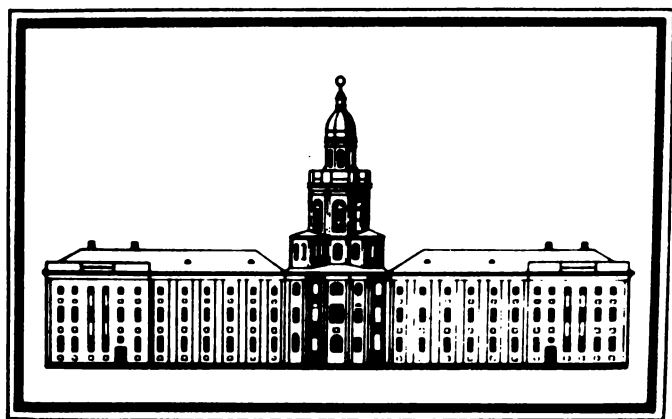


ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК СССР

1982

ТОМ 266 № 3



Член-корреспондент АН СССР В.Н. БОЛЬШАКОВ, Л.А. КОВАЛЬЧУК

ЭНЕРГЕТИКА СЕРДЦА И ПЕЧЕНИ ГОРНЫХ ПОЛЕВОК ГРУППЫ MICROTUS JULDASCHI—CARRUTHERSI (MAMMALIA)

Определение основных путей адаптации животных к специфическим условиям среды обитания — одна из важных задач экологии. Принимая во внимание, что устойчивая адаптация обеспечивается оптимально отрегулированными энергетическими процессами [1], изучение окислительного обмена животных при решении этой проблемы приобретает особый интерес. Высказана гипотеза, что специализированные горные виды характеризуются комплексом биохимических адаптаций, позволяющих существовать им без выраженной интенсификации морфофизиологических функций [1]. Экспериментальное подтверждение этого позволяет, с одной стороны, охарактеризовать энергетическую систему исследуемых горных форм, с другой — оценить адаптивные возможности данной системы в условиях высокогорья.

С этой целью определена реакция энергетического аппарата печени и сердечной мышцы у горных полевок в условиях острой и хронической гипоксии. Изученная группа животных представлена тремя формами, обитающими в разных горных системах: Каракульская (Памир, окрестности оз. Каракуль, 3900 м над уровнем моря), Таласская (Таласский Алатау, высота 3000 м), Туркестанская (Туркестанский хребет, высота 3300 м). Гипоксическую гипоксию создавали помещением животных в барокамеру с проточно-вытяжной вентиляцией на 1 ч (высота 7500 м — острая гипоксия) и на 15 дней (высота 6000 м — хроническая гипоксия). Показатели окислительного метаболизма определяли полярографическим методом, в качестве субстратов использовали глутамат и сукцинат. Планирование экспериментов и статистическую обработку результатов проводили по плану полного факторного эксперимента типа 2^n [2]. Полученные данные обработаны на ЭВМ типа БСМ-6.

Анализ морфологических и морфофизиологических признаков показал, что близкие формы данных полевок отличаются как по весу органов, так и по индексам. Отмечено, что по весовым признакам таласские полевки отличаются достоверно от каракульских и туркестанских (эти формы приближаются по данным параметрам) [3]. Вместе с тем, различия, полученные по абсолютным значениям веса тела и органов для трех форм полевок, согласуются с результатами исследования энергетического обмена животных (рис. 1а, б). Результаты исследования энергетического обмена показывают, что контрольные особи (самцы и самки) туркестанской и каракульской форм по всем исследованным показателям окислительного метаболизма имеют недостоверные различия ($b_i \leq t_{0,95} \cdot S_{b_i}$). В то же время туркестанские полевки достоверно отличаются от таласских полевок по исходному метаболизму изученных тканей ($b_{i_3} \geq t_{0,95} \cdot S_{b_i}$). По всем показателям окислительного метаболизма интактные животные каракульской формы имеют наименьший исходный уровень обмена в сравнении с таласской формой. (рис. 1а) Таласские самцы и самки достоверно отличаются по энергетике обмена от туркестанских и каракульских полевок. Отмечается повышение содержания ферментативного белка в митохондриях печени и сердца каракульских полевок, что говорит о достаточно высоком потенциале окислительного синтеза макроэргов (рис. 1а, б). Исследования, свидетельствующие о разной энергетической эффективности использования кислорода митохондриями миокарда каракульской и туркестанской форм полевок, подтвер-

