

УДК 612.591.1

В. А. Леках, А. А. Востриков, А. А. Киряев

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ АДАПТАЦИИ БЕЛЫХ КРЫС К ПОВТОРНЫМ ТЕПЛОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

При адаптации людей или животных к повторным воздействиям факторов среды, в частности, температурного, используются различные режимы [3]. В ряде исследований ЛеБлана [12, 13, 15], выполненных на мышах и крысах, была установлена возможность так называемой «быстрой» адаптации к холоду путем кратковременных (10 мин), но очень интенсивных (-20°C) воздействий, повторяемых несколько раз на протяжении дня. Уже после 15—18 таких воздействий у крыс обнаруживали повышенную устойчивость при тестирующем охлаждении. Данные ЛеБлана нашли подтверждение и в трудах других авторов [5, 18].

Остается вместе с тем невыясненным вопрос о том, насколько универсально явление «быстрой» адаптации; иначе говоря, возникает ли оно только под влиянием холода или установленная закономерность справедлива и в отношении других факторов. При адаптации к гипоксии ЛеБлан получил аналогичный эффект [14], но не смог выявить его при воздействии тепла [14].

Целью настоящего исследования явилось, во-первых, установление возможности «быстрой» адаптации крыс к высокой температуре среды, и, во-вторых, сравнение изменений тепловой устойчивости при использовании режимов кратковременных интенсивных нагрузок (по ЛеБлану) и более длительных, но менее интенсивных влияний.

Методика исследований

Опыты проведены на 16 белых крысах обоего пола весом 160—190 г, содержащихся в индивидуальных клетках. Все животные были нелинейными. Животных I группы (10 крыс) на протяжении пяти недель подвергали через день однократному воздействию температуры среды 42°C , II (6 животных) — адаптировали по несколько измененному режиму ЛеБлана: крыс трижды выдерживали при температуре 55°C на протяжении 15 мин с интервалом между экспозициями 1 ч (опыты проводились также через день в течение пяти недель).

У всех крыс с помощью электротермометра измеряли ректальную температуру на глубине 5 см. Измерения осуществляли в I группе через каждые 2 мин, во II — ежедневно. Опыт проводили в одно и то же время дня одновременно на всех животных данной группы. При воздействии высокой температуры каждую крысу экспонировали в отделе термостате объемом $0,08\text{ м}^3$. Углекислый газ и водяные пары поглощались гранулированным едким калием и хлористым кальцием.

Как установлено исследованиями, специально посвященными изучению терморегуляции крыс, выделение и размазывание слюны является основной реакцией, обеспечивающей выживание этих животных при температурах среды 36°C и выше [7, 8, 9, 11]. Жесткая фиксация равнозначна десаливации и приводит к быстрой гибели крысы от перегревания [7]. Поэтому мы использовали во всех опытах станок специально разработанной нами конструкции, который, значительно ограничивая подвижность крысы, в то же время позволял ей размазывать слюну по поверхности тела.

Основное методическое отличие данной работы связано с выбором критерия для суждения об изменениях тепловой устойчивости крыс в процессе адаптации. Обычно с

этой целью регистрируют температуру тела за определенный период тепловой нагрузки. Однако специфической особенностью терморегуляции крыс в условиях высокой температуры среды является быстрое первоначальное повышение температуры тела на 2—4°С и затем стойкое сохранение нового установившегося уровня (плато) на протяжении определенного, иногда весьма длительного времени [8, 10, 17]. После окончания (срыва) плато повторное повышение температуры тела заканчивается быстрой гибелью крысы. Таким образом, температура тела, зарегистрированная через определенное время после начала тепловой нагрузки, сама по себе не может адекватно характеризовать тепловую устойчивость крысы. В качестве такого адекватного показателя мы рассматривали, исходя из сказанного, длительность плато и ее изменения у каждого животного в процессе адаптации.

