

TARTU RIIKLIKU ÜLIKOOLI
TOIMETISED

УЧЕННЫЕ ЗАПИСКИ

ТАРТУСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

ACTA ET COMMENTATIONES UNIVERSITATIS TARTUENSIS

773

КАТЕХОЛАМИНЫ
И КОРТИКОСТЕРОИДЫ ПРИ
МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Эндокринные механизмы приспособления
организма к мышечной деятельности

TARTU RIIKLIKU ÜLIKOOLI TOIMETISED
УЧЕННЫЕ ЗАПИСКИ
ТАРТУСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
ACTA ET COMMENTATIONES UNIVERSITATIS TARTUENSIS
ALUSTATUD 1893.a. VIHK 773 ВЫПУСК ОСНОВАНЫ В 1893.г

КАТЕХОЛАМИНЫ И КОРТИКОСТЕРОИДЫ ПРИ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

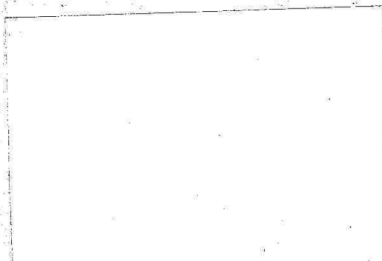
Эндокринные механизмы приспособления
организма к мышечной деятельности

ТАРТУ 1987

Редакционная коллегия:

А.А. Виру, Н.Н. Яковлев, П.К. Кырге, Т.П. Сээне,
Т.А. Матсин.

Ответственный редактор Т.П. Сээне.



СОДЕРЖАНИЕ И СИНТЕЗ КАТЕХОЛАМИНОВ В НАДПОЧЕЧНИКАХ КРЫС ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ МЫШЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Ф.Г. Ситдиков, А.С. Чинкин, С.С. Чинкин
Кафедра физиологии Казанского
педагогического института

В опытах на белых крысах показано, что с повышением мышечной активности содержание адреналина (А) и норадреналина (НА) в надпочечниках и скорость их биосинтеза увеличиваются. Однократная мышечная нагрузка различной длительности также приводит к увеличению интенсивности синтеза катехоламинов (КА). При предельной по длительности физической нагрузке содержание КА в надпочечниках снижается. Особенно интенсивно это происходит у "перетренированных" животных. У животных, подвергавшихся гипокинезии, нарушается способность к мобилизации НА при физической нагрузке.

Ключевые слова: мышечная активность, катехоламины, адреналин, норадреналин, биосинтез.

Мышечная деятельность сопровождается освобождением КА из надпочечников и выделением их в кровь /1, 3/. Экскреция КА с мочой при этом повышается /2, 11/, а содержание их в надпочечниках уменьшается /1, 3, 8/.

Как влияет на уровень КА систематическое выполнение изолирующих мышечных нагрузок? Не происходит ли при этом прогрессирующее снижение запасов КА в надпочечниках? Какими темпами осуществляется их биосинтез? Имеющиеся литературные данные не позволяют ответить на эти вопросы с достаточной определенностью. Недостаточно изучен вопрос о влиянии на обмен КА в надпочечниках и ограничения мышечной активности.

Настоящее исследование имеет своей задачей изучить влияние различных режимов мышечной активности на содержание и некоторые показатели обмена КА в надпочечниках в покое и при различных по длительности мышечных нагрузках.

Методика исследований

Взрослые белые крысы с массой тела 200-300 г были разделены на 4 группы. I-ю группу - контрольную - содержали в обычных клетках без ограничения двигательной активности. 2-я группа - "тренированная" - находилась в тех же условиях, что и первая, но подвергалась физическим нагрузкам (плавание) пять раз в неделю по одному часу в течение 2,5-3 мес. с грузом 5-7% от массы животного. 3-я группа - "перетренированная" - в первые 2-2,5 мес. получала такие же физические нагрузки, что и вторая, но затем в течение 3 нед. длительность ежедневного плавания была доведена до 4-5 часов, а отягощение - до 7,5-10% от массы животного. Такой режим тренировок значительно снижал массу тела животных и их работоспособность.

4-ю группу - "гипокинетическую" - в течение 30-45 суток содержали в индивидуальных клетках-пеналах, резко ограничивающих их двигательную активность.

После истечения сроков тренировок и гипокинезии у части животных из каждой группы в условиях мышечного покоя, у другой части - тотчас после относительного кратковременного (1 час), длительного (8 час) и предельного по длительности плавания флюориметрическим методом /4, 10/ определяли суммарное содержание КА в обоих надпочечниках и концентрацию их в крови. Чувствительность флюориметра - 15 делений на 1 нг А и 7 делений на 1 нг НА. При тестировании плавание в течение одного часа проводили с отягощением 5% от массы тела животного, восьмичасовое плавание - с отягощением 2-3% или без него, а предельное плавание - с отягощением 5% (контрольные и гипокинетические), 5-7,5% ("перетренированные") и 7,5-10% ("тренированные").

Для изучения скорости синтеза КА некоторым животным из каждой группы за 2 часа до забоя внутрибрюшинно вводили ³H-тирозин и радиоактивность меченых КА в надпочечниках измеряли на сцинтилляционном счетчике, предварительно доведя исследуемый материал до стадии эльвата по вышеуказанной методике /10/. Часть животных из каждой группы после введения метки подвергали двухчасовой плавательной нагрузке с отягощением 2-3% или восьмичасовому плаванию.

Результаты исследования

Исследования показали, что с ростом мышечной активности содержание А в надпочечниках заметно повышается (табл. I), что тесно связано с увеличением массы надпочечников ($r = + 0,750$). Так, если последняя после гипокинезии составляет в среднем лишь $34,4 \pm 2,17$ мг, то у "перетренированных" достигает $61,0 \pm 3,3$ мг ($p < 0,001$). Поэтому межгрупповые различия по содержанию А на единицу массы (r) надпочечников незначительны.

Содержание НА в надпочечниках с увеличением мышечной активности тоже повышается. Однако это связано не только с гипертрофией органа, но, очевидно, и с увеличением в нем плотности НА-содержащих структур. Так, наименьшее количество НА в пересчете на единицу массы надпочечников у животных с гипокинезией составляет $149,9 \pm 19,3$ мкг, у контрольных — $256,72 \pm 35,7$ мкг, у "тренированных" — $386,1 \pm 48$ мкг. Чрезмерное повышение мышечной активности не сопровождается дальнейшим увеличением содержания НА, отнесенного на 1 г массы надпочечников.

В результате плавания в течение часа содержание КА в ткани надпочечников у контрольных животных не изменяется, а у "перетренированных" заметно снижается, особенно А ($p < 0,05$).

Выполнение предельной по длительности мышечной нагрузки сопровождается значительным снижением содержания КА в надпочечниках. Так, у плававших до изнеможения животных 1-й, 2-й и 3-й групп его количество не превышает в среднем $40,6 - 51,6$ мкг, то есть на $54,6 - 61,5\%$ меньше, чем у животных, не выполнявших перед забоем мышечной нагрузки ($p = 0,001$). Более высокое содержание А было выявлено у животных, подвергавшихся гипокинезии — $60 - 61 \pm 6,31$ мкг, что по существу не отличается от показателей в покое ($p < 0,05$).

Содержание НА в надпочечниках животных первых трех групп после предельной мышечной нагрузки тоже несколько ниже (на $26 - 38\%$), чем в условиях покоя ($p = 0,05 - < 0,05$), а у животных, подвергавшихся гипокинезии, различие не обнаружено. Если разницу в содержании КА в надпочечниках соответствующих групп животных, забитых в условиях покоя и после предельной мышечной нагрузки, соотносить к длительности последней, то выявляется, что в единицу времени наибольшее количество КА

"исчезает" из надпочечников у "перетренированных" животных, а наименьшее — у гипокинетических. У контрольных и "тренированных" животных показатели примерно равны и значительно ниже, чем у "перетренированных".