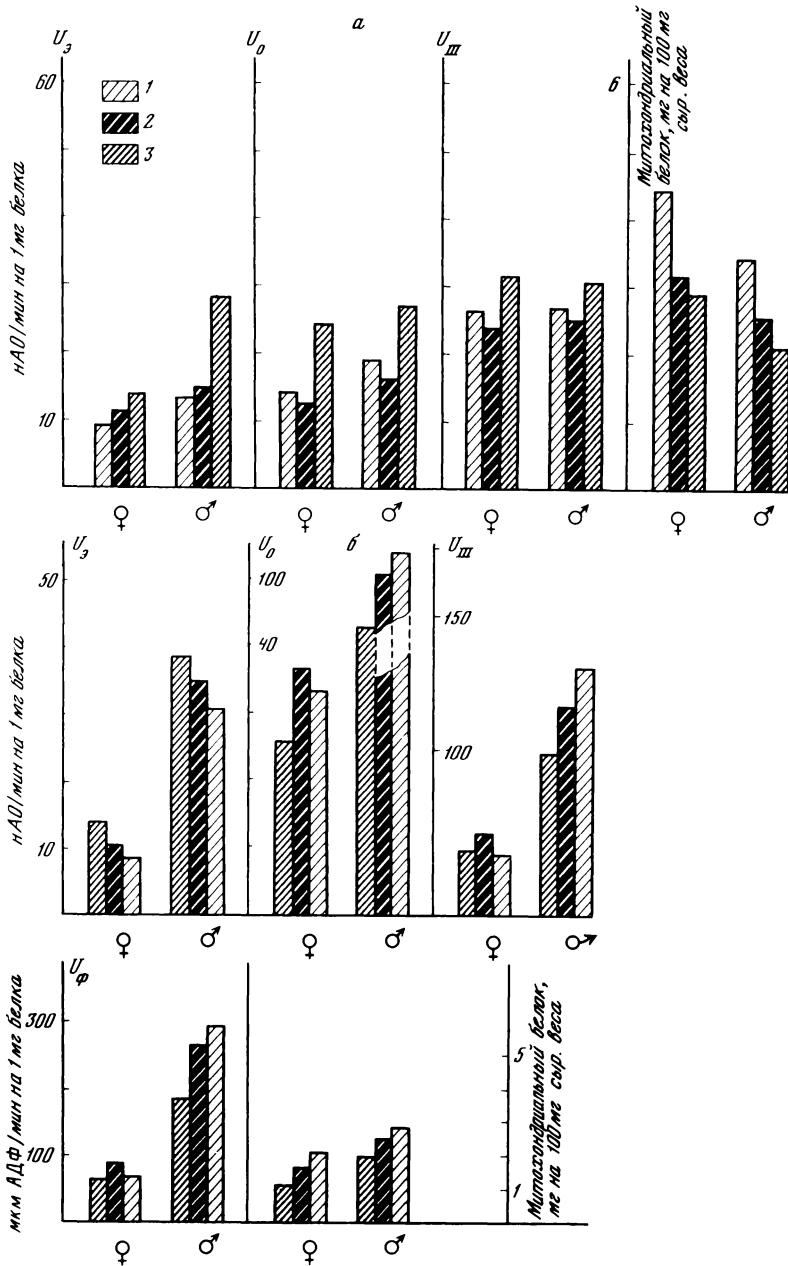


Рис. 1. Показатели окислительного метаболизма в исследуемых тканях каракульской (1), туркестанской (2) и таласской (3) форм горных полевок в условиях нормы. а – митохондрии печени; б – митохондрии сердечной мышцы

