвиг отмечался у животных I группы. Из рис. 1 видно, что как и в первые декады адаптации в начале охлаждения у них происходило значительное и более резкое, чем у контрольных животных увеличение ($p<0,001$) потребления кислорода. При этом в большей степени возрастала и ИЭАМ. В дальнейшем интенсивность потребления кислорода падала и к 50 мин экспозиции становилась на 21 ± 5 мл/кг·мин меньше, чем у контрольных крыс. К этому времени происходило и снижение ИЭАМ (на 26 ± 6 имп/мин), которая, однако, затем вновь начинала возрастать. В среднем за опыт этот показатель у крыс I и контрольной групп почти не отличался (108 ± 3 и 112 ± 5 имп/мин). Вторая волна повышения ИЭАМ совпадала во времени с замедлением падения, некоторой стабилизацией потребления кислорода, которое к концу опыта составляло всего около 46 мл/кг·мин (у контрольных крыс — 68 мл/кг·мин).

На фоне такой динамики исследуемых терморегуляторных функций при охлаждении у этих крыс происходило быстрое развитие гипотермии (рис. 1). К концу холодовой экспозиции ректальная температура у них падала до $28,1 \pm 0,8$ °С, тогда как у контрольных животных — до $32,7 \pm 1,1$ °С.

Таблица 2

Показатели терморегуляции у крыс IV группы в холоде (90 мин, 3 °C) и термонейтральных условиях (28 °C) после 55 дней адаптации к теплу

Группа крыс	Потребление О ₂ (мл/кг·мин)		Ректальная температура при 3 °С		ИЭАМ (имп/мин) при 3 °С
	28°	3 °	начало	конец	
IV	23±0,7	68±2	38,1±0,1	31,3±1,0	132±10
p	<0,05	<0,02	<0,01	—	<0,05
Контрольные	25±0,4	62±1	38,6±0,1	29,2±1,1	105±5

У крыс II и III групп температура тела при охлаждении в этот период также падала быстрее, чем у контрольных, хотя по степени гипотермии в конце воздействия различия были небольшие. При сравнении же средней за экспозицию ректальной температуры у них (соответственно $35,2 \pm 0,1$ и $35,0 \pm 0,2$ °C) с контрольными данными ($36,4 \pm 0,1$ °C) различия оказываются статистически достоверными ($p < 0,001$).

При рассмотрении динамики ИЭАМ видно, что интенсивность терморегуляционной дрожи у крыс II и III групп, как и в I, возрастила при охлаждении быстрее, чем у контрольной (рис. 1). Так к 10 мин у животных II группы ее величина достигала 102 ± 7 имп/мин, III— 114 ± 5 имп/мин, а у контрольной — лишь 78 ± 5 имп/мин.

У крыс III группы существовали уровни этого показателя. Потребление кислого с контролльными (рис. 1) в начале воздействия, достигала 17 ± 4 мл/кг·животными (табл. 1).

адаптации (табл. 1). При адаптации к уровню газообмена в терморегуляции, направив изучении характера теплу было установлено потребления кислорольных, а температура не отличались (табл. 2, р.

Подобные результаты тепловой адаптации требление кислорода у лишь 54 ± 3 мл/кг·мин. соответственно до 34, $p < 0,05$.

06

При адаптации культуры тела, что свидетельствует о устойчивости организма, сдвиги зависят от данным ряда авторов [1-4], адаптированных к вызывали снижение их устойчивости.

Однако полученные
го периода адаптации (пос-
ле), несмотря на выраж-
чивости крыс, четкого с-
холодовом воздействии т-
у контрольных, хотя ее
V группы. Это объясняет
ных животных происхо-
зшего воздействия его у-
рольных крыс, т. е. сохр-
галась большим напряж-
ем. Такой характер терморе-
акции чувствительности к д-
р более активное включение
ются с результатами обе-

Опыты, проведенные оказали, что если на приблизительно одинаковой температуре между этим находились в зависимости. Так, теплопродукты изменениям газообмена, а затем быстрым падением ниже, чем у контрольных,ательно, несмотря на большом начале охлаждения, способствуют к третьему, заметному снижению холода, оказывающим полученные д

У крыс III группы существенно выше ($p < 0,01$), чем у контрольных, был и средний уровень этого показателя (138 ± 5 и 112 ± 5 имп/мин).

Потребление кислорода при охлаждении у крыс II группы изменялось одинаково с контрольными (рис. 1), а у крыс III группы оно, подобно ИЭАМ, резко возрастало в начале воздействия, а затем постепенно снижалось, к концу экспозиции разница достигала 17 ± 4 мл/кг·мин. Его средние величины были одинаковыми с контрольными животными (табл. 1).

