



разобщающим эффектом, а это, в свою очередь, приводит к возрастанию энергетической стоимости синтеза АТФ. Этим можно объяснить большие затраты энергии у лиц с пониженной гипоксической устойчивостью при выполнении стандартной велоэргометрической нагрузки с респирацией.

Литература

Айдаралиев А.А., Максимов А.Л. Адаптация человека к экстремальным условиям. Опыт прогнозирования. Л.: Наука, 1988. 126 с.

Баевский Р.Р., Берсенева А.П., Максимов А.Л. Валеология и проблема самоконтроля здоровья в экологии // Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 1996. 53 с.

Бойко Е.Р. Некоторые закономерности метаболических перестроек у человека на Крайнем Севере // Физиология человека. 1996. Т.26. № 3. С. 122-129.

Иванов К.П. Основы энергетики организма. Л.: Наука, 1990. Т.1. 304 с.

Казначеев В.П. Современные аспекты адаптации. Новосибирск: Наука, 1980. 192 с.

Куликов В.Ю., Ким Л.Б. Кислородный режим при адаптации человека на Крайнем Севере. Новосибирск: Наука, 1987. 158 с.

Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.

Левинский С.В., Малкиман И.И. Формирование функционального ответа состояния систем дыхания и терморегуляции при работе в атмосфере с повышенным содержанием двуокиси углерода // Физиология человека. 1990. Т.16. № 1. С.133-140.

Максимов А.Л. Прогнозирование адаптационных реакций и оценка физиологических резервов организма человека в экстремальных условиях среды на основе концепции интегрального маркера: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Архангельск, 1994. 29 с.

Максимов А.Л., Бартош Т.П. Особенности гормональных перестроек у моряков с различным уровнем гипоксической устойчивости // Физиология человека. 1995. Т.21. № 6. С. 107-112.

Панин Л.Е. Энергетические аспекты адаптации. Л.: Медицина, 1978. 416 с.

Якименко М.А. Мышечный термогенез при адаптации к холоду // Экологическая физиология животных. Л.: Наука, 1982. Ч.3. С. 80-84.

Т.П.Бартош

МНИЦ «Арктика» ДВО РАН

ОСОБЕННОСТИ ГЛЮКОКОРТИКОИДНОЙ ФУНКЦИИ КОРЫ НАДПОЧЕЧНИКОВ И ГОНАДО-ГИПОФИЗАРНОЙ СИСТЕМЫ У МУЖЧИН, УРОЖЕНЦЕВ СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

Роль климато-географических факторов в различные периоды адаптации к условиям Северо-Востока неоднозначна. Многолетние исследования эндокринной системы у приезжих и коренных жителей, проведенные нами в Магаданской области, подтверждают предположения о многокомпетентности гормональных реакций в ответ на комплекс неблагоприятных факторов Северо-Востока России, т.е. о вовлеченности в адаптационный процесс практически всех основных эндокринных звеньев [Шварева, 1990; Максимов,

Бартош, 1995]. Организм хронического напряжения, которым сопровождается длительное проживание человека в неблагоприятных условиях высоких широт, нуждается в дополнительном энергообеспечении и, следовательно, в перестройке эндокринно-метаболических взаимоотношений, обеспечивающих новый уровень функционирования всех жизненно важных систем организма. Гипофизарно-надпочечниковая система является наиболее изученным звеном адаптивной реакции эндокринной системы при переезде человека на Север. У пришлых жителей Северо-Востока активизация надпочечников наблюдается вне связи с сезонами года, особенно в течение первых 3 лет жизни на Севере. Затем проявляются волнообразные сезонные изменения, но и через 15 лет уровень кортизола в крови сохраняется выше общепринятой нормы [Ткачев, Ардашев, 1978].

Разнообразие структуры населения Северо-Востока предполагает различную их степень адаптированности и гормонального статуса. Особого внимания заслуживает гормональное обеспечение уроженцев Севера, на формирование которого

влияют и адаптивные перестройки в родительском организме, и комплекс неблагоприятных факторов северной среды, причем действие последних приходится на критические периоды становления эндокринной системы.

Нашей задачей было проанализировать состояние глюкостероидной функции коры надпочечников и системы гипофиз-гонады у мужчин, родившихся на Северо-Востоке от приезжих жителей, и мигрантов с различной длительностью проживания в регионе.

