

УДК 612.015:6131(575.2)(04)

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭНДОКРИННЫХ СИСТЕМ У ЖИТЕЛЕЙ ВЫСОКОГОРЬЯ

Садыкова Г.С., Джунусова Г.С.

Институт горной физиологии НАН КР, Бишкек, e-mail: goulnura@mail.ru

Проведены исследования на разных высотах (1200, 2800 и 3600 м н.у.м.) Тянь-Шаня, в которых существенно отличаются климато-географические условия среды. Исследования посвящены особенностям функционального состояния эндокринных систем у коренных жителей изученных высот. Обнаружены признаки превышения уровня кортизола (2800 м), что отражает снижение резервных возможностей гипофизарно-надпочечниковой системы и формирования у них состояния незавершенной адаптации либо о продолжающейся адаптации к условиям среды. Понижение активности ГНС (3600 м) в результате длительного проживания сужает границы адаптационных возможностей организма и способствует более экономной и целесообразной регуляции организма. Изменения функционального состояния симпатно-адреналовой системы (повышенный уровень норадреналина, дофамина при снижении адреналина) поддерживает мобилизацию энергетических ресурсов организма в течение более длительного времени. Изменение содержания гипофизарно-тиреоидной системы сигнализирует о тенденции к снижению функции щитовидной железы. Обнаруженный повышенный уровень тироксина, тиреотропного гормона и норадреналина (3600 м) свидетельствует о реакции ГТС на постоянное воздействие холодового фактора. Выявленный уровень половых гормонов свидетельствует о неблагоприятном воздействии среды (3600 м) и напряженной эндокринной функции женщин горцев (2800 м). Полученные результаты имеют значение при определении региональных особенностей гормонального статуса горных жителей.

Ключевые слова: гормоны, высокогорье, региональные особенности

FUNCTIONAL FEATURES OF THE ENDOCRINE SYSTEMS OF THE INHABITANTS OF THE HIGH ALTITUDE

Sadykova G.S., Dzhunusova G.S.

*Institute of Mountain Physiology of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic,
Bishkek, e-mail: goulnura@mail.ru*

Investigations at different heights (1200, 2800 and 3600 m above sea level) of the Tien Shan, which are quite different climatic and geographical conditions of the environment. Investigations related to the peculiarities of the functional state of the endocrine systems of the inhabitants of the studied heights. Detected signs of excess cortisol (2800 m), which reflects the decrease in reserve capacity of the Pituitary-Adrenal system and the formation of their unfinished state of adaptation or of continuing adaptation to environmental conditions. Lowering Activity of the Pituitary-Adrenal system (3600 m) for a long stay narrows the limits of adaptation of the organisms and contributes to more economical and appropriate regulation of the body. Changes in the functional state of Sympathetic-Adrenal system (elevated levels of norepinephrine, dopamine, while reducing adrenaline) is supports the mobilization of the body's energy resources over a longer time. Changing the content of Pituitary – Thyroid system indicates a downward trend in thyroid function. The observed elevated levels of thyroxine, thyroid-stimulating hormone and norepinephrine (3600 m) indicates the Pituitary – Thyroid system response to constant exposure to cold factor. The detected levels of sex hormone indicates the adverse effects of the environment (3600 m) and intense endocrine function of women mountaineers (2800 m). The results are of importance in determining the regional peculiarities of the hormonal status of mountain residents.

Keywords: hormones, highlands, regional features

В сравнительных эколого-популяционных исследованиях обнаружена маркерная информативность гормонального статуса как важнейшего критерия, характеризующего экологическую пластичность организма к среде обитания [1]. Изучение эндокринных механизмов приспособительных реакций к условиям высокогорья Тянь-Шаня отражены в работах Дж.З. Закирова 1983-1998; Л.И. Калюжной, 1997-2000; И.Т. Калюжного, 1982; Б.Т. Турусбекова, 1979, 1993. При этом, сведения о гормональных параметрах коренных жителей гор не систематизированы и противоречивы, что связано с эпизодическим характером проведения исследовательских работ. Изучение влия-

ния высокогорных факторов на организм постоянных жителей Тянь-Шаня, формирование и функционирование нейроэндокринных механизмов адаптации является актуальной задачей, что и предопределило проведение настоящих исследований.