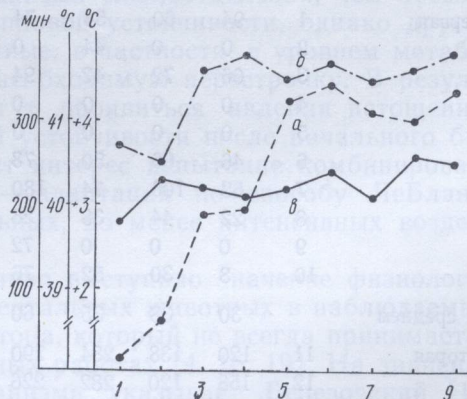
После приучения крысы к условиям исследования проводили тестирующий опыт для определения исходной тепловой устойчивости. С этой целью каждую крысу как I, так и II группы выдерживали в термостате при 42°С до момента окончания плато. Если плато не устанавливалось, опыт прекращали при достижении температуры тела 42°С. В последующие дни крыс нагревали по описанным выше режимам, причем раз в неделю каждое животное брали в повторный тестирующий опыт для выявления динамики тепловой устойчивости в ходе адаптации. Всего на каждом животном проведено по 24 опыта, в частности, по 6 тестирующих. В отличие от опытов ЛеБлана, тестирующий опыт проводили при более низкой температуре (42°С), чем адаптирующие воздействия (55°С). Это позволяло сравнивать тепловую устойчивость крыс в одинаковых для животных обеих экспериментальных групп условиях.

Результаты исследований

Наши предыдущие исследования показали, что изменения длительности плато позволяют установить четкие и закономерные изменения тепловой устойчивости крыс в процессе адаптации. Как правило, длительность плато в ходе повторных воздействий прогрессивно возрастает, свидетельствуя об увеличении тепловой устойчивости. Этого нельзя сказать в отношении температуры тела, регистрируемой через определенное время (например, 1 ч) после начала тепловой нагрузки. Ни степень повышения температуры тела, ни уровень, на котором устанавливается плато, не коррелируют с длительностью плато и не обнаруживают снижения в процессе

Изменения длительности (а), уровня (б) плато и прироста температуры тела за один час теплового воздействия (в) в ходе повторных воздействий температуры 42°С.

По горизонтали — контрольные (тестирующие) опыты.



развития адаптации. На рисунке приведены изменения названных показателей в ходе тепловой адаптации на типичном примере одного из животных исследуемой группы.

Сравнительные результаты, полученные в ходе адаптации крыс по двум режимам, приведены в таблице. Прежде всего следует отметить, что при определении исходной тепловой устойчивости некоторые крысы не обнаруживают способности удерживать плато. Однако такая способность может возникнуть при повторных экспозициях. Подобное явление при использовании способа ЛеБлана наблюдалось у всех трех крыс, не дававших вначале плато. В другой группе в процессе повторных воздействий плато появилось лишь у одного из четырех таких животных.

Основное различие между группами состояло в том, что во второй группе (способ ЛеБлана) повышение тепловой устойчивости происходило гораздо быстрее, чем в первой. Тем не менее в процессе повторения опытов это различие уменьшалось, поскольку во второй группе длительность плато у некоторых крыс начинала снижаться по сравнению с достигнутым максимумом, тогда как в первой группе у большинства животных длительность плато к этому моменту возрастала. Таким образом, при использовании режима адаптации по ЛеБлану эффект повышения тепловой устойчивости проявляется быстрее, но оказывается недостаточно стабильным. По данным статистической обработки с использованием непараметрического критерия U [2], через две недели после начала исследования различия в увеличении тепловой устойчивости достигают наивысшего уровня значимости, затем этот уровень постепенно снижается и через пять недель различия уже не являются статистически достоверными.

У крыс обеих групп обнаружены существенные индивидуальные отличия, настолько значительные, что применение параметрических критериев статистики является нецелесообразным. Действительно, в одном и том же ряду встречаются как животные, у которых тепловая устойчивость возрастает, к тому же, в разной степени, так и особи без адаптационных сдвигов и даже с уменьшением тепловой устойчивости

Изменения тепловой устойчивости крыс при различных режимах адаптации к повторным воздействиям высокой температуры среды

