

УДК 612.821.3.018.014.43:591.4

*С. В. ГЛИННИК, О. Н. РИНЕЙСКАЯ, И. В. РОМАНОВСКИЙ, К. Г. ПРОКОПЧИК*

**ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕДЕНЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ И ГОРМОНАЛЬНОГО  
СТАТУСА КРЫС ПРИ ТЕПЛОВОМ И ХОЛОДОВОМ СТРЕССАХ  
В СРАВНИТЕЛЬНОМ АСПЕКТЕ**

*Белорусский государственный медицинский университет, Минск*

*(Поступила в редакцию 25.11.2009)*

Согласно Г. Селье, стресс есть «совокупность всех неспецифических изменений, возникающих в организме под влиянием любых сильных воздействий и сопровождающихся перестройкой защитных систем организма» [1]. Биологическая сущность состояния стресса заключается в усилении приспособительных механизмов, адаптирующих организм к постоянно меняющимся на протяжении всей жизни условиям существования [2–4]. В климатических условиях Беларуси люди, работающие на открытой территории, – геологи, лесозаготовители, строители, нефтяники, работники сельского хозяйства – большую часть года подвергаются холодовому воздействию. Охлаждающий микроклимат является одним из вредных производственных факторов, приводящих к холодовому стрессу (ХС) [5, 6]. Наиболее частыми последствиями стрессового воздействия холода является охлаждение поверхностных и глубоких тканей тела человека, местное холодное повреждение (онемение, отморожение), функциональные изменения (снижение работоспособности, острый кардиореспираторный синдром, ослабление иммунитета), возникновение соматических заболеваний (респираторных, цереброваскулярных, расстройств периферического кровообращения, заболеваний соединительной ткани, периферической нервной системы и др.) [5, 7, 8]. В то же время значительное количество людей в процессе своей трудовой деятельности вынуждены находиться в состоянии теплового стресса (ТС).

Это рабочие металлургической, горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности, машиностроители, работники сферы бытового обслуживания населения, пищевой, текстильной, бумажно-целлюлозной промышленности и др. Длительная работа в условиях нагревающего микроклимата приводит к снижению работоспособности и производительности труда, нарушению состояния здоровья. У рабочих, труд которых связан со значительной тепловой и физической нагрузкой, наблюдаются нарушения функции сердечной деятельности, регуляции тонуса кровеносных сосудов, мозгового кровообращения, интенсивное биологическое старение, повышается риск смерти от сердечно-сосудистой патологии [7–10].

Цель исследования – изучить влияние теплового и холодного стрессов на поведенческие реакции и гормональный статус крыс в сравнительном аспекте.

**Материалы и методы исследования.** Исследования были проведены на белых нелинейных крысах-самцах массой 180–250 г. Нами были проведены две серии экспериментов с использованием моделей теплового и холодного стрессовых воздействий. В пределах каждой серии животные были разделены на две группы (по 8 крыс в каждой): 1) контроль, 2) стресс. Отбор животных для эксперимента и последующий анализ изменений поведенческих реакций крыс проводили при помощи теста «Открытое поле» [11]. Тестирование проводили в течение 3 мин. Крысу помещали на площадку диаметром 80 см, разделенную на 24 сектора (8 центральных и 16 на периферии) и ограниченную барьером высотой 33 см (рис. 1).



Рис. 1. Тест «Открытое поле» (внешний вид).

Площадка освещалась четырьмя лампами мощностью 75 Вт, расположенными на высоте 65 см над центром поля. При отборе животных учитывали такие показатели, как латентность (продолжительность реакции замирания), двигательная активность (число квадратов, посещенных крысой на периферии и в центре поля), ориентировочно-исследовательская активность (количество стоек – вставаний на задние лапки), эмоциональность (количество актов дефекации и мочеиспускания). В дальнейшее исследование были включены животные со следующими показателями: горизонтальная подвижность за 3 мин теста –  $40,50 \pm 1,59$ ; количество стоек за 3 мин –  $6,00 \pm 0,98$ ; латентность – не более 30 с; количество актов мочеиспускания и дефекации за 3 мин –  $0,25 \pm 0,16$  и  $2,57 \pm 0,30$  соответственно.