Материалы и методы исследования

Объектом исследований явились коренные жители Атбашинского района Нарынской области Кыргызстана, практически здоровые люди от 18-55 лет. Обследовано 48 жителей с. Казыбек, 2800 м.н.у.м. и 17 жителей долины Аксай, 3600 м.н.у.м. Учитывая зависимость секреции гормонов от региона проживания людей, нами проведены исследования в условиях предгорной равнины, в пгт. Кемин (14 жителей, 1200 м.н.у.), которые использованы в качестве контрольных данных.

Оценивалось функциональное состояние гипофизарно-надпочечниковой, гипофизарно-тиреоидной, симпато-адреналовой систем и половых желез методом иммуноферментного анализа с использованием стандартных тест-наборов (Россия). Содержание катехоламинов определялось спектрофлуориметрическим методом [2]. Полученные данные подвергались статистической обработке с применением критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

Функционирование эндокринных систем и уровни гормонов в периферической крови человека могут варьировать в зависимости от региона проживания, что свидетельствует о влиянии различных многих факторов, от природно-климатических до социально-экономических. В проведенных нами исследованиях, в качестве общепринятых норм использовались среднеширотные нормы, прилагаемые к тест-наборам определения гормонов, и литературные источники [2, 3, 4].

Полученные данные у практически здоровых коренных жителей высокогорья Тянь-Шаня (2800 м и 3600 м) показывали, что уровень гормонов АКТГ, кортизола, А, НА, дофамина, серотонина, ТТГ, ТЗ, Т4, тестостерона и прогестерона не выходят за пределы границ среднеширотных норм. Непререживание границ нормы является отражением устойчивости организма к воздействию факторов среды и выступает как вариант адаптивной нормы.

В проведенных исследованиях, содержание АКТГ аденогипофиза у постоянных жителей гор (2800 м) колеблется от 65,9 до 125,7 пг/мл, т.е. смещены в сторону верхних границ общепринятой нормы (20-100 пг/мл). Активность коры надпочечников находится ($411,94 \pm 20,67$ нмоль/л) в пределах общепринятой нормы (220-660 нмоль/л). Повышение (на 16,4%) глюкокортикоидной функции коры надпочечников и снижение (на 13%) уровня АКТГ у постоянных жителей гор (2800 м) по сравнению с жителями предгорья указывает на перестройку гормональной регуляции метаболизма при хроническом напряжении организма в условиях гор (рис. 1).

У горцев другой высоты Тянь-Шаня (3600 м) уровень АКТГ аденогипофиза колеблется от 66 – 100 пг/мл, а при сравнении с данными жителей предгорья (1100 м) на 24,2% и с данными жителей с. Казыбек (2800 м) на 13,8% понижен. Содержание кортизола у горцев (3600 м) находится на нижних значениях нормативных пределов, также значительно снижено при сравнении с данными предгорных жителей (45%) и жителей проживающих на высо-

те 2800 м (на 43%). В отличие от жителей с. Казыбек низкий уровень АКТГ в крови у жителей д. Аксай (3600 м) при низкой концентрации глюкокортикоидов (рис. 1) свидетельствует о снижении чувствительности гипофиза на действие эндогенных глюкокортикоидов.

Согласно теории адаптационного синдрома, можно считать, что жители указанных высот Тянь-Шаня находятся в фазе относительной устойчивой адаптации. При хронической гипоксии в фазу резистентности формируются более экономные механизмы адаптации, которые постепенно нормализуют функцию надпочечников, что у аборигенов высокогорья [5] и тренированных лиц [6] свидетельствует о полноте адаптации. Признаки превышения уровня кортизола у жителей с. Казыбек (2800 м) может отражать снижение резервных возможностей ГНС и формирования у них либо состояния хронической незавершенной адаптации, либо о продолжающейся адаптации к условиям среды в ряду последовательных поколений [7].

В то же время снижение активности системы гипофиз-кора надпочечников у жителей д. Аксай (3600 м) является следствием влияния суровых климатических условий в течение длительного проживания, что сужает границы адаптационных возможностей организма и способствует более экономной и целесообразной регуляции организма. Такое состояние глюкокортикоидов в крови в фазу резистентности может продолжаться неопределенно долго, не угрожая перейти в фазу истощения, при этом катаболические процессы в организме не проявляют себя или хорошо компенсируются режимом питания.