Группа крыс	№ крысы	Длительность плато (мин)						Прирост сравнительно с исходной величиной					
		I	II	III	IV	V	VI	II	III	IV	V	VI	
Первая	1	94	60	54	74	30	32	—34	—40	—20	—64	—62	
	2	0	0	44	0	24	0	0	44	0	24	0	
	3	66	72	42	94	90	122	6	—24	28	24	56	
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6	46	66	50	78	96	118	20	4	32	50	72	
	7	62	106	74	180	108	174	44	12	118	46	112	
	8	22	44	38	26	34	88	22	16	4	12	66	
	9	0	0	0	72	110	188	0	0	72	110	188	
	10	8	30	52	76	54	120	22	44	68	46	112	
В среднем		30	38	35	60	54	84	8	5	30	24	54	
Вторая	11	120	138	284	290	238	272	18	164	170	118	152	
	12	158	120	282	226	330	222	—38	124	68	172	64	
	13	0	180	332	264	294	236	180	332	264	294	236	
	14	122	148	242	216	102	90	26	120	94	—20	—32	
	15	0	168	222	292	244	276	168	222	292	244	276	
	16	0	0	78	82	64	42	0	78	82	64	42	
В среднем		67	126	240	228	212	190	59	173	161	145	123	
Различия между первой и второй группами (число инверсий U)								22	0	5	10	21	
p								>0,05	<0,001	<0,005	<0,05	>0,05	

Примечание. Римскими цифрами обозначены тестирующие опыты.

при повторных экспозициях. Так, например, у крысы № 9 длительность плато за период исследования увеличилась на 3 ч, у крыс № 3 и № 8 — на 1 ч, а у крысы № 1 уменьшилась на 1 ч. Еще более резкие отличия наблюдались у животных II группы («быстрая» адаптация). Выявленные индивидуальные особенности не зависели от пола животных.

Обсуждение результатов исследований

В данной работе удалось показать, что «быстрая» адаптация по ЛеБлану оказывается возможной при воздействии тепла. Несмотря на то, что использованный нами режим несколько отличался от примененного ЛеБланом, это обстоятельство, очевидно, не имеет принципиального значения, поскольку были соблюдены основные условия — кратковременные повторения на протяжении дня воздействий фактора высокой интенсивности (в данном случае температуры 55° С). Тестирующее нагревание осуществлялось при температуре 42° С, что позволяло сравнивать его с группой животных, адаптировавшихся к одночасовым воздействиям именно этой температуры. Хаскин [6] отмечает, что «быстрая» адаптация к холоду характеризуется относительно «непрочным» повышением устойчивости организма. Аналогичный эффект мы обнаружили и при тепловой адаптации — повышение тепловой устойчивости наступает быстро, но дальнейшее ее нарастание замедляется, а у некоторых животных сменяется даже снижением устойчивости. После прекращения тепловых воздействий состояние адаптированности, как показали контрольные исследования, проведенные нами через один и два месяца, сохраняется дольше в группе животных, адаптированных в «обычном» режиме.

Возможно, что режим «быстрой» адаптации стимулирует ускоренное включение и интенсификацию механизма слюноотделения, чем обеспечивается ускоренное повышение тепловой устойчивости, однако другие компенсаторные механизмы, связанные, в частности, с уровнем метаболизма, не успевают осуществлять необходимую перестройку. В результате через определенное время могут проявиться явления истощения, что приводит к снижению тепловой устойчивости после начального быстрого ее повышения. Представляет интерес испытание комбинированного режима: в начальной стадии — адаптация по способу ЛеБлана, затем — переход к режиму длительных, но менее интенсивных воздействий.

В наших исследованиях отчетливо выступило значение физиологической индивидуальности экспериментальных животных в наблюдаемых эффектах. Роль этого важного фактора, который не всегда принимается во внимание, освещена в специальных работах [4, 16, 19]. На значение индивидуальных особенностей организма указывает Березовский [1], рассматривая различия в реакции крыс на гипоксию. Необходимо подчеркнуть, что физиологическая индивидуальность проявляется не только при первичной реакции на действие внешнего фактора, но и в ходе адаптационной перестройки. Поэтому только по данным исходной реакции еще нельзя однозначно охарактеризовать устойчивость организма к данному фактору. Из полученных нами результатов следует, что первоначально низкая тепловая устойчивость может в значительной мере возрастать в ходе адаптации и наоборот. Целесообразно в связи с этим определять устойчивость к воздействию функциональных нагрузок, в частности, тепловой, не только эффектом, полученным при единоразовом тестирующем воздействии, но и особенностями изменений устойчивости в ходе повторных воздействий.