При адаптации крыс IV группы к теплу также произошли, судя по сниженному уровню газообмена в термонейтральных условиях (табл. 2), определенные изменения терморегуляции, направленные на повышение устойчивости к высокой температуре. При изучении характера терморегуляторных реакций на холод после 55 дней адаптации к теплу было установлено, что при тестовом охлаждении (90 мин при 3°C) интенсивность потребления кислорода и ИЭАМ у опытных животных были выше, чем у контрольных, а температура снижалась медленнее, хотя конечные ее величины достоверно не отличались (табл. 2, рис. 2).

Подобные результаты были получены и в опытах на крысах V группы после 70 дней тепловой адаптации. При тестовых охлаждениях (60 мин при 3°C) среднее потребление кислорода у них составляло 72 ± 2 мл/кг·мин, тогда как у контрольных — лишь 54 ± 3 мл/кг·мин. Ректальная температура у крыс в этих условиях понижалась соответственно до $34,4 \pm 0,6$ и $31,6 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ (различия статистически достоверны, $p < 0,05$).

Обсуждение результатов исследований

При адаптации крыс к теплу отмечено снижение обменных процессов и температуры тела, что свидетельствует о перестройке терморегуляции, направленной на повышение устойчивости организма к высокой температуре. Степень этих приспособительных сдвигов зависит от режима адаптации и была наибольшей у крыс I группы. По данным ряда авторов [6—9], проводивших исследования на белых крысах и хомячках, адаптированных к теплу, подобные изменения терморегуляторных механизмов вызывали снижение их устойчивости к холodu.

Однако полученные нами результаты показали, что на протяжении определенного периода адаптации (полтора — два месяца, а в опытах на животных V группы — и более), несмотря на выраженную перестройку термогенеза и повышение тепловой устойчивости крыс, четкого снижения устойчивости к охлаждению не наблюдалось. При холодовом воздействии температура тела у них падала даже несколько медленнее, чем у контрольных, хотя ее конечная величина достоверно выше была лишь у животных V группы. Это объясняется, в первую очередь, тем, что при охлаждении у адаптированных животных происходило резкое увеличение потребления кислорода. В течение всего воздействия его уровень, хотя и постепенно снижался, был выше, чем у контрольных крыс, т. е. сохранение уровня температуры тела у опытных животных достигалось большим напряжением терморегуляторных механизмов, чем у контрольных. Такой характер терморегуляторных реакций может свидетельствовать о повышении их чувствительности к действию холодового раздражителя, за счет чего происходит более активное включение механизмов химической терморегуляции. Эти данные соглашаются с результатами обследования людей [3, 4].

Опыты, проведенные на I—III группах крыс после трех месяцев адаптации, показали, что если на протяжении пяти декад реакция на охлаждение у них была приблизительно одинакова, то в дальнейшем в изменениях устойчивости к низкой температуре между этими животными появлялись существенные различия, которые находились в зависимости от характера и степени адаптационных сдвигов терморегуляции. Так, теплопродукция в холоде у крыс I группы характеризовалась, судя по изменениям газообмена, резким кратковременным возрастанием в начале воздействия, а затем быстрым падением. На протяжении большей части экспозиции газообмен был ниже, чем у контрольных животных, и эта разница постепенно увеличивалась. Следовательно, несмотря на более раннее и активное включение химической терморегуляции в начале охлаждения, способность поддерживать теплопродукцию на высоком уровне у этих крыс к третьему месяцу адаптации значительно уменьшилась, что и привело к заметному снижению холодовой устойчивости. У животных же II и III групп, как показывают полученные данные, степень прошедших к этому времени адаптацион-

ных изменений терморегуляции позволяла не только быстро включать, но и сохранять на сравнительно высоком уровне активность механизмов теплопродукции в течение всей экспозиции в холода. Поэтому устойчивость к охлаждению у них снизилась значительно меньше, чем у крыс I группы.

Одной из особенностей терморегуляции у адаптированных к теплу крыс в холода является то, что одновременно с резким возрастанием потребления кислорода в начале охлаждения у них происходило более быстрое и интенсивное, чем у контрольных животных, повышение ИЭАМ. Это наблюдалось даже у крыс I группы, холодовая устойчивость которых после трех месяцев адаптации к теплу была значительно снижена. У животных же II и особенно III и IV групп повышенная, по сравнению с контрольными, сократительная активность сохранялась на протяжении всей экспозиции. По нашему мнению, это может быть связано с усилением чувствительности пусковых механизмов, ответственных за включение мышечной дрожи в холода. Кроме того, возможно, что адаптация к теплу сопровождается уменьшением теплового эффекта мышечного сокращения в отличие от холодной адаптации, при которой он возрастает [1].