ТС создавали путем помещения крыс в суховоздушный термостат на 2 ч при температуре 40–42 °С. Вентиляция осуществлялась через зазор в двери размером 1 см и паз для термометра. ХС создавали путем помещения крыс в воду с температурой 10 °С на 10 мин. Условия проведения опыта исключали плавание животных. Ректальную температуру до и после стрессового воздействия измеряли при помощи электротермометра (Microlife Corporation, Швейцария).

Подвергнутых стрессу животных выводили из эксперимента под тиопенталовым наркозом (60–80 мг/кг) путем забора крови из сонной артерии. Массу надпочечников измеряли путем взвешивания на электронных весах и вычисляли весовой коэффициент органа (масса органа, г / масса животного, кг). Содержание в сыворотке крови тироксина ( $T_4$ , нмоль/л), трийодтиронина ( $T_3$ , нмоль/л), кортизола (нмоль/л) и инсулина (пмоль/л) определяли методом радиоиммунологического анализа с использованием стандартных наборов производства ИБОХ НАН Беларуси.

Статистическая обработка полученных результатов выполнена с помощью программы Statistica 6.0. Для оценки достоверности различий между группами использовали тест Манна–Уитни. Достоверными считались различия при  $P < 0,05$ . Все полученные данные представлены как медиана и 50%-ный интерквартильный размах между 25%-м и 75%-м процентилями, а также в виде относительных величин.

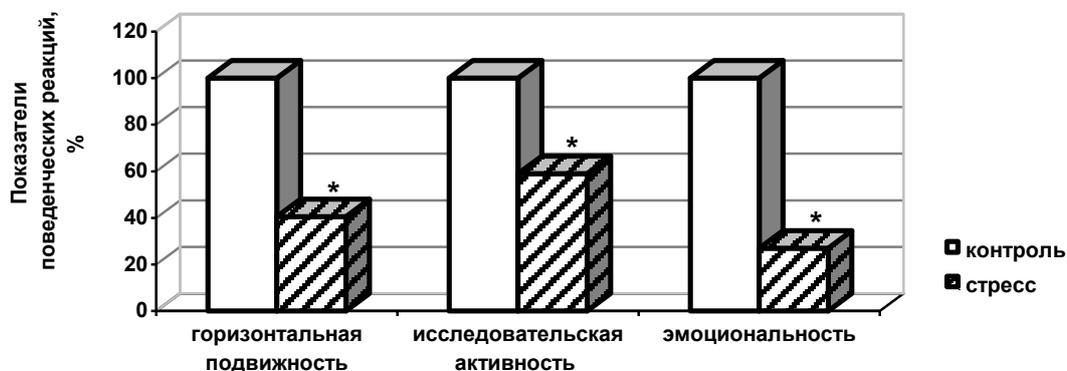
**Результаты и их обсуждение.** ТС, созданный в указанных условиях, характеризовался значительной выраженностью, о чем свидетельствовало увеличение ректальной температуры крыс от 36,6 до 39,6 °С и весового коэффициента надпочечников на 10% по сравнению с таковыми в контрольной группе животных (табл. 1). Последнее, вероятно, связано с усилением кровоснабжения этого важного в плане реализации стрессовой реакции органа.

**Т а б л и ц а 1. Показатели ректальной температуры и весового коэффициента надпочечников крыс при тепловом стрессе**

Группа животных	Ректальная температура, °С	Весовой коэффициент надпочечников, г/кг
Контроль	36,63 (36,60–36,80)	0,130 (0,1275–0,130)
Стресс	39,60 (39,00–40,50)*	0,1425 (0,1400–0,1475)*

П р и м е ч а н и е. В табл. 1,2 данные представлены как медиана и 50%-ный интерквартильный размах между 25-м и 75-м процентилями; \* –  $P < 0,05$  по сравнению с группой «контроль».