Нами были обследованы здоровые жители (мужчины) Магаданской области в возрасте от 20 до 50 лет. В зависимости от длительности проживания на Севере выделяли следующие группы: 1 - лица, прожившие на Севере от 1 до 3 лет; 2 - приезжие с «северным стажем» от 3 до 10 лет; 3 - мигранты со сроком проживания в северных условиях более 10 лет; 4 - первое поколение, родившееся от приезжих жителей, - уроженцы Севера. В работе представлен анализ среднесезонных показателей содержания гормонов в крови.

Состояние звеньев эндокринной системы мы анализировали по со-



Татьяна Петровна Бартош -
с.н.с. лаборатории физиологии
экстремальных состояний, к.б.н.



держанию гормонов в периферической крови. Учитывая наличие циркадианных ритмов секреции гормонов, забор крови проводили в утренние часы (с 9 до 11 час), из локтевой вены, строго натощак. В дальнейшем кровь центрифугировали, образцы плазмы после расфасовки в микропробирки хранили при температуре -20°C. Радиоиммунным методом определяли содержание в крови кортизола и тестостерона с помощью коммерческих радиоиммунных тест-наборов ИБОХ (Минск), лютеинизирующего (ЛГ) и фолликулостимулирующего (ФСГ) гормонов РИА-наборами фирмы «CEA-AIR-SORIN» (Франция), на счетчике «Гамма-12». В качестве среднеширотной нормы использовались данные из литературы [Резников, 1980].

Полученные данные были статистически обработаны с помощью пакета прикладных программ Excel-97 на IBM PC. Среднегрупповые значения сравнивались с помощью t-критерия Стьюдента [Лакин, 1990].

В таблице представлены результаты статистического анализа состояния глюкокортикоидной функции коры надпочечников и гонадо-гипофизарной системы у мужчин 20-50 лет с различной длительностью проживания в Магаданской области.

У родившихся в регионе показатель кортизола приближается к таковому у мигрантов спустя 10 лет пребывания на Севере. Его содержание в крови находится также на относительно высоком уровне по сравнению с содержанием у жителей средней полосы (в среднем на 19%, $p < 0,05$). Это, очевидно, указывает на продолжение у них процесса долговременной адаптации к условиям Севера. Кроме того, индивидуальные вариации содержания кортизола крови у мигрантов также зависят от северного стажа. Так, в первое 10-летие адаптации к условиям Севера и у уроженцев, по нашим данным (рис.1), преобладали лица с высоким (более 200 нг/мл) содержанием кортизола в крови и с небольшим превышением его среднего уровня (150-200 нг/мл). В группе населения с северным стажем более 10 лет уменьшалась доля лиц с высоким уровнем гормона и увеличивалась численность людей с умеренной его концентрацией. У уроженцев и в группе населения с северным стажем более 10 лет просматривается тенденция к увеличению числа лиц, имевших низкое (менее 100 нг/мл) содержание кортизола в крови.

Процесс приспособления организма к изменившимся условиям

могут оказаться наиболее оптимальными, что, вероятно, определяется индивидуально-типологическими особенностями). Снижение секреторной продукции кортизола может быть также следствием снижения глюкокортикоидной функции надпочечников.

Родившиеся на Севере заслуживают особого внимания. Так, судя по напряжению глюкокортикоидной функции коры надпочечников, их нельзя рассматривать как адаптированных к условиям региона. Этот факт свидетельствует о продолжении процесса долговременной адаптации к Северу у потомков пришлого населения. Изучение генетической структуры пришлого населения Магадана показало, что по генетическим параметрам уроженцы Севера достоверно отличаются как от длительно живущих на Севере, так и от вновь прибывших, а также коренных жителей, но близки к группе часто болеющих из числа мигрантов [Соловечук, 1983].

В свою очередь, в работе С.Г. Суханова [1993] по изучению морфофункциональной организации коры надпочечников у человека в ante- и постнатальном периодах индивидуального развития на европейском Севере отмечено, что еще в перинатальном периоде соотношение слоев коры надпочечников у мужчин проявляется в искажении представительства зон, включающих недостаток пучковой зоны при избытке клубочковой и сетчатой зон. С возрастом усиливается тенденция к аденоматозным изменениям, что компенсирует недостаток глюкокортикоидов из-за малой массы желез и уменьшенной доли пучковой зоны.