Очевидно, «адаптационный потенциал» каждого организма имеет обусловленные генетически особенности, установление которых с целью построения оптимальных режимов индивидуальных адаптаций должно составить одну из перспектив дальнейшей разработки проблемы.

Литература

1. Березовський В. Я. Риси індивідуальності в реакції на гіпоксію.— Фізіол. журн., 1975, 21, № 3, с. 371—375.
2. Гублер Е. В., Генкин А. А. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях. Л., «Медицина», 1973. 141 с.
3. Исаакян Л. А. Метаболическая структура температурных адаптаций. Л., «Наука», 1972. 134 с.
4. Клиорин А. И., Тиунов Л. А. Функциональная неравнозначность эритроцитов. Л., «Наука», 1972. 147 с.
5. Пастухов Ю. Ф. Некоторые особенности длительной и ускоренной адаптации к холоду.— В кн.: Биологические проблемы Севера, вып. 42, Магадан, 1971, с. 110—138.
6. Хаскин В. В. Энергетика теплообразования и адаптация к холоду. Новосибирск, «Наука», 1975. 200 с.
7. Elmer M., Ohlin P. Salivary secretion in the rat in a hot environment.— Acta Physiol. Scand., 1971, 83, p. 174—178.
8. Hainsworth F. R. Saliva spreading, activity and body temperature regulation in the rat.— Amer. J. Physiol., 1967, 212, N 6, p. 1288—1292.
9. Hainsworth F. R. Evaporative water loss from rats in the heat.— Amer. J. Physiol., 1968, 214, N 5, p. 979—982.
10. Hainsworth F. R., Stricker E. M., Epstein A. N. Water metabolism of rats in the heat: dehydration and drinking.— Amer. J. Physiol., 1968, 214, N 5, p. 983—989.
11. Hainsworth F. R., Stricker E. M. Evaporative cooling in the rat: effect of partial desalivation.— Amer. J. Physiol., 1969, 217, N 2, p. 494—497.
12. LeBlanc J. Adaptation to cold in three hours.— Amer. J. Physiol., 1967, 212, N 2, p. 530—532.
13. LeBlanc J., Robinson D., Sharman D. F., Tousignant P. Catecholamines and short-term adaptation to cold in mice.— Amer. J. Physiol., 1967, 213, N 6, p. 1419—1429.
14. LeBlanc J. Stress and interstress adaptation.— Federat. Proceed., 1969, 28, N 3, p. 996—1000.
15. LeBlanc J. Hormonal control of Thermogenesis in Nonshivering Thermogenesis Prague, 1971. 227 p.
16. Sargent F., Weinman K. R. Physiological individuality.— Ann. N. Y. Acad. Sci., 1966, 13, N 2, p. 696—732.
17. Stricker E. M., Hainsworth F. R. Evaporative cooling in the rat, interaction with heat loss from the tail.— Quart. J. Exp. Physiol., 1971, 56, N 4, p. 231—241.
18. Tarkkonen H. Effect of repeated short-term cold exposure on brown adipose tissue of mice.— Ann. zool. fennici., 1971, 8, N 4, p. 434—439.
19. Williams R. I. (1956) — Уильямс Р. Биохимическая индивидуальность. М., изд. ИЛ, 1960. 295 с.

Кафедра нормальной физиологии
Донецкого медицинского института

Поступила в редакцию
4.VII 1977 г.

V. A. Lekakh, A. A. Vostrikov, A. A. Kirjaev

COMPARATIVE STUDY OF DIFFERENT REGIMES OF ALBINO RATS ADAPTATION TO REPEATED HEAT ACTIONS

Summary

A comparative study of albino rats adaptation to the repeated heat actions with two regimes, thrice a day at 55° C for 15 minutes each time and once a day at 42° C for an hour showed that the first regime (the LeBlanc method variation) leads to a more rapid, but less durable increase in the heat stability than the second one. Considerable individual differences are detected in the heat adaptation of rats with both studied regimes.

Department of Normal Physiology,
Medical Institute, Donetsk