Наибольшая скорость синтеза КА в надпочечниках также выявлена у "перетренированных" животных (табл. 2). В целом у животных, двигательная активность которых была искусственно изменена, синтез КА осуществляется интенсивнее, чем у контрольных. Между весом надпочечников и скоростью синтеза КА имеется высокая степень положительной корреляции ($r = +0,794$). Под влиянием двухчасового плавания биосинтез КА увеличивается более чем в 2 раза ($p < 0,02$). Значительное усиление синтеза по сравнению с уровнем покоя наблюдается и в последнюю четверть восьмичасового плавания.

Исследования по изучению КА в крови показали, что в условиях покоя с увеличением мышечной активности содержание А снижается. Такой же характер изменений наблюдается и в отношении концентрации НА, однако, межгрупповые различия достоверного значения не достигают ($p > 0,05$). При чрезмерном повышении мышечной активности концентрация А увеличивается, а НА остается без изменений (сравнительно с показателями "тренированных" животных).

При плавании в течение I часа заметное повышение концентрации КА выявляется лишь у "перетренированных" животных. У животных, подвергавшихся гипокинезии, резко снижается уровень НА ($p < 0,001$).

Предельная по длительности мышечная нагрузка сопровождается увеличением концентрации А при всех уровнях мышечной активности. Особенно резкое увеличение (в 5 раз) отмечается у "тренированных" животных. У гипокинетических животных увеличение составляет всего 52,5% ($p < 0,05$). Между тем концентрация НА повышается лишь у "тренированных" животных. В "перетренированной" группе наблюдается некоторая тенденция к повышению этого показателя, а в контрольной — к понижению. У животных, подвергавшихся гипокинезии, НА в крови не обнаружен.

Обсуждение результатов

Вопрос о влиянии систематически выполняемых истощающих физических нагрузок на уровень КА в надпочечниках и крови оставался недостаточно ясным. По мнению некоторых авторов, биосинтез КА — процесс длительный и в течение недели в надпочечниках обновляется лишь половина имеющихся запасов /13/. При физическом утомлении скорость образования КА еще больше замедляется с постепенной нормализацией процесса лишь на вторые (НА) — седьмые (А) сутки /8, 9/. Отсюда, казалось бы, следует, что систематическое выполнение истощающих физических нагрузок должно сопровождаться все большим уменьшением КА в надпочечниках. Вместе с тем имеются данные, что даже при значительном и длительном повышении активности симпатoadrenalовой системы признаки ее истощения и угнетения не выявляются /6/. С этим согласуются и факты, полученные в настоящем исследовании. Так, у животных, доведенных систематическим выполнением истощающих физических нагрузок до состояния "перетренированности", А и НА в надпочечниках содержится в значительно большем количестве, чем у животных других групп. У них обнаруживается несколько более высокая скорость биосинтеза КА как в условиях покоя, так и во время двух- и восьмичасового плавания. Важно также отметить, что независимо от принадлежности к той или иной группе показатели наиболее интенсивного синтеза КА наблюдаются у тех животных, которые при выполнении заданных нагрузок достигают наибольшей степени утомления и с трудом завершают плавание даже после снятия отягощений. Эти данные дают основание считать, что биосинтез КА в надпочечниках — процесс достаточно интенсивный и под влиянием как острого, так и хронического утомления он не только не подавляется, а, наоборот, усиливается.

При кратковременной мышечной работе между темпами биосинтеза и высвобождения КА, по-видимому, поддерживается относительное равновесие, и изменения в содержании КА в надпочечниках отсутствуют (например, после часового плавания у контрольных животных). Однако в случае длительной и достаточно интенсивной работы, несмотря на значительное возрастание скорости биосинтеза КА, это равновесие нарушается. Было показано, что с удлинением дистанции в лыжных гонках (от 15 до 50 км) и ухудшением погодных условий у спортсменов увеличивается не только время прохождения дистанции, но и количе-

ство КА, выделяющихся с мочой в единицу времени /II/. Значительно повышается при предельной работе (за исключением животных, подвергавшихся гипокинезии) концентрация КА и в крови. Следовательно, с увеличением длительности работы ее продолжение сопровождается все большим напряжением симпатoadrenalовой системы. Содержание КА в надпочечниках при этом снижается, что, однако, является не результатом угнетения синтеза, а следствием чрезмерно повышенного расходования. Последнее особенно характерно для "перетренированных" животных, у которых даже относительно кратковременная мышечная нагрузка приводит к увеличению уровня КА в крови и уменьшению в надпочечниках, хотя биосинтез их осуществляется не менее интенсивно, чем у других групп животных. Со значительно большей скоростью снижается у них содержание КА и при предельной работе. Такая неэкономность в использовании КА вызвана, очевидно, снижением реакции органов и систем, в частности сердечно-сосудистой системы, к их действию. Так, в опытах с введением различных доз А было получено, что при чрезмерном повышении мышечной активности показатели адренореактивности /7/ артериального давления резко понижены /12/. Наименьшая чувствительность к НА наблюдается также у "перетренированных" животных. У "тренированных" крыс эффективность влияния КА на артериальное давление значительно выше, что обеспечивает, по-видимому, экономный расход имеющихся и вновь синтезированных аминов, и на протяжении длительной мышечной работы сохраняется их относительно высокий уровень в крови и надпочечниках. У гипокинетических животных при мышечной работе резко снижена способность к мобилизации КА, особенно НА, что, очевидно, свидетельствует о значительном снижении при ограничении мышечной активности функциональных возможностей симпатoadrenalовой системы вообще и медиаторного ее звена в особенности. Если судить по содержанию НА в крови, то такая тенденция присуща и контрольным животным. Увеличение концентрации НА в крови при напряженной мышечной работе есть, по-видимому, признак тренированности и является показателем повышения функциональных возможностей симпатoadrenalовой системы /5/.

Таблица I

Суммарное содержание КА в обоих надпочечниках крыс в условиях покоя и после мышечной нагрузки

Группы животных	КА	В покое		Плавание I час		Предельное плавание			
		п	содержание (мкг)	п	содержание (мкг)	п	содержание (мкг)	длительность плавания (мин)	уменьшение содержания КА за I мин работы (мкг)
I-я	A	18	89,32±6,79	6	88,41±2,58	7	40,57±5,57 ²	313±49,7	0,156
	HA		12,35±1,31		10,06±2,11		9,15±1,71		0,010
2-я	A	11	114,62±6,56 ^I	-	-	10	46,1±8,39 ²	475±49 ^I	0,145
	HA		20,13±3,11 ^I				12,62±1,9		0,015
3-я	A	10	133,28±4,52 ^I	4	78,04±18,75 ²	5	51,63±4,94 ²	125±35,3 ^I	0,661
	HA		22,08±4,18 ^I		18,18±4,02		16,24±4,29		0,047
4-я	A	8	68,0±7,56 ^I	-	-	5	60,61±6,32	77±19 ^I	0,096
	HA		6,16±0,84 ^I				5,41±0,41		0

I - разница с контролем, 2 - разница со средним показателем соответствующей группы статистически достоверны ($p < 0,05$).