ТС также характеризовался значительным снижением поведенческих реакций крыс в тесте «Открытое поле» (рис. 2).



**Рис. 2. Изменение поведенческих реакций крыс в тесте «Открытое поле» при тепловом стрессе (\* –  $P < 0,05$  по сравнению с группой «контроль»).**

Так, двигательная активность по сравнению с группой контрольных животных снижалась на 59,5%, ориентировочно-исследовательская активность – на 41%, эмоциональность – в 3,7 раза (рис. 2).

Тепловое воздействие вызывало повышение уровня кортизола в сыворотке крови на 23,5% по сравнению с его уровнем в группе «контроль» (с 17,00 (10,00–16,50) до 21,00 (17,00–24,00) нмоль/л), что также свидетельствовало о развитии стрессовой реакции в ответ на 2-часовое тепловое воздействие (рис. 3).

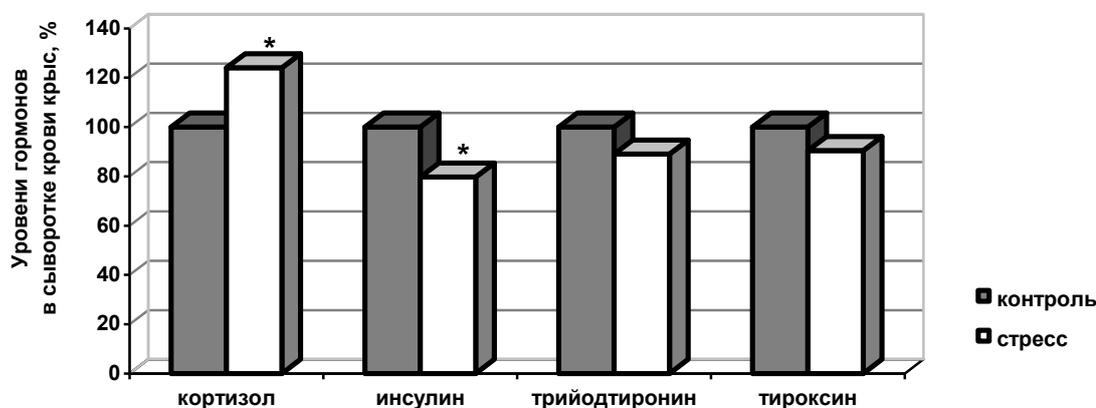


Рис. 3. Изменение уровней кортизола, инсулина,  $T_3$  и  $T_4$  в сыворотке крови крыс при тепловом стрессе (\* –  $P < 0,05$  по сравнению с группой «контроль»).

При этом уровень инсулина в сыворотке крови крыс снижался на 20,3% (с 61,50 (54,00–90,00) до 49,00 (34,00–53,00) пмоль/л) и отмечалась тенденция к снижению уровней гормонов щитовидной железы:  $T_3$  – на 11,1% (с 0,90 (0,72–1,20) до 0,80 (0,71–0,90) нмоль/л),  $T_4$  – на 8,7% (с 32,00 (26,00–37,10) до 29,20 (29,00–31,10) нмоль/л) по сравнению с данными показателями в контрольной группе животных (рис. 3), что является адекватной реакцией организма на перегревание, так как данные гормоны принимают участие в усилении обменных процессов и теплопродукции [12].

При изучении влияния холодового воздействия на показатели поведенческих реакций крыс нами было обнаружено значительное снижение двигательной и ориентировочно-

исследовательской активности экспериментальных животных по сравнению с таковыми в группе «контроль»: на 22,0 и 63,3% соответственно (рис. 4).