Анализируя литературные данные, мы предполагаем, что повышение активности пучковой зоны при снижении активности клубочковой и сетчатой зон коры надпочечников или, другими словами, повышение глюкокортикоидной при одновременном снижении минералокортикоидной и андрогенной функции коры надпочечников происходит в начальный период проживания в условиях Севера. Далее, с увеличением длительности проживания на Севере, и тем более у родившихся в регионе, большая нагрузка идет на клубочковую и сетчатую зоны коры. Это свидетельствует о глубокой перестройке гормональной регуляции метаболизма в условиях хронического напряжения организма. С каждым последующим поколением увеличивается популяция лиц, вынужденных не-

Динамика содержания (нг/мл) кортизола, тестостерона и гонадотропинов у мужчин в процессе длительного проживания на Северо-Востоке России

Гормон	Стат.показатель	Длительность проживания на Севере			
		до 3 лет	от 3 до 10 лет	более 10 лет	Уроженцы
Кортизол	M	241,28	238,93	174,89 ^{1,2***}	203,68
	m	20,03	12,99	6,8	13,82
	n	81	142	176	89
Тестостерон	M	6,1	5,25	7,17 ^{2**}	8,37 ^{1,2**}
	m	0,45	0,32	0,56	0,86
	n	44	54	67	40
ЛГ	M	2,84	2,74	2,47	2,43
	m	0,35	0,24	0,15	0,16
	n	71	99	156	72
ФСГ	M	2,17 ^{3***}	2,33	3,41 ^{2,4**}	2,44
	m	0,21	0,22	0,29	0,28
	n	63	95	160	55

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ - достоверные различия между соответствующими группами: 1 - до 3 лет; 2 - от 3 до 10 лет; 3 - более 10 лет; 4 - уроженцы

Особенности содержания кортизола в крови определяются сроками проживания в условиях региона [Шварева, 1990]. У лиц, проживающих на Севере до 10 лет, содержание его в среднем на 40% выше ($p < 0,01$), чем у жителей средних широт (соответственно $240,11 \pm 13,21$ и $170,8 \pm 6,6$ нг/мл).

нуждается в повышенной продукции адаптивных гормонов, в том числе глюкокортикоидов. Поэтому сдвиги в гормональной структуре населения могут быть результатом долговременной адаптации с установлением активности коры надпочечников на необходимом для каждого индивида уровне (причем крайние варианты

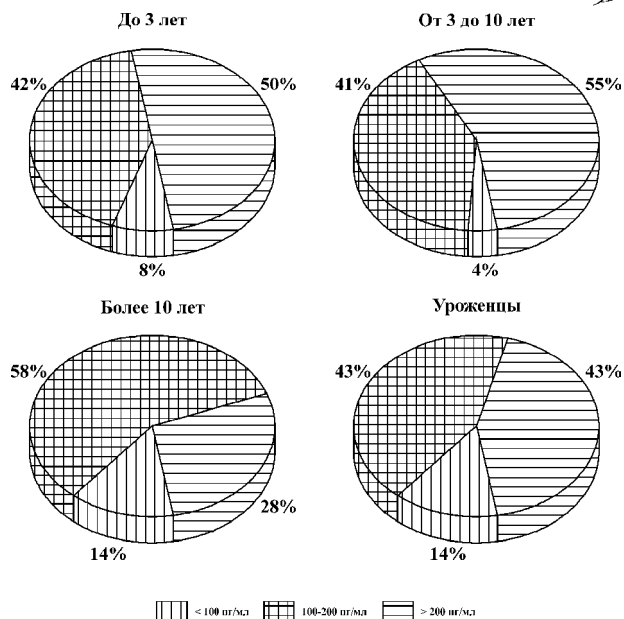


Рис. 1. Процентное соотношение содержания кортизола в крови у мужчин в зависимости от срока проживания на Северо-Востоке России

сти бремя высокой биосоциальной платы, что отражается в доминирующей роли гормонов анаболического ряда [Шварева, 1990].