Таблица 2

Радиоактивность меченых катехоламинов в надпочечниках крыс в покое и при физических нагрузках (импульсов в мин. суммарно на обе железы)

Группы животных	В условиях покоя (за 2 часа)	Во время 2-часового плавания	В последние 2 часа 8-часового плавания
I-я	9975 \pm 628,5 n = 4	34178 \pm 4931,5 ^I n = 4	39921 \pm 5495,5 ^I n = 4
2-я	18428 \pm 4501 n = 4	36435 \pm 6755 ^I n = 4	41671 \pm 4658,5 ^I n = 4
3-я	28280 \pm 6401,5 ² n = 4	45535 \pm 4368 ^I n = 4	49280 \pm 6223 ^I n = 4
4-я	16607 \pm 836,6 n = 4	42665 \pm 7014 ^I n = 4	-
M \pm	18322 \pm 2590 n = 16	36690 \pm 3087 ^I n = 16	43631 \pm 4599 ^I n = 12

I - разница с показателем покоя, 2 - разница с контролем статистически достоверны ($p < 0,05$).

Примечание: для 4-й группы 8-часовое плавание оказалось непосильным.

Использованная литература

1. Андреев С.В., Кобкова И.Д. Роль катехоламинов в здоровом и больном организме. - М.: Медицина, 1970. - 296 с.
2. Галимов С.Д. Экскреция метоксипроизводных катехоламинов у человека при физических нагрузках // Лаб. дело, 1978. - № 4. - С. 237-240.
3. Горохов А.Л. Влияние мышечной деятельности на содержание катехоламинов в тканях нетренированных и тренированных белых крыс // Физиол. ж. СССР. - 1969. - Т. 55, № II. - С. 1411-1415.
4. Есиков Д.А. Флуориметр для определения катехоламинов в крови // Методы исследования некоторых гормонов и медиаторов. - М., 1965, - С. 100-105.
5. Кассиль Г.Н. Некоторые общие закономерности реагирования симпатoadренальной системы при адаптации организма к физическим нагрузкам // Нервно-эндокринные механизмы стресса. - Кишинев, 1980. - С. 122-135.
6. Колесов Д.В. К вопросу о механизмах, обуславливающих функциональную активность симпатoadренальной системы // Биогенные амины / Тр. I-го МОЛМИ им. Сеченова. - 1967. - Т. 52. - С. 48-51.
7. Манухин Б.Н. Физиология адренорецепторов. - М., 1968.
8. Малышева В.А. Некоторые особенности обмена и синтеза катехоламинов при мышечной деятельности: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. - М., 1973.
9. Матлина Э.Ш., Вайсман С.М., Быховская К.М., Механизмы нарушения синтеза катехоламинов в надпочечниках крыс при физическом утомлении // Бюлл. exper. биол. - 1975. - Т. 79, № 5, - С. 34-36.
10. Меньшиков В.В. Методы клинической биохимии гормонов и медиаторов: Учеб. пособие. 3-е изд. - М.: I-й Моск. мед. ин-т, 1974. - С. 160.
11. Чинкин А.С., Сунгатуллин З.З., Тимеров Н.С. Экскреция катехоламинов с мочой у лыжников в условиях соревнований // Актуальные вопросы теории и методики физического воспитания школьников. - Казань, 1977. - С. 126-128.

12. Чинкин А.С., Чинкин С.С. Реакция артериального давления на катехоламины и ацетилхолин при различных уровнях мышечной активности // Механизмы адаптации сердца к физическим и умственным нагрузкам. - Казань, 1982. - С. 118-124.

CATECHOLAMINE CONTENT AND SYNTHESIS IN ADRENALS OF RATS
ON VARIOUS LEVELS OF MUSCULAR ACTIVITY

F. Sitdikov, A. Chinkin, S. Chinkin

S u m m a r y

In albino rats increased muscular activity caused an elevated adrenaline and noradrenaline content and an increased rate of their biosynthesis in adrenals. Intense exercise also led to an increased rate of catecholamine synthesis. After exercises of extreme duration the catecholamine synthesis was suppressed.

СОСТОЯНИЕ АДАПТИВНЫХ (СИМПАТОАДРЕНАЛОВОЙ И
ГИПОТАЛАМО-ГИПОФИЗАРНО-АДРЕНКОРТИКАЛЬНОЙ)
СИСТЕМ ПРИ СУТОЧНОМ БЕГЕ (СВЕРХМАРАФОН)

Г.Л. Шрейберг, С.Д. Галимов, Н.Н. Шаров, М.С. Попов
Отдел биохимии и спорта Всесоюзного НИИ
физической культуры, Москва

В динамике суточного бега обследовано 5 квалифицированных спортсменов. Изучались изменения выделения с мочой катехоламинов, кортикостероидов, их предшественников в биосинтезе и продуктов превращения. Установлены фазовые изменения функционирования симпатoadреналовой и гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной систем, которые были различными в зависимости от функциональных возможностей обследуемых (их спортивной формы). Выявлена положительная корреляционная взаимосвязь между выделением глюкокортикоидов группы кортизола и норадреналина у сверхмарафонцев, бежавших со средней дистанционной скоростью 2,6-3,2 м/сек (хорошая спортивная форма) и отрицательная - у бежавших со средней скоростью 1,8-2,1 м/сек (плохая форма).

Для выяснения механизмов регуляции функций организма при длительном беге большое значение имеет изучение изменений функций адаптивных систем на разных этапах бега. В этих целях были изучены изменения функций симпатoadреналовой (САС) и гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной (ГТАК) систем в динамике, на всем протяжении дистанции суточного пробега, проводившегося Московским городским Советом любителей бега при Федерации легкой атлетики.

Ранее проведенными исследованиями /6-10/ было показано, что определение выделения с мочой катехоламинов - гормонов и медиаторов симпатoadреналовой системы (САС) - адреналина (А), норадреналина (НА), дофамина (ДА) и их предшественника (ДОФА), и кортикостероидов - гормонов гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной системы (ГТАК) - кортизола (Р) и обратимого продукта его превращения кортизона (Е),

предшественника кортизола в биосинтезе - II-окси-I7-дезоксикортикостерона (соединения S), кортикостерона (B), его предшественников ДОК, соединения А, а также тетрагидропроизводных метаболитов кортикостероидов с учетом коэффициента "предшественник: гормон" ($\Sigma S/\Sigma F$), является информативным для оценки функционального состояния этих систем. Такие данные были получены нами ранее при изучении ряда циклических видов спорта (плавания, гладкого бега на спринтерских и стайерских дистанциях, лыжных гонок, академической гребли), а также десятиборья, классической борьбы, пулевой и стендовой стрельбы и др.

Исследований, посвященных изучению изменений функций САС и ГТАК системы при длительном, сверхмарафонском, суточном беге, в литературе нами не обнаружено. Вместе с тем такие исследования могут дать известные представления о взаимосвязи изменения функции этих систем и спортивной работоспособности в таких условиях.

Материал и методы

Нами были обследованы в динамике суточного пробега 5 квалифицированных спортсменов, являвшихся участниками Первого Московского суточного пробега. Все они неоднократно участвовали в сверхмарафонских, в том числе и звездных пробегах. Двое из них в суточном пробеге участвовали впервые. В зависимости от функциональных возможностей спортсмены были разбиты на 2 группы. В первую вошли спортсмены, которые бежали со средней дистанционной скоростью 2,6-3,2 м/сек, во вторую - менее 2,1 м/сек. Последние пробежали меньшее количество километров и довольно длительное время отдыхали (в основном в ночные часы). Один из бегунов сошел с дистанции, пробежав 105 км.