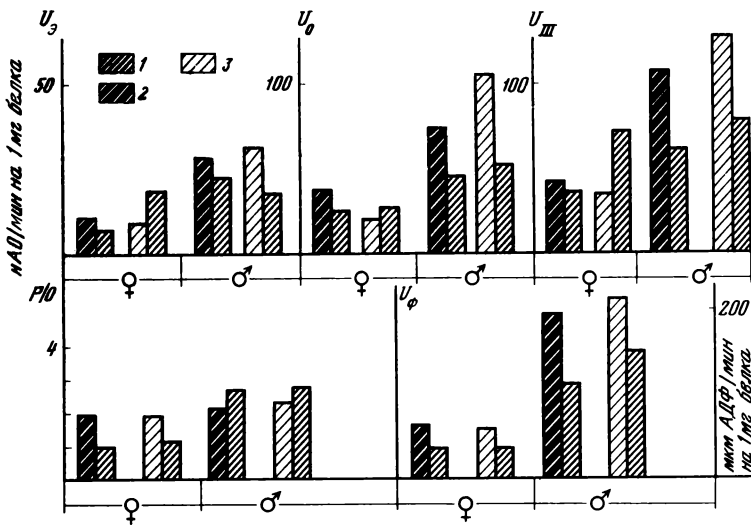


Рис. 2. Действие острой гипоксии (1) на окислительный обмен в митохондриях миокарда туркестанской (2) и каракульской (3) форм полевок

ждает ранее высказанное предположение о наличии у каракульских полевок более эффективной энергетики, обладающей большей потенциальной мощностью [4].

Результаты эксперимента по изучению окислительных процессов в митохондриях печени исследуемых животных в условиях острой гипоксии представлены в виде уравнений регрессии

$$y_3 = 20,8 + 4,4 X_1 + 6,8 X_1 X_2 t_{0,95} \cdot S_{b_i} = 3,9;$$

$$y_0 = 62,4 + 20,8 X_2 + 13,8 X_3 + 10,05 X_1 X_2 t_{0,95} \cdot S_{b_i} = 9,5;$$

$$y_{ш} = 121,7 + 31,7 X_2 + 19,9 X_3 t_{0,95} \cdot S_{b_i} = 15,5;$$

$$y_{ф} = 229,3 - 22 X_1 + 46,9 X_2 + 25,4 X_3 - 25,2 X_1 X_2 + 23,4 X_1 X_3 t_{0,95} \cdot S_{b_i} = 19,2.$$

Отмечается увеличение эндогенного дыхания (y_3), скорости свободного окисления сукцината (y_0), эффективности и интенсивности дыхания у самцов и самок на янтарной кислоте как у каракульских, так и туркестанских полевок, что указывает на единую направленность энергетических процессов полевок при острой гипоксии. Активация же окислительного метаболизма каракульских полевок достоверно превышает уровень активации туркестанских полевок.

Энергетические процессы в сердечной мышце у самцов обеих форм выводят организм из критической ситуации однонаправленного – падение y_3 , y_0 , $y_{ш}$, $y_{ф}$ при активации синтеза митохондриального белка, P/O и дыхательного контроля (рис. 2). Самки каракульских и туркестанских полевок реагируют на действие острой гипоксии разнонаправленно. Так, у самок туркестанских полевок наблюдается значительное повреждение всей энергетики сердечной мышцы – снижение уровня y_3 , y_0 , $y_{ш}$, P/O, $y_{ф}$ при понижении количества митохондриального белка (рис. 2).

Анализ состояния энергетических процессов печени туркестанских полевок в условиях длительного воздействия гипоксией показал, что у самцов и самок наблюдалось большее повреждение энергетического аппарата по всем изучаемым показателям (b_1 , b_2 , b_3 , b_{12} , $b_{13} < t_{0,95} \cdot S_{b_i}$) в сравнении с каракульскими полевками. Самки каракульских полевок менее подвержены действию длительной гипоксии,

судя по реакции их энергетики печени: повышается уровень эндогенного дыхания (y_3), активируется сукцинатоксидазная система (y_0) – свободное окисление янтарата возрастает в 2 раза. Усиливается скорость окислительного фосфорилирования субстрата при неизменном уровне скорости окисления янтарата в присутствии АДФ ($y_{ш}$). Повышается сопряженность окисления и фосфорилирующего дыхания. Следует отметить в условиях длительной адаптации к гипоксии и активацию энергетического метаболизма со значительным увеличением окисления НАД-зависимого субстрата – глутамата (с 16,3 до 41,7) у самок каракульской формы полевков

$$y_{гп} = 21,4 + 7,6 X_1 + 3,5 X_2 + 9,1 X_2 X_2 \quad t_{0,95} \cdot S_{b_i} = 2,0;$$

$$y_{ш} = 31 + 5,4 X_1 + 11,9 X_1 X_2 \quad t_{0,95} \cdot S_{b_i} = 4,0.$$

Скорость окислительного фосфорилирования повышается при стабилизации коэффициента Р/О и дыхательного контроля, что говорит о достаточно емкой системе резистентности энергетики печени у каракульских самок

$$y_{ф} = 73 + 15,3 X_1 + 28,2 X_1 X_2 \quad t_{0,95} \cdot S_{b_i} = 11,4.$$

Следует отметить, что у самок туркестанских полевков способность к аккумуляции энергии окисления в виде АТФ резко падает, так как коэффициент Р/О снижается с 1,7 до 0,7