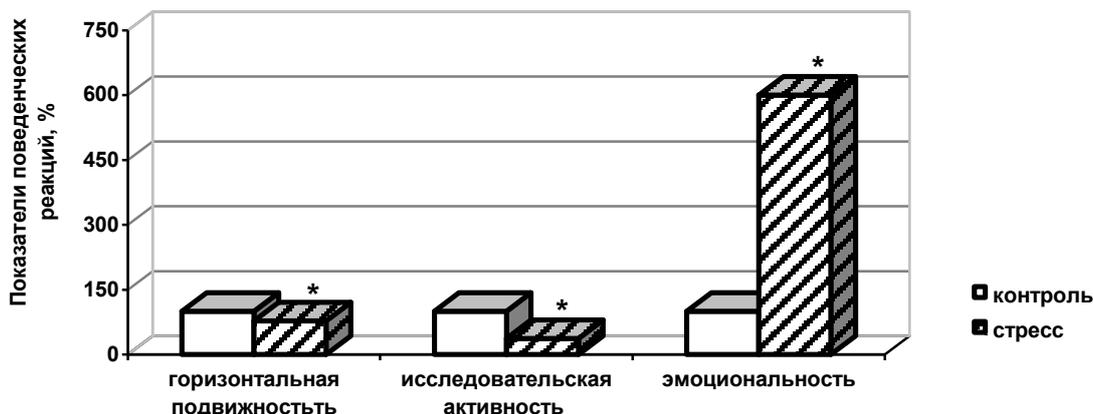


Рис. 4. Изменение поведенческих реакций крыс в тесте «Открытое поле» при холодном стрессе (\* –  $P < 0,05$  по сравнению с группой «контроль»).

Однако при этом животные реагировали на переохлаждение (в отличие от теплового воздействия) 6-кратным возрастанием эмоциональности. Полученные результаты свидетельствуют о значительном стрессовом действии переохлаждения на организм экспериментальных животных, так как, по данным литературы [11, 13], выраженность стрессовой реакции у крыс прямо пропорциональна уровню эмоциональности и обратно пропорциональна показателям двигательной и ориентировочно-исследовательской активности.

Ректальная температура крыс при ХС снижалась с 36,6 до 36,0 °С (табл. 2). Весовой коэффициент надпочечников экспериментальных животных подвергнутых переохлаждению увеличивался на 18% по сравнению с таковыми в контрольной группе животных (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Показатели ректальной температуры и весового коэффициента надпочечников крыс при холодном стрессе

Группа животных	Ректальная температура, °С	Весовой коэффициент надпочечников, г/кг
Контроль	36,60 (36,20–36,90)	0,156 (0,149–0,163)
Стресс	36,00 (35,90–36,10)*	0,185 (0,183–0,190)*

О выраженности ответной реакции организма при ХС свидетельствует также двукратное возрастание уровня кортизола в сыворотке крови (с 27,00 (25,00–36,00) до 54,00 (52,00–56,00) нмоль/л) (рис. 5).

