



А.А. Соколов, Л.И. Гречкина, С.А. Зайцева

МНИЦ «Арктика» ДВО РАН, лаборатория экологической физиологии

УГЛЕВОДНЫЙ И ЛИПИДНЫЙ ОБМЕН У ЛИЦ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ГИПОКСИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

В настоящее время установлено, что как при кратковременном (до 2 лет), так и при длительном проживании в условиях Севера и высоких широт у человека происходят адаптивные перестройки метаболизма, направленные на обеспечение энергетического и пластического гомеостаза. Во время длительной и холодной зимы значительно усиливается липидный и белковый обмен, а в летнее время возрастает роль углеводного обмена в энергетическом обеспечении организма [Панин, 1978; Бойко, 1996]. В то же время в литературе имеется много данных, которые свидетельствуют, что под влиянием комплекса негативных экологических факторов у пришлых жителей Севера развивается состояние северного гипоксического синдрома [Казначеев, 1980; Куликов, Ким, 1987; и др.]. Вместе с тем известно, что гипоксические состояния лежат в основе патогенеза наиболее распространенных заболеваний сердечно-сосудистой, нервной и других систем организма. Исследованиями последних лет [Айдаралиев, Максимов, 1988; Левинский, Малкиман, 1990; Максимов, 1994; Баевский и др., 1996] установлено, что возможно типизировать людей по их устойчивости к гипоксии и что лица с высоким уровнем гипоксической устойчивости имеют повышенную сопротивляемость к целому комплексу негативных природно-производственных факторов (физи-

ческие нагрузки, высокие и низкие температуры среды, гиподинамия), а также повышенную работоспособность. Целью нашей работы явилось изучение особенностей углеводного и липидного обмена у лиц с различным уровнем гипоксической устойчивости.

Материал и методы исследований

Исследования проведены на группе молодых людей в возрасте 16-25 лет, постоянно занимающихся зимними видами спорта (лыжные гонки, горные лыжи, прыжки с трамплина). Все обследуемые при комнатной температуре выполняли стандартную велоэргометрическую нагрузку мощностью 150 В, темпом педалирования 60 об/мин, продолжительностью 1 мин. Во время нагрузки испытуемые дышали в замкнутое пространство в течение 1 мин (кислородная подушка объемом 3 собственных ЖЕЛ, без поглощения углекислого газа). До выполнения функциональной пробы и спустя 5 мин после нее у всех испытуемых проводили забор крови из локтевой вены. На аппарате фирмы «Beckman» сразу же анализировали содержания в венозной крови глюкозы, липопротеидов низкой плотности (ЛПНП), липопротеидов очень низкой плотности (ЛПОНП), липопротеидов высокой плотности (ЛПВП), триглицеридов и холестерина. Анализ содержания в мешке кислорода после функциональной пробы определяли на газоанализаторе фирмы ABL-330 «Radiometr» (Дания). Уровень гипоксической устойчивости определяли по методу А.Л.Максимова [1994]. Исследования проведены в Магадане в зимнее время (декабрь). Всего было обследовано 18 чел., из которых 15 являлись пришлыми уроженцами Северо-Востока

России, а остальные имели северный стаж более 2 лет. Материал обрабатывали обычными статистическими методами [Лакин, 1990].

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам функциональной пробы выявлено, что 12 чел. имели высокий уровень гипоксической устойчивости и 6 - низкий. Биохимические исследования венозной крови показали, что в состоянии покоя лица с высокой гипоксической устойчивостью достоверно не отличались от лиц с низкой гипоксической устойчивостью по содержанию в ней глюкозы (табл. 1). Однако наблюдалась тенденция к повышению ее содержания в группе лиц с повышенной гипоксической устойчивостью. Аналогичная картина наблюдается и после выполнения велоэргометрической нагрузки с ререспирацией. Из представленных данных видно (табл. 2), что после выполнения функциональной пробы в группе высокоустойчивых лиц уровень глюкозы в венозной крови увеличился на $0,72 \pm 0,04$ ммоль/л, в то время как в группе низкоустойчивых - на $0,53 \pm 0,01$ ($p < 0,01$).

В содержании липопротеидов низкой и очень низкой плотности выявляется несколько иная картина. В состоянии покоя наблюдается тенденция к повышению обеих этих фракций в группе низкоустойчивых лиц. После выполнения функциональной пробы в группе высокоустойчивых лиц их уровень несколько повысился, в то время как в группе низкоустойчивых понизился (см. табл. 1). Анализ сдвигов абсолютных значений этих фракций после выполнения функциональной пробы показал (см. табл. 2), что в группе высокоустойчивых лиц, по сравнению с низкоустойчивыми, произошло достоверное повышение содержания в венозной крови как ЛПНП ($p < 0,05$), так и ЛПОНП ($p < 0,001$). Не выявлено достоверных различий между лицами двух групп по содержанию в крови ЛПВП как в состоянии покоя,



Александр Яковлевич Соколов - заведующий лабораторией, д.б.н., Людмила Ивановна Гречкина - с.н.с.