С увеличением северного стажа и у родившихся в регионе продукция кортизола снижается. Возникают и соответствующие биохимические сдвиги, обеспечивающие оптимальное состояние организма. Известно, что при стрессе происходит усиление биосинтеза глюкокортикоидов, где для синтеза стероидов в надпочечниках служит холестерин низкой плотности (ЛПНП). В то же время, в опытах *in vitro* показано ингибирование липопротеидами сыворотки крови человека стероидогенеза в надпочечниках [Панин, 1983]. Им также была выявлена еще одна петля обратной связи: глюкокортикоиды - ЛПОНП - глюкокортикоиды, которая реализуется через продукт метаболического действия глюкокортикоидов в печени - липопротеиды очень низкой плотности. Эндокринно-метаболические взаимоотношения играют важную роль в регуляции энергетического обмена. В то же время установлено нарастание суммарной фракции липопротеидов очень низкой плотности и липопротеидов низкой плотности (ЛПОНП - ЛПНП) у жителей Севера. Таким образом, обнаруженный нами факт снижения уровня кортизола в крови после 10 лет проживания на Севере можно объяснить, наряду с другими факторами, еще и действием петли обратной связи глюкокортикоиды - липопротеиды очень низкой плотности,

вследствие которой происходит подавление продукции глюкокортикоидов.

В таблице в динамике представлены показатели тестостерона и гонадотропинов в крови у мужчин на Северо-Востоке России. Анализ содержания половых гормонов выявил, что концентрация тестостерона у вновь прибывших и у проживших в регионе до 10 лет в среднем на 32% ниже, чем у родившихся на Севере ($p < 0,05$) (рис. 2). При увеличении длительности проживания более 10 лет его содержание увеличивается в среднем на 21% ($p < 0,05$). Таким образом, наблюдается нарастание тестостерона в крови по мере увеличения северного стажа ($r = 0,68$, $p < 0,01$).

Мигранты со сроком проживания до 10 лет представлены в основном лицами с умеренным (от 4 до 8 нг/мл) содержанием тестостерона (рис. 3). Среди северян, проживших в регионе более 10 лет, и уроженцев значительную долю составляют лица с высокой концентрацией тестостерона в крови.

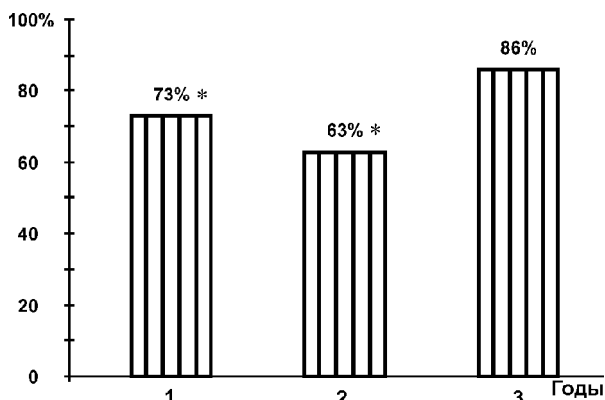


Рис. 2. Амплитуда (%) уровня тестостерона в крови у пришлого населения со сроком проживания до 3 лет (1); от 3 до 10 лет (2); более 10 лет (3) по отношению к уроженцам Северо-Востока России. Звездочка - достоверное различие по отношению к уроженцам

Отмечается снижение концентрации ЛГ по мере увеличения северного стажа (см. таблицу). У лиц с северным стажем 10-15 лет и уроженцев Севера выявлены более низкие значения ЛГ, чем у остальных мигрантов (рис. 4). Традиционный характер отношений между ЛГ и тестостероном (обратная связь) выявлен только у лиц, проживших в Магадане более 10 лет ($r = -0,61$, $p < 0,001$).

Различия в секреции ФСГ в зависимости от сроков проживания в регионе прослеживаются довольно отчетливо. Так, концентрация ФСГ у лиц с северным стажем более 10 лет возрастает на 57% ($p < 0,001$) по сравнению с тем же показателем у вновь прибывших и на 40% ($p < 0,01$) выше, чем у уроженцев Севера (рис. 5).