У горных жителей с. Казыбек (2800 м) обнаружено, что содержание адреналина (А) в периферической плазме крови у горцев колебалось от 0,28 до 0,87 мкг/л, при норме у равнинных жителей 0,12-0,7 мкг/л. Содержание норадреналина (НА) у горцев составляло 0,82-1,47 мкг/л, при норме 0,8-1,75. Содержание дофамина (ДА) у горцев колебалось от 0,66 до 1,95 мкг/л, при норме 0,65-1,45 мкг/л. Содержание серотонина у горцев колебалось от 0,11 до 0,21 мкг/л, при норме для равнинных жителей 0,1-0,2 мкг/л. По сравнению с данными жителей предгорья, наблюдается преобладание активности медиаторного звена симпато-адреналовой системы над гормональным, о чем свидетельствует повышение секреции норадреналина (на 8,2%), дофамина (на 14%), при понижении выделения адреналина (рис. 2).

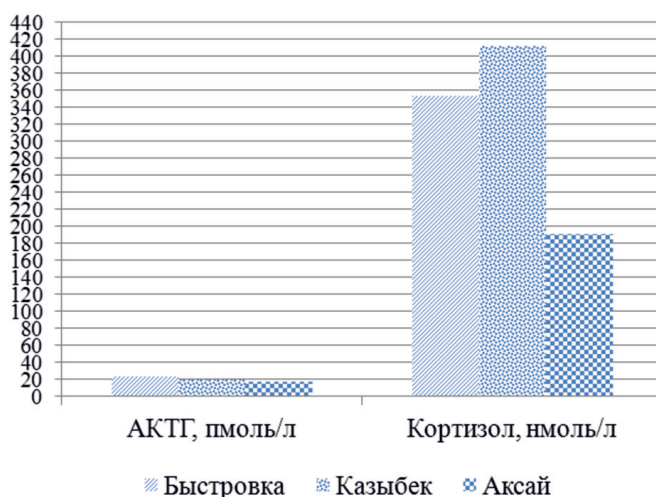


Рис. 1. Уровень АКТГ и кортизола в исследуемых зонах высокогорья. По оси абсцисс – содержание гормонов в указанных единицах, по оси ординат – исследуемая местность (* – $p < 0,05$)

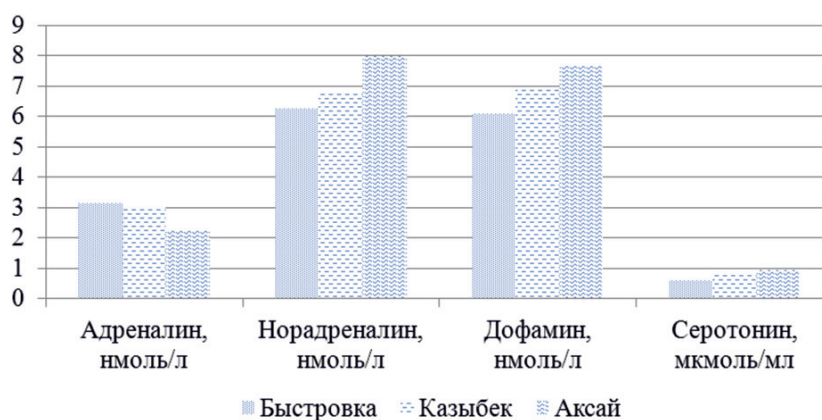


Рис. 2. Уровни нейромедиаторов у жителей разных высот. Обозначения те же, что и на рис. 1

У жителей высокогорья Аксай (3600 м) концентрация адреналина находится в пределах нижней границы нормы 1,91-2,57 нмоль/л, и является также сниженной с данными жителей других зон высокогорья. При этом концентрации норадреналина (6,5-8,98 нмоль/л) и дофамина (6,66 – 12,6 нмоль/л) свидетельствуют о повышенном уровне этих нейромедиаторов. Особенно это касается уровня серотонина (0,45 – 1,47 мкмоль/л), который повышен (на 58%) по сравнению с данными жителей предгорья (рис. 2).

Повышенный уровень НА в организме связан со снижением его метаболизма и обеспечением постоянства резервов катехоламинов в организме, что создает предпосылки для устойчивой и длительной работы организма, обеспечивая адек-

ватное состояние физиологических функций. Направление сдвигов согласуется, с известными представлениями о том, что А, как гормон «тревоги», приводит к быстрой мобилизации энергетических возможностей организма, в то время, НА, как гормон «гомеостаза» поддерживает мобилизацию энергетических ресурсов организма в течение более длительного времени [8]. Адаптация к высокогорью снижает реактивность данной системы не только к хронической гипоксии, но и к дополнительным нагрузкам, тем самым обеспечивает сравнительно высокую устойчивость адаптированных лиц к условиям высокогорья.