Исследовались 5-II порций мочи, собранных во время кратковременных остановок спортсменов. В каждой порции мочи определяли содержание катехоламинов и их предшественников (флюориметрическим методом, разработанным в лаборатории), кортикостероидов, их предшественников в биосинтезе и продуктов превращения - разработанным нами методом тонкослойной хроматографии с последующей прямой денситометрией в проходящем свете /2, 6/.

Результаты исследования и их обсуждение

Детальный анализ полученных результатов показал, что изменения функции САС и ГТАК системы различны в зависимости от функциональных возможностей обследуемых (табл. I).

У спортсменов первой группы к 3 часу бега экскреция кортикостероидов и их предшественников почти не отличалась от исходной, к 5-6 часам бега значительно, в 2-3 раза увеличилась экскреция всех кортикостероидов и их предшественников, причем коэффициент $\Sigma s/\Sigma F$ возрос на 60%. Функция САС к 3 ч 30 мин бега была активирована, а к 5-6 часам бега на этом фоне было выявлено дальнейшее увеличение экскреции ДА и некоторое уменьшение выделения ДОФА. Ночью, к 24 часам (10 часов бега), у спортсменов этой группы функциональное состояние ГТАК системы почти не отличалось от фонового, выделение предшественников кортизола группы 3 и 17-дезоксикортикостероидо (17-ДОКС) было даже выше фона, а коэффициент $\Sigma s/\Sigma F$ значительно возрос, что свидетельствовало о повышении резервных возможностей ГТАК системы. Наступило также резкое увеличение выделения А (в 7,7 раза), НА (в 4,9 раза) и ДА (в 3,3 раза) при неизменном выделении из предшественника - ДОФА. Через 15-16 часов бега, к 5-6 часам утра, экскреция кортикостероидов у них уменьшилась и стала ниже исходной. При этом коэффициент $\Sigma s/\Sigma F$ оставался несколько ниже исходного уровня. Эти изменения могут быть связаны со сдвигом суточной ритмики функции ГТАК системы, в которой обычно в ночной период наступало снижение экскреции кортикоидов при высоком коэффициенте $\Sigma s/\Sigma F$. Экскреция А и НА к этому периоду также снизилась до исходного уровня, что характерно для ночных часов.

У спортсменов второй группы в 3 ч 30 мин бега было выявлено выраженное (в 6-7 раз) уменьшение выделения всех кортикостероидов; к 5-6 часам бега наступило еще большее (в 8-9 раз) снижение выделения глюкокортикоидов и их предшественников в биосинтезе, а также суммарного выделения кортикостероидов (в 7 раз), при увеличении более чем в 3 раза - коэффициента "предшественник: гормон". Это говорило о резком торможении (а не истощении) функции системы ГТАК. Функция САС к 3 ч 30 мин бега была активирована. К 5-6 часам бега выявлено также увеличение выделения ДОФА. К 10 ча-

Таблица I

Влияние суточного бега (сверхмарафон) на экскрецию катехоламинов и кортикостероидов на различных временных этапах бега

Период обсле- дова- ния (часы бега)	Показатели		Катехоламины и ДОФА (нг/мин)				Кортикостероиды (мкг/мин)			
	A	HA	ДА	ДОФА	I7-окс	I7-ДОКС				
	I-я группа (хорошая спортивная форма) Бег со скоростью 2,6-3,2 м/сек									
ФОН	2,1	9,5	147	8,4	1,01	0,34	1,35	0,73	2,08	0,32
3 ч 30 мин	8,8	27,5	330	11,1	1,03	0,31	1,34	0,93	2,27	0,39
5-6 часов	13,1	20,0	357	5,3	2,48	1,11	3,59	2,53	6,12	0,51
10 часов	16,2	46,6	495	7,8	0,96	0,55	1,51	1,14	2,64	0,57
15-16 часов	2,9	8,1	182	11,2	0,79	0,29	1,13	0,51	1,64	0,43
20 часов	3,9	10,0	183	7,7	0,79	0,33	0,91	0,49	1,40	0,53
24 часа	6,7	13,6	325	7,9	1,12	0,53	1,63	0,91	2,54	0,45
<u>2-я группа (плохая спортивная форма). Бег со скоростью менее 2,1 м/сек</u>										
ФОН	5,5	13,0	397	5,0	2,15	0,78	2,91	0,64	3,35	0,26
3 ч 30 мин	6,1	16,6	120,5	6,4	0,36	0,10	0,46	0,23	0,80	0,29
5-6 часов	11,3	25,6	495	9,0	0,26	0,09	0,36	0,22	0,58	0,83
10 часов	8,6	30,6	384	1,5	0,45	0,26	0,71	0,32	1,31	0,59
15-16 часов	7,5	16,5	315	-	0,39	0,04	0,47	0,26	0,79	0,30
20 часов	4,0	14,5	212	3,5	0,23	0,11	0,54	0,25	0,78	0,56
24 часа	9,6	14,3	446	16,1	0,72	0,21	1,01	0,94	1,95	0,51

сам бега (ночью, в 24 часа) экскреция кортикостероидов оставалась у спортсменов этой группы сниженной. Однако к 10 часам бега она была выше, чем при беге от 3-4 до 5-6 часов. В этот период функция САС, особенно медиаторного звена, еще более активизировалась, увеличилась экскреция НА за счет использования резервов системы (экскреция ДОФА уменьшилась в 3,3 раза). К 5-6 ч утра (через 15-16 часов бега) экскреция глюкокортикоидов группы кортизола (Σ_F) и суммарная экскреция кортикостероидов (Σ_K) снизились у них еще больше, причем выделение предшественников кортизола (Σ_S) уменьшилось очень резко и составляло всего 5,1% от исходного. Коэффициент Σ_S/Σ_F также снизился, однако оставался несколько выше фонового. Полученные данные говорят о резком торможении ГТАК системы с нарушением ее ритмики. Экскреция А и НА у этой группы спортсменов к 15-16 часам бега также несколько снизилась, но оставалась еще несколько выше исходной.

К 10-11 часам утра (20 часов бега) функция системы ГТАК у всех спортсменов в первой и второй групп еще более понижалась. Необходимо отметить, что при этом выделение предшественников кортизола (Σ_S) было мало снижено или даже повысилось по сравнению с 15-16-часовым бегом, в связи с чем коэффициент Σ_S/Σ_F возрос. Экскреция А и НА у спортсменов обеих групп в этот период бега почти не отличалась от исходной, однако, выделение их предшественников ДА и ДОФА во второй группе резко снизилось.

К концу 24-часового, суточного бега, к 14 часам дня, у спортсменов первой группы экскреция всех кортикостероидов повысилась и была уже выше исходного уровня, причем выделение предшественников кортизола (Σ_S) и коэффициент Σ_S/Σ_F были к этому времени также выше, чем в исходном состоянии. Во второй группе экскреция Σ_F , Σ_S , 17-ОКС и Σ_K оставались ниже исходного уровня. Экскреция 17 ДОКС и коэффициент Σ_S/Σ_F при этом были выше фонового. Экскреция А и НА у спортсменов первой группы к этому периоду была выше исходного уровня, а у спортсменов второй группы увеличена была только экскреция А и ДОФА. Полученные данные свидетельствуют о хороших резервных возможностях САС у всех спортсменов сверхмарафонцев к концу суточного бега.

Результаты проведенных исследований позволяют считать, что спортсмены первой группы, бежавшие со средней дистанционной скоростью 2,6-3,2 м/сек, находились в хорошей спортивной форме, а спортсмены второй группы, бежавшие со сред-

ней дистанционной скоростью менее 2,1 м/сек - в плохой. Это подтверждается также заключениями тренеров, основанными на данных предсоревновательной подготовки спортсменов. Так, спортсмены первой группы имели месячный объем тренировок от 500 до 1000 км, а второй - около 300 км. Спортсмены первой группы во время тренировок использовали отдельные многокилометровые длительные (до 12 часов) непрерывные забеги, в том числе и в ночные часы, а спортсмены второй группы в последние 2-3 месяца - лишь относительно кратковременные (до 4 часов) тренировки только в дневные часы.