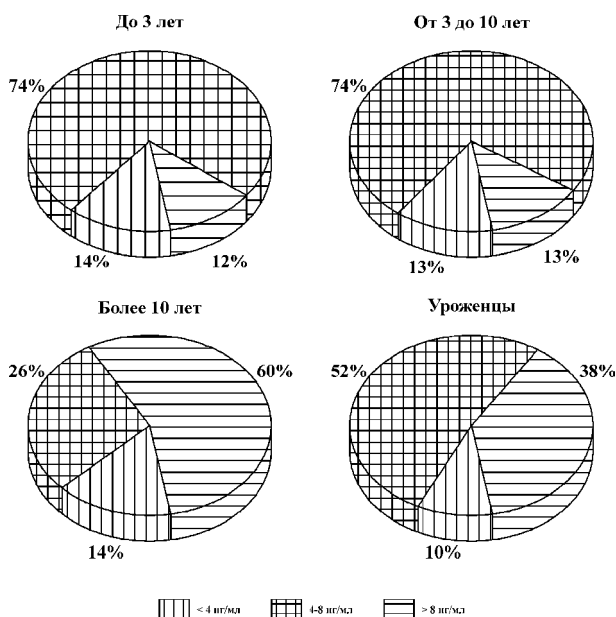


Рис. 3. Соотношение содержания тестостерона в крови у мужчин в зависимости от срока проживания на Северо-Востоке России

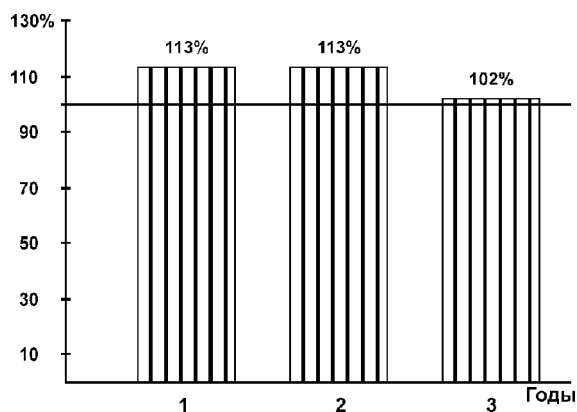


Рис. 4. Амплитуда (%) уровня ЛГ в крови у пришлого населения со сроком проживания до 3 лет (1); от 3 до 10 лет (2); более 10 лет (3) по отношению к уроженцам Севера

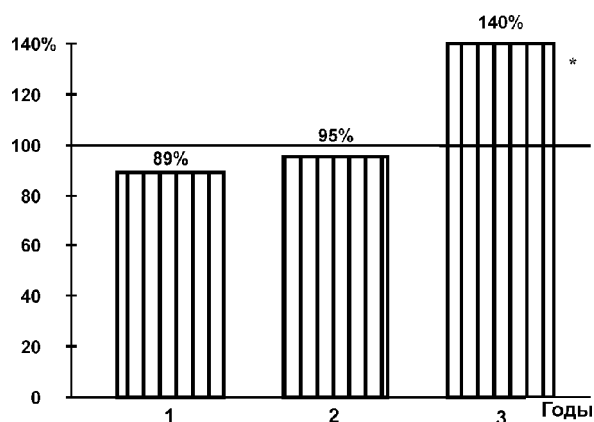


Рис. 5. Амплитуда (%) уровня ФСГ в крови у пришлого населения со сроком проживания до 3 лет (1); от 3 до 10 лет (2); более 10 лет (3) по отношению к уроженцам Северо-Востока России. Звездочкой отмечено достоверное различие по отношению к уроженцам

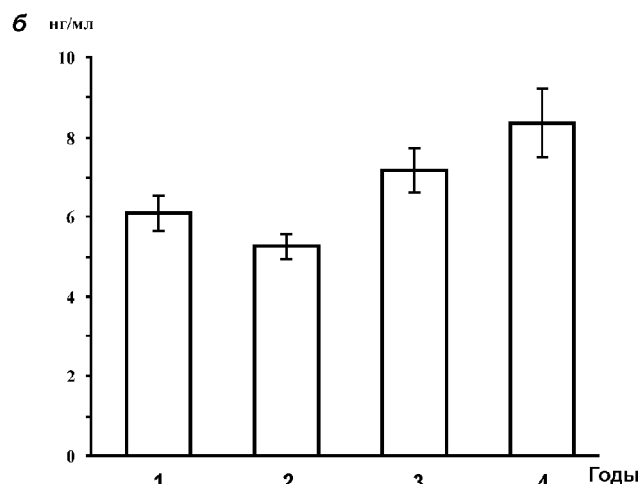
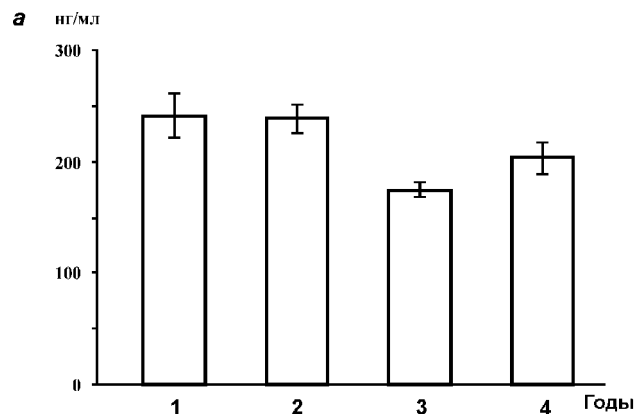