Особенности питания (преобладание углеводов и животных жиров в пище высокогорных жителей (2800 и 3600 м)) также

приводит к активации процесса образования НА. Это, в свою очередь, приводит к интенсивному использованию биологического предшественника медиатора – ДА, о чем свидетельствует его высокий уровень у жителей обеих высот. Такое изменение резервов катехоламинов является оптимальным и способствует более быстрому восстановлению уровня катехоламинов в организме.

Установлено, что уровень тироксина ($110,64 \pm 2,33$ нмоль/л) и трийодтиронина ($2,48 \pm 0,06$ нмоль/л) у горцев, проживающих на высоте 2800 м н.у.м. находятся в средних и верхних значениях ОПН для жителей равнин. При сравнении с данными жителей низкогорья полученные данные уровня тиреоидных гормонов оказались значительно повышенными. Пределы колебаний тиреотропного гормона аденогипофиза у жителей высокогорья (2800 м) ($1,97 \pm 0,18$ мМЕ/л) и у жителей предгорья ($1,8 \pm 0,12$ мМЕ/л) одинаково приближены к нижним границам среднеширотных нормативов (рис. 3).

У жителей д. Аксай (3600 м), как у жителей с. Казыбек (2800 м), содержание T_4 (в среднем $117,25 \pm 5,61$ нмоль/л) находится в пределах средних и верхних показателей ОПН, но значительно (на 41,19%) превышает данные жителей предгорья. При этом уровень T_3 отличается от данных жителей, проживающих при высоте 2800 м (ниже на 22,8%), находится в средних и нижних значениях нормы. Содержание ТТГ варьирует в пределах 2,1 – 2,9 мМЕ/л, т.е. в средних значениях ОПН.

Характерной особенностью щитовидной железы является ее участие в регуляции обменных процессов и приспособительно-компенсаторных реакциях организма к условиям высокогорья, что проявляется в незначительных сдвигах функционального состояния. Незначительное изменение функциональной активности щитовидной железы влечет за собой изменения деятельности других органов, обеспечивая оптимальное для условий высокогорья функциональное состояние организма. Уровень ТТГ является чувствительным индикатором тиреоидной активности [5]. У жителей с. Казыбек (2800 м) обнаружен близкий к низким значениям ОПН уровень ТТГ, тогда как тиреоидные гормоны находятся в средних значениях, с тенденцией к повышению. Аналогичная картина наблюдается и при сравнении с данными жителей предгорья, т.е. если ТТГ превышает данные предгорных жителей всего на 9,8%, уровень T_3 превышает на 24,8%, в то время как разница по уровню T_4 была на 33,2%. Изменение содержания ТТГ ещё при нормальном уровне T_4 в крови сигнализирует о наметившейся тенденции к снижению функции щитовидной железы [2].

Гормоны щитовидной железы имеют значение при холодовой адаптации [9], являясь основными модуляторами энергетического метаболизма и термогенеза. Адаптация к температуре зависит от функциональной активности щитовидной железы, без которой не проявляется и калоригенный ответ адреналина. В результате формируется специфическое напряжение тиреоидной системы, а в условиях гипофункции щитовидной железы нарушается формирование адаптации к холоду и сохранение всех основных следов холодовой адаптации [10]. Обнаруженный повышенный уровень тироксина, тиреотропного гормона и норадреналина, у жителей, проживающих на высоте 3600 м н.у.м., свидетельствует о реакции ГТС на постоянное воздействие холодового фактора в горах.

Уровень половых гормонов показывает у мужчин (до и старше 40 лет) (2800 м) и у мужчин жителей предгорья среднюю концентрацию тестостерона относительно ОПН. У женщин в обеих группах содержание прогестерона понижено (рис. 4). Секретия тестостерона в крови у мужчин жителей другой высоты (3600 м) составила $5,87 \pm 0,21$ нмоль/л, что полностью оказывается на нижней границе ОПН, а при сравнении с данными жителей других высот снижена почти вдвое. У женщин-жительниц д. Аксай уровень тестостерона по сравнению с жительницами другого высокогорья (2800 м) понижен на 48%.