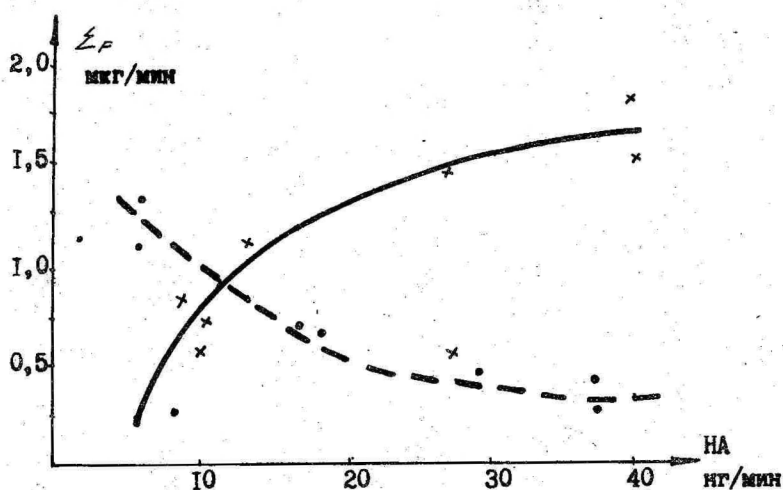


Рис. I. Взаимосвязь между выделением глюкокортикоидов группы гидрокортизона (ΣF) и норадреналина (НА) при суточном беге.

Обозначения: сплошная линия - хорошая спортивная форма, прерывистая линия - плохая форма.

Значительный интерес представляют полученные нами данные взаимосвязи двух показателей при суточном беге. У сверхмарафонцев была выявлена (рис. I) наиболее тесная взаимосвязь между экскрецией норадреналина и суммарным выделением глюкокортикоидов группы кортизола (ΣF). Необходимо отметить, что у спортсменов первой группы, находившихся в хорошей

спортивной форме, она была положительной, а второй (при плохой спортивной форме) — отрицательной.

Проведенные исследования выявили выраженные изменения функционального состояния адаптивных (симпатоадреналовой и гипоталамо-гипофизарно-адренокортикальной) систем на разных этапах сверхмарафона — длительного, двадцатичетырехчасового бега. Так, при суточном беге мы, наблюдали полифазный характер экскреции кортизола и других кортикостероидов.

Вместе с тем на разных этапах бега нами выявлены значительные различия в функционировании этих систем, зависящие, как было показано, от функциональных возможностей (спортивной формы) обследуемых в период соревнования.

Полученные данные свидетельствуют, что у квалифицированных спортсменов-сверхмарафонцев первой группы, находившихся в хорошей спортивной форме, бежавших со средней дистанционной скоростью от 2,6 до 3,2 м/сек, к 3 ч 30 мин не наблюдалось выраженных изменений выделения кортизола, его предшественников в биосинтезе и суммарной экскреции кортикостероидов, а у спортсменов второй группы, находившихся в плохой спортивной форме и бежавших со средней дистанционной скоростью менее 2,1 м/сек, их экскреция снизилась. При беге в течение 5–6 часов у сверхмарафонцев в хорошей форме резко, более чем в 2 раза, увеличилась экскреция кортикостероидов, что соответствует данным А.А. Виру и П.К. Кырге /1/. Ими также наблюдалось вторичное повышение адренокортикальной активности при мышечной работе в течение 4–8 часов. По нашим данным в более поздние часы (15–16 часов бега) экскреция кортикостероидов у спортсменов первой группы снижалась, что, очевидно, связано с торможением ГТАК системы на фоне сдвига ее суточного ритма. Торможение у этих спортсменов было снято к концу бега под влиянием дополнительного эмоционального фактора (финиширование), в связи с чем экскреция кортикостероидов к концу 24-часового бега возвращалась к исходному уровню и даже превышала его. У находившихся в плохой спортивной форме спортсменов второй группы низкий уровень экскреции кортикостероидов сохранялся до окончания бега. Можно полагать, что у них была иная мотивация — лишь бы добежать до финиша, — не дающая такого эмоционального настроя как стремление победить в соревнованиях. Поэтому торможение ГТАК системы полностью не было снято.

Исследования, выполненные в лаборатории спортивной эндокринологии в 1974–1980 гг., а также некоторые литературные

данные показывают, что весьма четко выявляется зависимость изменения содержания катехоламинов в крови и их экскреции с мочой от мощности работы /3, 4/. Результаты исследований показали, что у квалифицированных спортсменов-сверхмарафонцев первой группы в определенные периоды суточного бега наблюдается активация САС, причем на разных этапах бега значительно увеличивалось выделение как адреналина, так и норадреналина. Однако увеличение экскреции норадреналина при этом наступает не только у спортсменов первой группы, находившихся в хорошей спортивной форме, но и у спортсменов второй группы, находившихся в плохой форме. Так, в первой группе уже к 3 ч 30 мин бега было выявлено увеличение как экскреции адреналина (в 4 раза), так и норадреналина (в 3 раза). При беге 5-6 часов увеличивалась экскреция адреналина, в то время как выделение норадреналина оставалось на достигнутом ранее уровне. К 10 часам бега, несмотря на ночные часы, экскреция адреналина практически оставалась на уровне, достигнутом к 5-6 часам бега, а выделение норадреналина значительно увеличивалось как по сравнению с исходным уровнем (в 5 раз), так и с уровнем, достигнутым к 5-6 часам бега (более чем в 2 раза). В последующие часы происходило постепенное уменьшение экскреции катехоламинов, однако в конце суточного пробега она была выше исходных величин. Надо отметить, что увеличение экскреции катехоламинов, особенно норадреналина, у сверхмарафонцев второй группы также было хорошо выражено. Оно было меньше, чем в первой группе, однако у этих спортсменов оно было значительно повышено начиная с 3,5 часа бега, а к 10 часам бега выше, чем в предшествующие отрезки времени.

Индивидуальные особенности высокой экскреции норадреналина, выявляемые обычно в предсоревновательном периоде и во время соревнований у наиболее квалифицированных спортсменов при успешных выступлениях (так называемый "норадреналиновый тип" регуляции функций) имеют благоприятное прогностическое значение. Полученные нами данные позволяют считать, что они имеют также большое значение для отбора спортсменов при работе циклического характера в умеренной зоне мощности, так как активация норадреналинового звена САС может свидетельствовать вне зависимости от спортивной формы в период обследования о том, что такой спортсмен при прочих равных условиях перспективен и при соответствующем подведении к высшей форме может добиться хороших результатов.

Проведенный анализ реагирования двух адаптивных систем выявил при суточном беге наиболее тесные взаимосвязи между экскрецией глюкокортикоидов группы кортизола(✓) и норадреналина (НА), причем у спортсменов, находившихся в хорошей форме, эти взаимосвязи были положительными, а в плохой - отрицательными. Полученные данные представляют, по нашему мнению, значительный интерес с точки зрения участия механизмов гуморально-гормональной регуляции в обеспечении спортивной работоспособности при длительных нагрузках циклического характера, требующих большой выносливости.