Рис. 6. Содержание кортизола (а) и тестостерона (б) в крови у пришлого населения в зависимости от срока проживания на Северо-Востоке России ($M \pm m$): до 3 лет (1); от 3 до 10 лет (2); более 10 лет (3); уроженцы (4)

Результаты нашего исследования позволяют включить звено гипофиз-гонады в систему, участвующую в процессе регуляции адаптивных перестроек в организме. Одним из основных адаптивных изменений в гонадостате приезжих жителей и уроженцев северных широт является андрогенизация организма. Тем не менее, уровень тестостерона в этот период у них не ниже, чем у жителей средних широт, и на гормональную активность мужских половых желез адаптивное напряжение организма, по-видимому, не оказывает значительного негативного воздействия. Учитывая более высокое содержание в крови ЛГ у мужчин в первые 3 года проживания на Севере, можно предположить относительную недостаточность организма в андрогенах в этот период. С изменением репродуктивной функции может быть связано также и повышение содержания ФСГ у мужчин с более продолжительным сроком проживания в высоких широтах. Таким образом, оба гонадотропных гормона непосредственно вовлекаются в адаптив-

ные реакции организма, что отмечается и при длительных физических нагрузках [Remes et al., 1979].

Таким образом, для системы гипофиз-гонады мужчин в возрасте 20-50 лет - уроженцев Северо-Востока - характерно стимулирование продукции мужского полового гормона тестостерона. Продукция ЛГ у них приближается к значению, близкому для лиц со сроком адаптации более чем 10 лет.

На фоне напряжения глюкокортикоидной функции коры надпочечников у приезжего населения северных регионов вероятность интерконверсий между стероидами вследствие единого пути их синтеза и дальнейшего метаболизма возрастает. Так, по данным Н.В.Шваревой [1990], у мужчин, проживших на Северо-Востоке более 10 лет, показано нарастание уровня эстрадиола в крови на 27% по сравнению с тем же показателем у вновь прибывших, что несколько превышало верхний лимит среднеевропейской нормы. Продукция прогестерона, который является предшественником корти-

зола в процессе стероидогенеза в коре надпочечников, нарастала синхронно в первое десятилетие проживания на Севере, что можно отнести за счет стимуляции биосинтеза стероидов на начальных этапах этого процесса. В дальнейшем, видимо, происходит блокирование ферментных систем на пути синтеза кортизола, вследствие чего секреция его снижается, а выброс прогестерона в кровь увеличивается. Прогестерон, к тому же, обладает антиглюкокортикоидным эффектом. Не исключено, что более высокий уровень прогестерона, который обладает потенциальной способностью замещать кортикостероиды [Botella-Lluisa, 1973], оказывает анаболические эффекты и стимулирует окислительные процессы, играет определенную роль при адаптации организма к новым климато-географическим условиям.

У приезжих жителей Севера в пользу этого свидетельствует асинхронность продукции кортизола и тестостерона почти во всех группах обследованных (рис. 6), наблюдае-



мая обычно между глюкокортикоидами и андрогенами при физиологических напряжениях и стрессе [Brisson et al., 1977].

Приведенные данные по содержанию гормонов в крови у здоровых жителей Магадана свидетельствуют о значительных перестройках в эндокринной системе, выраженность и направленность которых определяется длительностью проживания в регионе. В значительной степени изменения охватывают системы гипофиз - половые железы, что необходимо учитывать как при оценке общего состояния здоровья, так и в прогнозировании возможных нарушений в эндокринном статусе жителей Магаданской области. Учитывая специфическую метаболическую стратегию при долговременной адаптации к Северу [Панин, 1983], а также влияние половых гормонов на обменные процессы, некоторую андрогенизацию организма можно рассматривать как определенный адаптивный сдвиг в гонадостате мигрантов. Таким образом, при длительных напряжениях, когда организм постоянно нуждается в компенсации энергетических и пластических затрат, параллельно с активизацией катаболических процессов посредством повышения в крови северян катехоламинов и глюкокортикоидов интенсифицируются и анаболические реакции. Вместе с тем переключение активности желез внутренней секреции с одного уровня на другой и направлено на обеспечение нормальной

жизнедеятельности организма, все же длительное напряжение эндокринной системы может привести к поломке механизмов приспособления и, как следствие, к расстройству здоровья.