Выявленный уровень тестостерона у горцев (3600 м) свидетельствует о неблагоприятном воздействии факторов среды, а пониженное содержание прогестерона (89%) свидетельствует о напряженной эндокринной функции женщин горцев (2800 м), при этом как показал предварительный опрос, уровень рождаемости не изменился.

Общая специфика секретии половых гормонов (тестостерона у мужчин, прогестерона у женщин) у высокогорных жителей (3600 м), свидетельствующая об их низком уровне функционирования относительно среднеширотных нормативов, и данных жителей предгорья (1200 м н.у.м.), подтверждается другими исследователями [1], которые выявили «особый» тип секретии половых гормонов, характеризующийся более низкими значениями. Авторы объясняют данный факт как следствие эволюционных адаптивных процессов, при которых стойкая гипоксия и другие факторы экстремальной окружающей среды угнетают секретацию половых гормонов. Однако, степень снижения функциональной активности половых желез не превышает границ общепринятых показателей, являющихся отражением устойчивости организма.

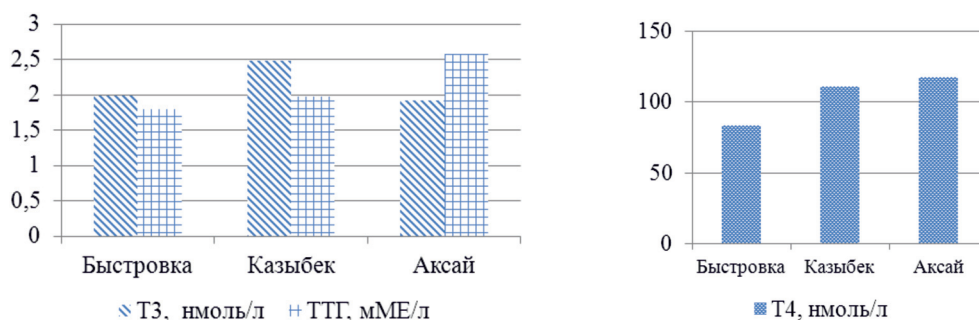


Рис. 3. Функциональное состояние ГТС у жителей гор. Обозначения те же, что и на рис. 1

Заклучение

В результате анализа полученных данных установлена дисфункция гормональных систем горцев, ответственных за формирование адаптивных механизмов. Функциональные особенности эндокринных систем у высокогорных жителей Тянь-Шаня характеризуется сниженным и экономным уровнями функционирования организма, что дает возможность для нормальной жизнедеятельности, трудиться и выполнять тяжелую физическую работу в специфических условиях гор. Параметры эндокринного статуса необходимо оценивать только в связи с анализом жизнедеятельности горцев.

Список литературы

1. Бец Л.В. Антропологические аспекты изучения гормонального статуса человека: автореф. дисс. ... д. б. н. – М., 2000. – 48 с.

2. Матлина Э.Ш. Клиническая биохимия катехоламинов / Э.Ш. Матлина, В.В. Меньшиков. – М., 1967. – 304 с.

3. Гормональные исследования в клинической практике эндокринных заболеваний / Б.И. Абдылдаев, А.А. Бонечкий, З.Э. Абдылдаева и др. – Бишкек, 1999. – 35 с.

4. Дедов И.И. Эндокринология / И.И. Дедов, Г.А. Мельниченко, В.В. Фадеев. – М.: ГЭОТАР, 2007. – 432 с.

5. Закиров Дж.З. Физиологические механизмы формирования функциональных взаимоотношений эндокринных комплексов в условиях высокогорья: автореф. дисс. ... д. м. н. / Дж.З. Закиров – Бишкек, 1996.

6. Виру А.А. Гормональные механизмы адаптации и тренировки / А.А. Виру. – Л.: Наука, 1981. – 151 с.

7. Бартош Т.П. Адаптационные гормональные перестройки у мужчин на Северо-Востоке России: автореф. дисс. ... к. б. н. – Магадан, 2000.

8. Кассиль Г.Н. Симпатоадреналовая система при стрессе / Г.Н. Кассиль, Э.Ш. Матлина / – Кишинев: Штиинца, 1973. – С. 24–26.

9. Lauberg P. Cold adaptation and thyroid hormone metabolism / P. Lauberg, S. Andersen // Horm. Metab. Res. – 2005. – Vol. 37 (9). – P. 545–549.

10. Соболев В.И. Физиологические механизмы адаптивного действия тиреоидных гормонов / В.И. Соболев, Г.И. Чирва. – СПб., 1999. – С. 289.