Использованная литература

1. Виру А.А., Кырге П.К. Гормоны и спортивная работоспособность. - М.: ВиС, 1983.
2. Белова Т.А., Шрейберг Г.Л., Энштейн М.И. // Денситометрическое определение кортикостероидов в ночи на тонком слое силикогеля // Лаб. дело. - 1968. - № 7. - С. 426.
3. Кассиль Г.Н., Вайсфельд И.А., Матлина Э.И., Шрейберг Г.Л. Гуморально-гормональные механизмы регуляции функций при спортивной деятельности. - М.: Наука, 1978.
4. Коробова А.А. Состояние симпатoadренальной системы и некоторых показателей обменных процессов в динамике тренировочного цикла у спортсменов // Лаб. дело. - 1977. - № 8. - 449 С.
5. Шаров Н.Н., Шрейберг Г.Л. Хроматографическое определение кортикостероидов с прямой денситометрии в проходящей системе в моче у спортсменов // Гуморально-гормональная регуляция энергетического метаболизма в спорте. - М., 1983. - С. 105.
6. Шрейберг Г.Л. Система гипоталамус-гипофиз-кора надпочечников при оценке спортивной работоспособности в зависимости от вида спорта // Гуморально-гормональная регуляция энергетического метаболизма в спорте. - М., 1983. - С. 16.
7. Шрейберг Г.Л., Шаров Н.Н., Мехрикадзе В.В. Система гипоталамус-кора надпочечников у бегунов на короткие дистанции. Гуморально-гормональные механизмы регуляции энергетического метаболизма в спорте. - М., 1983. - С. 108.

8. Шрейберг Г.Л., Шаров Н.Н. Система гипоталамус-гипофиз-кора надпочечников и прогнозирование функциональных возможностей спортсменов // Научные основы врачебного контроля в советской системе физического воспитания. - Киев, 1975. - С. 155.
9. Шрейберг Г.Л., Шаров Н.Н. Особенности функционального состояния системы гипоталамус-гипофиз-кора надпочечников при некоторых скоростно-силовых видах спорта // Физиологические и биохимические характеристики скоростно-силовых и сложно-координационных спортивных упражнений. - М., 1976. - С. 204.
10. Шрейберг Г.Л., Шаров Н.Н. Система гипоталамус-гипофиз-кора надпочечников и состояние тренированности спортсменов // Всемирный научный конгресс "Спорт в современном обществе". Тбилиси, июнь 1980. - М.: ФИС, 1980. - С. 200.

THE STATE OF ADAPTATION SYSTEMS DURING LONG-LASTING RUN

G. Sreiberg, S. Galimov, N. Sarov, M. Popov

S u m m a r y

The excretion of catecholamines, corticosteroids and their precursors in biosynthesis and catabolic products was observed in five highly qualified runners.

ИЗМЕНЕНИЯ НЕЙРОГУМОРАЛЬНОГО ГОМЕОСТАЗА У ЖИВОТНЫХ РАЗНОГО ВОЗРАСТА ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

С.А. Хорева, Т.Г. Моргалева, Г.П. Никирагина
Лаборатория биохимии НИИ биологии и биофизики
Томского государственного университета

На основании биохимического анализа артериальной крови, характеризующего нейрогуморальный гомеостаз, показано существенное различие в соотношении веществ эрготрофного и трофотрофного ряда между животными среднего и старшего возраста ко второй минуте бега на третбане. Рассматривая соотношение гормонов и медиаторов эрготрофного и трофотрофного рядов как системообразующий фактор нейрогуморальной системы, можно предполагать, что это соотношение позволяет прогнозировать степень устойчивости организма к экстремальному воздействию.

Ключевые слова: нейрогуморальный гомеостаз, функциональная система, эрготрофные и трофотрофные вещества, физическая нагрузка.

Проблема оценки индивидуальной устойчивости целого организма к действию экстремальных факторов является одной из актуальных в современной физиологии. Исходя из концепции о том, что в период максимального мышечного напряжения гормонально-метаболические изменения должны быть более всего выражены, нами изучалась динамика комплекса вещества эрготрофного и трофотрофного ряда непосредственно при выполнении животными физической нагрузки. Методика забора артериальной крови через фистулу, вживленную на брюшной аорте, позволила устранить очень важный недостаток в исследованиях по изучению нейрогуморального статуса организма, поскольку любое незначительное вмешательство в эксперимент стирало различия в картине крови.

Методика

Опыты проводили на животных двух возрастных групп 2-5-летнего (15 собак-самцов) и старше 8-9-летнего возраста (10 животных) в осенне-зимний период, в утреннее время суток. Собакам предварительно накладывали ангиостомическую фистулу на брюшную аорту. Через фистулу производили забор артериальной крови в любой удобный для эксперимента момент времени. В артериальной крови изучали уровень адреналина, норадреналина, дофамина, кортикотропина, II-оксикортикостероидов, серотонина - флуориметрически; глюкозы - ортотолуидиновым методом, ацетилхолина - биологическим тестированием; I¹²⁵-инсулина - с помощью радиоиммунологического набора (Венгрия), H³-цАМФ, H³-цГМФ - использовали также Ria Kit (фирмы Amersham). Измерение радиоактивности проводили на γ -счетчике (комбинат "Гамма", Венгрия), и на β -сцинтилляционном счетчике (Mark- Нидерланды). Физической нагрузкой служил бег на горизонтальной ленте тротуара со скоростью 3 м/сек в течение 20 мин.

Результаты опытов и их обсуждение

У собак среднего возраста (табл. I) на 2-й минуте бега отметили статистически достоверное повышение концентрации кортикотропина и тенденцию к повышению концентрации адреналина, норадреналина, дофамина, II-оксикортикостероидов и H³-цАМФ. В противоположность этому, в крови у старых животных к тому же времени все перечисленные показатели были, хотя и статистически недостоверно, но несколько ниже фоновых (табл. I), но зато совершенно достоверно возрастала концентрация цАМФ, ацетилхолина и инсулина. Кластерный анализ с помощью ЭВМ /8/ подтвердил наличие различий в характере изменения веществ эрготрофного ряда у животных различных возрастных групп (рис. I). Ведущим показателем среди этого класса веществ у 2-5-летних собак являлся кортикотропин. У старых собак с самого начала нагрузки наблюдалось превалирование холинергических процессов над адренергическими. Это сказалось не только в большем количественном выбросе ацетилхо-

Таблица I
Изменение показателей нейрогуморальной системы
собак разного возраста в начале нагрузки

Показатели артериальной крови		Возрастные группы			
		2-5-летние		8-9 лет и старше	
		фон	2-я минута бега	фон	2-я минута бега
Адреналин	М	5,79	7,19	11,29	9,48
н/моль/л	м	0,56	1,32	0,36	0,41
Норадреналин	М	8,56	9,46	9,80	7,24
нмоль/л	м	1,14	1,00	1,90	0,97
Дофамин	М	59,38	79,33	54,59	50,46
мкмоль/л	м	1,70	2,02	2,73	2,84
Кортикотро- пин, мкед/мл	М	15,20	50,20*	11,10	8,10
	м	0,70	1,60	1,00	1,02
II-оксикор- тикостерои- ды, мкмоль/л	М	0,25	0,24	0,15	0,16
	м	0,01	0,03	0,01	0,04
H ³ -цАМФ	М	3,03	4,49	2,88	4,59*
пмоль/л	м	0,42	0,38	0,32	0,96
H ³ -цГМФ	М	1,61	1,35	2,63	3,18
пмоль/л	м	0,22	0,10	0,46	0,73
цАМФ/цГМФ	М	1,89	3,32	1,09	1,44
	м	0,12	0,10	0,30	0,72
Глюкоза	М	3,89	3,92	3,83	3,01
ммоль/л	м	0,10	0,10	0,28	0,32
Ацетилхолин	М	71,60	154,4	98,30	231,8*
мкмоль/л	м	23,2	51,0	20,4	59,2
Инсулин-I ¹²⁵	М	16,98	15,10	17,05	28,8*
мкМЕ/мг	м	1,83	2,09	2,05	4,83
Серотонин	М	0,97	0,90	1,21	1,01
мкмоль/л	м	0,06	0,08	0,016	0,096

Обозначения: звездочками показано достоверное различие в
возрастных группах относительно фоновых цифр.