Самцы и самки обеих форм животных выходят из критической ситуации, используя разные пути мобилизации своей энергетики. Если самки реализуют свободное окисление как элемент быстроты в получении энергии для поддержания их жизнедеятельности, снижая при этом уровень митохондриального белка, то у самцов способность к аккумуляции энергии возрастает – у памирских с 2,0 до 2,3, у арчевых с 2,0 до 2,4. Самцы используют более энергетически емкий путь окислительного фосфорилирования.

В исследованной группе каракульских самок сукцинатоксидазная система миокарда оказалась энергизирована на фоне возрастания ферментативного белка, что, по-видимому, говорит о более высокой степени приспособления этой формы к экстремальным воздействиям.

У туркестанских полевков при повышении скорости эндогенного дыхания (y_3) сердечной мышцы у самцов наблюдается постоянная величина Р/О = 2,0 и дыхательного контроля, что дает право говорить о более сформированном механизме поддержания гомеостаза миокарда в отличие от печени исследуемых животных. Стабилизация окислительного метаболизма или незначительное его повышение в сердечной мышце каракульских полевков говорит о наиболее отрегулированном состоянии окислительных процессов этих животных, определяемых условиями обитания,

$$y_3 = 25,8 + 3,2 X_2 + 8,9 X_1 X_2 \quad t_{0,95} \cdot S_{b_i} = 2,5;$$

$$y_{ф} = 157,5 + 66,5 X_1 + 32,8 X_2 \quad t_{0,95} \cdot S_{b_i} = 8,07;$$

$$y_0 = 55,4 + 19,2 X_1 + 16,6 X_2 + 5,2 X_1 X_2 \quad t_{0,95} \cdot S_{b_i} = 3,6.$$

Из вышесказанного следует, что окислительный метаболизм печени и миокарда каракульских полевков обладает более совершенным комплексом приспособительных реакций при достаточно невысоких показателях исходного метаболизма контрольных животных (рис. 1) и наименьшем индексе печени и сердца [3] в сравнении с таласскими и туркестанскими полевками.

Такая совокупность данных морфофизиологических и метаболических показателей, по-видимому, и обеспечивает наибольшую приспособляемость каракульской формы полевков к условиям высокогорья и действию широкого спектра экстремальных факторов окружающей среды.

Комплексный анализ сравнительного изучения краниологических и хромосомных [5, 6], морфологических и морфофизиологических показателей [3], устойчивая разница исходного метаболического состояния кроветворной ткани [7], а также энергетики обмена печени и сердечной мышцы полевков показали обособленность таласской формы от туркестанской и каракульской форм, у которых существенных различий по данным параметрам не отмечалось.

Институт экологии растений и животных
Уральского научного центра
Академии наук СССР, Свердловск

Поступило
4 IV 1982

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шварц С.С.* Экологические закономерности эволюции. М.: Наука, 1980.
2. *Налимов В.В., Чернова Н.А.* Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М.: Наука, 1965.
3. *Черноусова Н.Ф., Леонова Т.П.* — Экология, 1981, № 4.
4. *Большаков В.Н.* Пути приспособления мелких млекопитающих к горным условиям. М.: Наука, 1972.
5. *Васильева И.А.* Сравнительное изучение изменчивости краниологических признаков полевков (*Microtinae*) при гибридизации форм разной степени дивергенции. Автореф. канд. дисс., ИЭРиЖ УНЦ АН СССР. Свердловск. 1977.
6. *Гилева Э.А., Быкова Г.В., Леонова Т.П.* В кн.: Экология, методы изучения и организация охраны горных областей. Свердловск, 1977.
7. *Ястребов А.П., Сегаль Н.К., Большаков В.Н.* — Биол. науки, 1978, № 10.