Выводы

- Способность крыс поддерживать температуру тела при охлаждении не снижается на протяжении определенного периода адаптации, несмотря на приспособительные изменения терморегуляции и повышение тепловой устойчивости. Это связано с более активным включением механизмов термогенеза и их большим напряжением.
- При адаптации крыс к теплу одновременно с усилением реакций газообмена на холод наблюдается увеличение интенсивности холодовой дрожи.
- Терморегуляторные реакции и температурная устойчивость при охлаждении адаптированных к теплу крыс зависят от режима и продолжительности адаптации, обуславливающих характер и степень приспособительных изменений терморегуляции.

Список литературы

- Иванов К. П. Биоэнергетика и температурный гомеостазис.—Л.: Наука, 1972.—172 с.
- Линдебратен В. Д. Влияние адаптации к теплу на неспецифическую резистентность организма.—Бюл. эксперим. биологии и медицины, 1965, 60, № 11, с. 19—21.
- Певый С. А., Тихов Ю. П. Состояние химической терморегуляции организма у лиц, адаптированных к различным температурным условиям.—В кн.: Гигиена труда. Киев: Здоров'я, 1966, с. 83—89.
- Первый С. А. Особенности терморегуляции людей, адаптированных к различным температурным условиям при охлаждающих и нагревающих воздействиях.—В кн.: Тр. III Всесоюз. конф. по авиац. и косм. медицине. М., 1969, с. 120—122.
- Adams T., Covino B. G. Racial variation to a standardized cold stress.—J. Appl. Physiol., 1958, 12, N 1, p. 9—12.
- Andrus R. K., Buzalkov R. Thermoregulation du rat après séjour prolongé aux températures supérieures à la neutralité thermique. Théendance à l'hypothermie et perte de résistance à la chaleur dans l'état posthypothermique.—C. r. soc. biol., 1960, 150, N 4, p. 709—713.
- Cassuto Y., Chaffee R. R. J. The thermogenic role of the liver in the heat-acclimated hamster (*Mesocricetus auratus*).—Canad. J. Biochem. and Physiol., 1963, 41, N 8, p. 1840—1842.
- Cassuto Y., Chaffee R. R. J. Effects of prolonged heat exposure on cellular metabolism of the hamster.—Amer. J. Physiol., 1966, 210, N 2, p. 423—426.
- Fleischner J. R., Sargent F. Effect of heat cold on the albino rat: Crossed resistance or crossed sensitization?—J. Appl. Physiol., 1959, 14, N 5, p. 789—797.
- Irving L., Andersen K. F., Bolstad A. et al. Fatigue of arctic Indian men during a cold night.—J. Appl. Physiol., 1960, 15, N 4, p. 635—644.
- Johnson R. E., Bly C. G., Kark R. M., Consolazio C. F. Metabolic changes in heat acclimatized men during abrupt exposure to a very cold climate.—J. Clin. Invest., 1949, 28, p. 792.
- Musacchia X. J. Heat and cold acclimation in helium-cold hypothermia in the hamster.—Amer. J. Physiol., 1972, 222, N 2, p. 495—498.
- Portet R., Bertin R., Chevillard L. Influence de la température d'adaptation sur la thermorégulation du rat.—J. Physiol. (Paris), 1967, 59, N 4, p. 476.

Кафедра физиологии человека и животных
Донецкого университета

Поступила в редакцию
20.12.80 г.

В литературе есть 13]. Установлено, что получившие названиеложение о возможностях желудка нередко приходится менной болезни, а образом, удаление слюнок в литературе о желудка при частичной коррекции нарушенной

Мы изучали сосудистого удаления слюнок на эти показат

Опыты проведены (табл. 1). Методика удаления слюнных желез группы крыс получала (НРБК), которая явилась в воде очень низкая, п. Экстракти слюнных ж. Концентрацию экстракта в случаях в 30 мл экстракта белка содержалось ли натощак под эфириком желудок, тщательно промаринованную часть, высушиваясь замораживали посредством растирания тканей на 1 мл физиологического раствора при +4° (метод Лоури), активно гастроиксин) видоизменение в микрокатализаторах (микратиализирующего образование). Результаты исследований [8].

Данные эксперимента показывают, что раздельное удаление слюнных желез достоверное снижение температуры желудка. В то же время статистически достоверного снижения сохраняется. В степени сказывается на той части желудка при весьма четко.

При избирательном удалении слюнных желез статистически недостоверное снижение температуры желудка. Наоборот, тотальная удаление слюнок достоверному снижению температуры