лина и инсулина в артериальное русло, но самое важное, в по-
вышении доли трофотрофных процессов над эрготрофными.

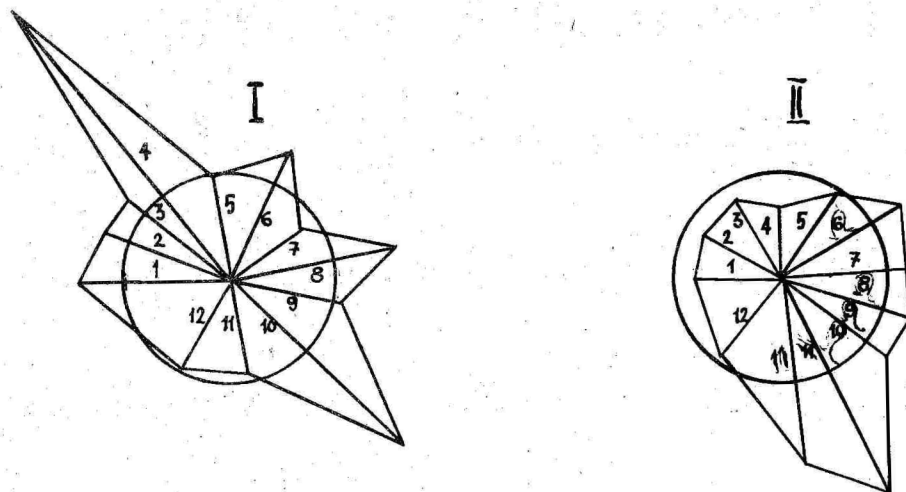


Рис. 1. Диаграммное изображение нейрогуморальных изменений показателей крови в начале нагрузки у собак 2-5-летнего возраста (I) и у собак старше 8-9 лет (II) относительно 100% нормы, принятой за радиус круга. Цифрами обозначены: I - адреналин, 2 - норадреналин, 3 - дофамин, 4 - кортикотропин, 5 - II-оксикортикостероиды, 6 - цАМФ, 7 - цГМФ, 8 - цАМФ/цГМФ, 9 - глюкоза, 10 - ацетилхолин, II - инсулин, 12 - серотонин.

Пребывание организма в условиях преобладания холинергических процессов над адренергическими резко увеличивало скорость развития утомления и нарушения гомеостатических систем. На основе полученных данных можно сказать, что именно соотношение веществ адренотрофного ряда к холинотрофным имеет более важное значение для регуляции нейрогуморального гомеостаза, чем абсолютные концентрации гормонов и медиаторов. И если принять это соотношение за системообразующий фактор, то становятся понятными условия течения метаболизма у работающего организма. Исходя из принципа экономного обеспечения того или иного приспособительного процесса, в дальнейшем, если рассматривать полученный материал с позиций теории функциональных систем П.К. Анохина /1/, нейрогуморальная система, благодаря интегративной функции гипоталамуса, должна выбрать путь приспособления к действию фактора очень быстро. Анализируя нейроэндокринные механизмы развития общего адаптационного синдрома, авторы /7/ подчеркивают значимую роль этой системы в выработке быстрого и точного ответа на действие экстремального фактора. Но нельзя не согласиться с мнением ведущих специалистов в области изучения регуляции эндокринных функций при мышечной деятельности /8, 3, 6/ о противоречиях и трудностях истолкования данных по изменению уровня гормонов и медиаторов в целях диагностики и прогнозирования состояния организма. Нейроэндокринная система как регуляторная функциональная система направлена на регуляцию динамики состояния эрготрофных и трофотрофных процессов. Преобладание последних /4, 5/ сразу снижает способность организма выполнять быстрые, но кратковременные нагрузки и ориентирует его на более длительные, но менее интенсивные нагрузки. В силу морфологической и функциональной особенности гипоталамуса, где наиболее полно отражаются процессы, развивающиеся как в высших нервных центрах, так и на периферии, в организме идет опережающий анализ и синтез, которые уже ко второй минуте нагрузки отражаются в картине крови.

Таким образом, нейрогуморальная функциональная система как одна из ведущих регуляторных, интегральных систем очень быстро и точно определяет программу действия организма при срочной адаптации. Используя системный подход для оценки состояния целого организма, можно с первых минут определить степень его устойчивости к действию экстремального фактора. Повышение в крови в течение первых двух минут веществ пре-

имущественно трофотрофного ряда является сигналом предостережения. Продолжение нагрузки может привести к нежелательным глубоким изменениям в метаболизме организма.

Использованная литература

1. Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы. - М.: Наука, 1980. - 196 с.
2. Венчиков А.И., Венчиков В.А. Основные приемы обработки результатов наблюдений в области физиологии. - М.: Медицина, 1947. - 153 с.
3. Виру А.А. Основные закономерности изменений концентраций гормонов в крови во время физических упражнений: Тез. докл. Всесоюзной науч. конф. - М., 1983.
4. Гельгорн Э., Луцборроу Дж. (Gelhorn E, Loofbourow G) Эмоции и эмоциональные расстройства. - М., Мир, 1966. - 672 с.
5. Кассиль Г.Н. Вегетативное регулирование гомеостаза внутренней среды // Физиология вегетативной нервной системы. - Л., Наука, 1981. - С. 536-595.
6. Основы физиологии функциональных систем / Под ред. К.В. Судакова. - М., Медицина, 1983. - 272 с.
7. Панин Л.Е. Биохимические механизмы стресса. - Новосибирск, Наука, Сибирское отделение, 1983. - 232 с.
8. Яковлев Н.Н. Изменения концентрации гормонов в крови при мышечной деятельности // Регуляция эндокринных функций и обмена веществ при мышечной деятельности. Тарту, 1982. - Ч. II. - С. 3-18.

CHANGES OF NEURO-HUMORAL HOMEOSTASIS IN ANIMALS OF DIFFERENT AGES DURING PHYSICAL ACTIVITY

S. Horeva, T. Morgaleva, G. Nikiragina

S u m m a r y

On the basis of biochemical analysis of arterial blood differences in the ratio of ergotrophic and trophotropic substances in animals of different ages were shown.

ЗНАЧЕНИЕ ГОМЕОСТАЗА КАЛЬЦИЯ И ЕГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ В МЕХАНИЗМЕ ПЕРЕХОДА КАРДИОТОНИЧЕСКОГО
ДЕЙСТВИЯ КАТЕХОЛАМИНОВ В КАРДИОТОКСИЧЕСКОЕ

П.К. Кырге, Э.Л. Вигел, Г.Н. Мянник,
С.К. Тимпманн, М.А. Виру

Кафедра спортивной физиологии и лаборатория
гормональной регуляции мышечной деятельности
Тартуского государственного университета

В экспериментах на изолированных сердцах изучена зависимость скорости развития ишемической контрактуры от мощности гликолитической продукции АТФ и механизмов удаления избытка Ca^{2+} из миоплазмы. Изучение развития ишемической контрактуры через 1,5 ч после введения изопrenalина свидетельствует о том, что скорость ее развития нарастает в результате увеличения вводимой дозы. Эксперименты с перфузией сердца свидетельствуют, что увеличение (Ca^{2+}) в перфузате и соответственно во внеклеточном пространстве миокарда приводит к зависимому от концентрации увеличению скорости развития ишемической контрактуры, а наличие в перфузате верапамилла ($5 \times 10^{-7} M$) вызывает при всех концентрациях Ca^{2+} уменьшение скорости развития контрактуры, если ее измеряли после 2 мин перфузии. Данные об изменениях общей концентрации АТФ в ткани, активности гликолиза и фосфорилирования АДФ свидетельствуют о том, что скорость развития ишемической контрактуры, которая в этих опытах зависела от накопления Ca^{2+} в миоплазме, наилучшим образом коррелирует с уменьшением скорости АТФ/ Φ_1 обмена в цитозоле.