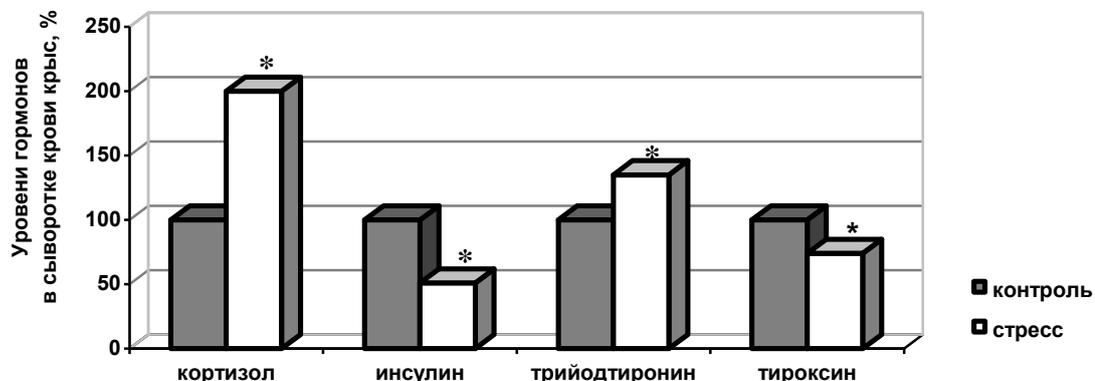


Рис. 5. Изменение уровней кортизола, инсулина,  $T_3$  и  $T_4$  в сыворотке крови крыс при холодном стрессе (\* –  $P < 0,05$  по сравнению с группой «контроль»).

Концентрация инсулина в сыворотке крови крыс при ХС снижалась на 49% (с 40,50 (26,00–90,00) до 20,50 (20,00–23,00) пмоль/л),  $T_4$  – на 26% (с 10,20 (6,50–12,50) до 7,55 (6,30–8,60) нмоль/л), уровень  $T_3$  возрастал на 35% (с 1,30 (1,15–1,45) до 1,75 (1,45–2,00) нмоль/л) относительно показателей в группе «контроль» (рис. 5). Известно, что тиреоидные гормоны принимают участие в терморегуляции организма, поэтому обнаруженное нами снижение уровня тироксина, очевидно, связано с превращением его в более активный трийодтиронин, необходимый для усиления обменных процессов и термогенеза при переохлаждении [11, 13].

### Выводы

1. Тепловой стресс вызывает выраженную стрессовую реакцию организма экспериментальных животных, которая характеризуется увеличением весового коэффициента надпочечников, значительным снижением поведенческих реакций крыс, повышением уровня кортизола, падением уровней инсулина, тироксина и трийодтиронина в сыворотке крови.

2. Холодовой стресс характеризуется более выраженной ответной реакцией организма экспериментальных животных: по сравнению с тепловым стрессом более значительным увеличением весового коэффициента надпочечников, возрастанием эмоциональности, снижением двигательной и ориентировочно-исследовательской активности крыс в тесте «Открытое поле», повышением уровня кортизола, трийодтиронина, падением уровней инсулина и тироксина в сыворотке крови.

3. Неоднотипность реакции организма на стрессовое воздействие, оцениваемой по изменению показателей поведенческих реакций и гормональному статусу экспериментальных животных обусловлена видом стресса.

## Литература

1. С е л ь е Г. На уровне целого организма. М., 1972.
2. З а й ч и к А. Ш. Основы общей патологии: учеб. пособие. СПб., 1999.
3. М е е р с о н Ф. З. // Бюл. эксперим. Биол. и мед. 1991. Т. 62, № 7. С. 18–20.
4. Физиологические особенности положительных и отрицательных эмоциональных состояний / Под общ. ред. П. В. Симонова. М., 1972.
5. А ф а н а с ь е в а Р. Ф. // Безопасность жизнедеятельности. 2006. № 2. С. 16–21.
6. Г р а е в с к а я Е. А. // Бюл. эксперим. биол. и мед. 2001. Т. 131, № 4. С. 396–399.
7. А л е к с е е в С. В., У с е н к о В. Р. Гигиена труда: учеб. пособие для вузов. М., 1988.
8. А р т а м о н о в а В. Г. Профессиональные болезни: учеб. пособие для вузов. М., 1996.
9. У а s h i n А. I. // Mechanisms of Ageing and Development. 2001. N 122. P. 1477–1495.
10. М i c h a l s k i А. I. // Biogerontology. 2001. N 2. P. 35–44.
11. Б у р е ш Я. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения. М., 1991.
12. Б р и н В. Б. Основы физиологии человека: учеб. пособие для вузов. СПб., 1994.
13. А r c h e r J. // Animal Behav. 1973. Vol. 205, N 21. P. 113–121.
14. Щитовидная железа. Фундаментальные аспекты / Под ред. А. И. Кубарко. Минск; Нагасаки, 1998.