Таблица 1

Содержание глюкозы и липидов в венозной крови у испытуемых с различным уровнем гипоксической устойчивости в покое и после велоэргометрической нагрузки, ммоль/л

Биохимический показатель	Лица высокоустойчивые, n = 12		Лица низкоустойчивые, n = 6		p1-3	p1-2	p2-4	p3-4
	до нагрузки	после нагрузки	до нагрузки	после нагрузки				
Глюкоза	4,45 ± 0,17	5,17 ± 0,21	4,20 ± 0,20	4,73 ± 0,19	> 0,05	> 0,05	> 0,05	< 0,05
ЛПНП	3,80 ± 0,23	3,83 ± 0,21	4,19 ± 0,32	4,05 ± 0,55	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05
ЛПОНП	0,32 ± 0,04	0,34 ± 0,05	0,36 ± 0,04	0,32 ± 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05
ЛПВП	0,97 ± 0,07	1,11 ± 0,06	1,06 ± 0,06	1,18 ± 0,10	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05
Триглицериды	0,70 ± 0,09	0,71 ± 0,11	0,70 ± 0,08	0,65 ± 0,07	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05
Холестерин	5,14 ± 0,22	5,31 ± 0,35	5,60 ± 0,35	5,59 ± 0,52	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05

так и после выполнения функциональной пробы (см. табл. 1,2).

В состоянии покоя не наблюдалось достоверных различий по содержанию в венозной крови триглицеридов между лицами двух групп. После выполнения функциональной пробы их уровень практически не изменился в группе высокоустойчивых лиц и понизился в группе низкоустойчивых (см. табл. 1,2). Различия в абсолютных сдвигах этого показателя между лицами двух групп статистически достоверные ($p < 0,05$).

По содержанию холестерина в венозной крови в состоянии покоя достоверных различий между лицами двух групп не выявлено, однако наблюдается тенденция к повышению его уровня в группе низкоустойчивых лиц. После выполнения функциональной пробы между лицами двух групп наблюдаются достоверные различия в изменении этого показателя: у высокоустойчивых лиц он повышается, в то время как у низкоустойчивых понижается ($p < 0,001$, см. табл. 1,2).

Таким образом, наши исследования выявили существенные различия в углеводном и липидном обмене у лиц с различной гипоксической устойчивостью. Установлено, что после выполнения велоэргометрической нагрузки с респирацией у лиц с высокой устойчивостью по сравнению с лицами с низкой устойчивостью на достоверно большую величину увеличивается содержа-

ние в венозной крови глюкозы. Известно, что при выполнении срочной физической работы происходит активация симпато-адреналовой и гипофизарно-адренкортикальной систем, а также выброс глюкагона в кровь. Глюкокортикоиды и глюкагон стимулируют распад гликогена в печени и мышцах до глюкозы, которая поступает в кровь и активно используется работающими мышцами. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что лица, обладающие повышенной гипоксической устойчивостью, имеют более мощные механизмы активации углеводного обмена при выполнении срочной физической работы с респирацией.

Значительные различия между лицами с высокой и низкой гипоксической устойчивостью наблюдаются в использовании в качестве энергетического субстрата липидов крови. Главным источником энергии для мышц как в состоянии покоя, так и в восстановительный период является окисление свободных жирных кислот. Нашими исследованиями установлено, что после выполнения велоэргометрической нагрузки с респирацией у лиц с высокой гипоксической устойчивостью содержание в венозной крови ЛПНП и ЛПНОП, а также триглицеридов несколько увеличивается, в то время как у лиц с низкой гипоксической устойчивостью понижается. Активация симпато-адреналовой системы при выполнении срочной физической работы сопро-

вождается повышением в крови уровня катехоламинов, которые ускоряют липолиз в жировых депо и стимулируют окисление свободных жирных кислот в мышцах. Понижение уровня содержания в венозной крови липопротеидов, осуществляющих транспорт нейтральных жиров в ткани, а также триглицеридов у лиц с низкой гипоксической устойчивостью, свидетельствует, что у них в процессе выполнения срочной физической работы с респирацией и в восстановительный период для энергообеспечения организма в большей степени используются липиды и, в первую очередь, в метаболизме мышц. Это подтверждается тем, что лица с пониженной гипоксической устойчивостью, по сравнению с высокоустойчивыми, при выполнении функциональной пробы затрачивали энергии больше на 30-40% [Максимов, 1994].

Было установлено [Максимов, Бартош, 1995], что после функциональной пробы лица с повышенной гипоксической устойчивостью, по сравнению с лицами с пониженной устойчивостью, имели более высокий уровень в крови гормонов, занимающих ключевые позиции в регуляции углеводного обмена (инсулин, кортизол). У лиц с низкой гипоксической устойчивостью было выше содержание в крови гормонов, играющих существенную роль в регуляции жирового и белкового обмена (трийодтиронин, половые гормоны). Это полностью согласуется с полученными нами данными по преимущественному использованию углеводов и липидов у лиц с различным уровнем гипоксической устойчивости.

Из ряда работ [Якименко, 1982; Иванов, 1990] известно, что преимущественное вовлечение свободных жирных кислот в метаболические процессы сопровождается снижением коэффициента полезного действия мышечной деятельности. Свободные жирные кислоты обладают

Таблица 2

Изменение содержания в венозной крови у испытуемых глюкозы и липидов после велоэргометрической нагрузки, ммоль/л

Биохимический показатель	Лица высокоустойчивые	Лица низкоустойчивые	p
Глюкоза	0,72 ± 0,04	0,53 ± 0,01	< 0,001
ЛПНП	0,03 ± 0,02	-0,14 ± 0,23	< 0,05
ЛПОНП	0,02 ± 0,01	-0,04 ± 0,005	< 0,001
ЛПВП	0,14 ± 0,02	0,12 ± 0,02	> 0,05
Триглицериды	0,01 ± 0,02	-0,05 ± 0,015	< 0,05
Холестерин	0,17 ± 0,05	-0,05 ± 0,02	< 0,001



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 двуокси 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.