Таким образом, уроженцев Магаданской области нельзя рассматривать как лиц, полностью адаптированных к условиям Северо-Востока, что должно вызывать пристальное внимание к состоянию их здоровья. Со всей очевидностью их следует отнести к группе риска, так как, судя по напряжению глюкокортикоидной функции коры надпочечников, они могут рассматриваться как популяция, находящаяся в состоянии хронической незавершенной адаптации. Длительность адаптивных гормональных изменений у людей на Северо-Востоке довольно велика и может превышать продолжительность жизни одного поколения, приводя к увеличению «цены адаптации» индивида и в целом популяции с каждым последующим поколением, особенно на фоне резкого снижения социально-экологических условий жизнедеятельности.

Литература

- Лакин Г.Ф.** Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.
- Максимов А.Л., Бартош Т.П.** Инварианты нормы гормонального статуса человека на Северо-Востоке России: Научно-практические рекомендации. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 1995. 29 с.

Панин Л.М. Биохимические механизмы стресса. Новосибирск: Наука, 1983. 216 с.

Резников А.Г. Методы определения гормонов. Киев: Наук. думка, 1980. 400 с.

Соловечук Л.Л. Биохимические полиморфные системы в популяции пришлых жителей Северо-Востока СССР. Сообщение II. Генотипические «дистанции» между группами здоровых людей с разной длительностью проживания в экстремальных условиях среды // Генетика. 1983. Т.19. № 8. 1335 с.

Суханов С.Г. Морфофизиологические особенности эндокринной системы у жителей европейского Севера: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Архангельск, 1993. 42 с.

Ткачев А.В., Ардашев А.А. Эндокринные сдвиги у человека на Севере: Тез. докл. IV Междунар. симп. по приполярной медицине. Новосибирск: СО АМН СССР, 1978. Т.2. С.144-145.

Шварева Н.В. Гормональные механизмы долговременной адаптации человека к условиям Севера // Физиология человека. 1990. Т.16. № 2. С. 90-97.

Botella-Lluisa J. Endocrinology of women. Philadelphia; London; Toronto: W.B. Saunders Co., 1973. 287 p.

Brisson G.R., Volle M.A., Deshar-nais M., Dion M., Tanaka M. Pituitary-gonadal axis in exercising men // Med.Sci.Sports. 1977. Vol.9. P. 47.

Remes K., Kuoppasalmi K., Adlercreutz H. Effect of long-term physical training on plasma testosterone, androstendione, luteinizing hormone and SHBG capacity // Scand. J. Clin.Lab. Invest. 1979. Vol. 39. P.743.

Ю.Р. Шеверева, О.П.Бартош, А.Я. Соколов

МНИЦ «Арктика» ДВО РАН, лаборатория экологической физиологии

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И ПАРАМЕТРЫ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ МАГАДАНА

Изучение морфологического и физиологического статуса детского организма на Севере - одна из важ-

ных проблем современной возрастной физиологии. В последнее время в нашей стране наблюдается де-

мографический кризис, который усилился вследствие негативных социально-экономических процессов. Многочисленные данные свидетельствуют об ухудшении состояния здоровья населения и детей в частности [Прокопьев и др., 2000]. В настоящее время в г. Магадане сложилась довольно устойчивая популяция прошлого населения, что позволяет провести мониторинговое исследование особенностей физического развития детей и подростков, родившихся в экстремальных условиях Северо-Востока России. Работ, аналогичных исследованиям Ю.И.Смирнова и В.А.Назарко [1977], в этом регионе за последние четверть века не проводили, поэтому целью настоящего исследования явилось изучение не-



Юлия Рейнальдовна Шеверева - аспирантка СМУ, **Ольга Петровна Бартош** - м.н.с., **Александр Яковлевич Соколов** - заведующий лабораторией, д.б.н.