*С.В. ГЛИННИК, О.Н. РИНЕЙСКАЯ, И.В. РОМАНОВСКИЙ, К.Г. ПРОКОПЧИК*

**ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕДЕНЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ И ГОРМОНАЛЬНОГО  
СТАТУСА ПРИ ТЕПЛОВОМ И ХОЛОДОВОМ СТРЕССАХ В СРАВНИТЕЛЬНОМ  
АСПЕКТЕ**

*Белорусский государственный медицинский университет, Минск*

**Резюме**

Исследовано влияние теплового и холодового стрессов на поведенческие реакции и гормональный статус крыс. Установлено, что неоднотипность ответной реакции организма экспериментальных животных на стрессовое воздействие обусловлена видом стресса. Тепловой стресс вызывает выраженную стрессовую реакцию организма крыс, которая характеризуется увеличением ректальной температуры, весового коэффициента надпочечников, значительным снижением поведенческих реакций крыс, повышением содержания кортизола, падением уровней инсулина, тироксина и трийодтиронина в сыворотке крови. Холодовой стресс характеризуется более выраженной ответной реакцией организма экспериментальных животных: снижением ректальной температуры крыс, увеличением весового коэффициента надпочечников, возрастанием эмоциональности, снижением двигательной и ориентировочно-исследовательской активности крыс в «Открытом поле», повышением содержания кортизола, трийодтиронина, падением уровней инсулина и тироксина в сыворотке крови.

*S. V. HLINNIK, O. N. RYNEISKAYA, I. V. ROMANOVSKY, K. G. PRAKOPCHYK*

**Characteristic of behaviour reactions and hormonal state under heat and cold stresses in  
comparing aspect**

*Belarusian State Medical University, Minsk*

**Summary**

Behaviour reactions and hormonal state of experimental animals are researched under heat and cold stresses. It is determined that response of experimental animals doesn't depend on the kind of stress. Heat stress causes expressed stress reaction of experimental animal organisms with increasing of rectal temperature and weight coefficient of adrenals, significant decreasing of behaviour reactions of rats, increasing of cortisol level, decreasing of insulin level, thyroxine and triiodothyronine in the serum. Cold stress causes more significant responses of experimental animal organisms such as decreasing of rectal temperature of rats, increasing of adrenal weight coefficient, increasing of emotionality, decreasing of motional and explorative activity of rats in the "Open field" test, increasing of cortisol and triiodothyronine levels, decreasing of insulin and thyroxine levels in the serum.

*УДК 612.821.3.018.014.43:591.4*

Г л и н н и к С. В., Р и н е й с к а я О. Н., Р о м а н о в с к и й И. В., П р о к о п ч и к К. Г.  
**Характеристика поведенческих реакций гормонального статуса крыс при тепловом и  
холодовом стрессах в сравнительном аспекте** // Весті НАН Беларусі. Сер. мед. навук.  
2010. № 2, С.

Исследовано влияние теплового и холодового стрессов на поведенческие реакции и гормональный статус крыс. Установлено, что неоднотипность ответной реакции организма экспериментальных животных на стрессовое воздействие обусловлена видом стресса. Тепловой стресс вызывает выраженную стрессовую реакцию организма крыс, которая характеризуется увеличением ректальной температуры, весового коэффициента надпочечников, значительным снижением поведенческих реакций крыс, повышением содержания кортизола, падением уровней инсулина, тироксина и трийодтиронина в сыворотке крови. Холодовой стресс характеризуется более выраженной ответной реакцией организма экспериментальных животных: снижением ректальной температуры крыс, увеличением весового коэффициента надпочечников, возрастанием эмоциональности, снижением двигательной и ориентировочно-исследовательской активности крыс в «Открытом поле», повышением содержания кортизола, трийодтиронина, падением уровней инсулина и тироксина в сыворотке крови.

Табл. 2. Ил. 5. Библиогр. — 14 назв.