Ионам кальция принадлежит существенное значение в регуляции многих клеточных процессов, включая сокращение и расслабление мышц. В сердечной мышце после нервного импульса ионы кальция входят в миоплазму из внеклеточного пространства, что вызывает его существенное освобождение из внутриклеточных хранилищ. Это проходящее увеличение (Ca^{2+}) обеспечивает сопряжение между процессами возбуждения и сокращения.

Так как количество насыщенных ионами Са молекул тропонина С и тем самым количество развития актомиозиновых мостиков определяется концентрацией Ca^{2+} в миоплазме, то увеличение (Ca^{2+}) в миоплазме приводит к увеличению силы сокращения мышцы /4/. Однако, если накопление Ca^{2+} превышает мощность механизмов, ответственных за удаление излишка Ca^{2+} из миоплазмы во время диастолы, этот физиологический регуляторный механизм может перейти в патогенный фактор. Накопленные в настоящее время данные позволяют считать увеличение (Ca^{2+}) в миоплазме общим конечным звеном, через которое действуют многие кардиотоксические факторы /2/. Из этого следует, что переход кардиотонического влияния катехоламинов в кардиотоксическое, нередко являющийся причиной возникновения метаболических некрозов миокарда в детренированном организме при различных стресс-ситуациях, может зависеть от мощности мембранных механизмов активного транспорта кальция. Низкий уровень содержания миоплазматического кальция, что в 10^3 - 10^4 раз ниже, чем (Ca^{2+}) вне клеток, поддерживается благодаря работе Ca^{2+} -насоса саркоплазматического ретикулума и Na - Ca^{2+} обменного механизма, связанного с функцией Na , K -насоса сарколеммы. Активный транспорт катионов осуществляется за счет энергии АТФ и существующие в литературе данные дают основание полагать, что этот АТФ синтезируется в непосредственной близости мембран за счет субстратного фосфорилирования АДФ в ходе гликолиза. Показано, что селективное ингибирование гликолиза приводит к более существенному развитию ишемической контрактуры миокарда по сравнению с контрактурой, развивающейся при ингибировании митохондриальной продукции АТФ, причем в последнем случае контрактура начинает развиваться при более высоком уровне АТФ в миокарде /3, 10/. Эти данные свидетельствуют о компарментализации АТФ в миоплазме, однако, остается неясным, связано ли развитие ишемической контрактуры с понижением уровня АТФ в непосредственной близости миофиламентов или с увеличением там уровня Ca^{2+} .

Учитывая вышеизложенное представляет интерес исследование зависимости развития ишемической контрактуры миокарда от гликолитической продукции АТФ и гомеостаза Ca^{2+} в сердце; в исследованиях был использован сконструированный нами прибор для регистрации кинетики развития ишемической контрактуры миокарда.

Методы исследования

Эксперименты были проведены на крысах линии Вистар. Вес животных варьировал от 200 до 350 г. Однако в пределах одной серии колебание веса крыс не превышало 15%, что важно для получения сравнительных данных при исследовании развития ишемической контрактуры нашим методом. В опытах с адреналэктомизированными крысами были использованы только самцы, и животные исследовались не раньше, чем через 7 дней после операции. Развитие ишемической контрактуры оценивалось с помощью сконструированного нами прибора, что позволяло измерять степень сжатия сердца при 3–5-секундном нажиме сердца с константным грузом 11 г. Измерения проводились через каждые 5 мин. В промежутке между измерениями сердце находилось в ячейке при константной влажности и температуре 22°C. Колебания температуры между отдельными сериями не превышали $\pm 1,5^\circ\text{C}$. Указанная температура была выбрана с целью снижения скорости метаболических процессов и развития ишемической контрактуры. Применение гипотермии, приводящее к уменьшению гликолитической продукции АТФ, а также к существенному снижению его утилизации /9/, позволяет точнее установить различия в кинетике развития ишемической контрактуры, гликолитической продукции АТФ и падения содержания адениннуклеотидов в клетках.

Перфузию сердца проводили по методу Лангедорфа при вышеуказанной температуре с раствором Тироде, содержащим CaCl_2 в различных концентрациях (от 0 до 5 мМ), а также изопреналин в концентрации $7 \cdot 10^{-7}$ М и верапамил $5 \cdot 10^{-7}$ м, если указано. Длительность перфузии равнялась 2 мин, что достаточно для максимальной активации фосфоорилазы катехоламинами /17/, давление 70 см водного столба и оксигенацию раствора, как правило, не проводили.

Для определения биохимических показателей сердце замораживалось в жидком азоте непосредственно после декапитации животных, перфузии сердца или через указанные на рисунках периоды ишемии. Обработка ткани и хроматография на ионнообменнике проводились при температуре $+4^\circ\text{C}$.

Содержание АТФ, АДФ и АМФ определялось в перхлоровых экстрактах энзиматическим методом с помощью тест-наборов фирмы "Берингер-Маннхайм". Гликоген определялся по методу

До /II/ и лактат энзиматическим методом по степени редуцирования НАД в лактатдегидрогеназной реакции.

Интенсивность $AT\Phi/\Phi_1$ обмена определялась по выработанному нами методу, краткое описание которого следующее: через 30 мин после внутривенной инъекции $\sim 0,3$ мКи (^{32}P) ортофосфата с 0,5 мл раствором 0,9 NaCl сердце замораживали и измельчали до порошкообразного состояния в жидком азоте. Опыт показал, что через 30 мин после введения (^{32}P) ортофосфата радиоактивность в цитозоле миокарда достигала уже максимальных величин и держалась на этом уровне по меньшей мере в течение 1,5 часа. Порошок ткани гомогенизировали с 1,5 объемом буфера (40 мМ трис-HCl, pH 7,4 и центрифугировали при 100000g в течение 60 мин. 1,5-2 мл полученного цитозоля наносили на колонки ДЭАЭ-целлюлозы (DE- "Ватман") объемом ~ 4 мл, которые были предварительно уравновешены 40 мМ К-фосфатным буфером, pH 7,4. Колонки промывали 60 мл этим же буфером и элюировали линейным градиентом К-фосфатным буфером (40 мМ до 200 мМ) с общим объемом 50 мл. В этих условиях АМФ, АДФ и АТФ элюируются с колонки с четко отдельными пиками при молярностях буфера 90, 120 и 145 мМ соответственно. Фракции объемом 1,1 мл собирали и анализировали на радиоактивность и содержание адениннуклеотидов по абсорбции при 260 нм. Кроме того, определение АТФ в собранных фракциях энзиматическим методом при элюции меченного (^{32}P) ортофосфатом цитозоля миокарда свидетельствуют о том, что наблюдаемое при отсутствии существенного катаболизма адениннуклеотидов самый высокий пик радиоактивности совпадает с пиком АТФ. При добавлении к цитозолу АТФ в концентрации 10 мМ до хроматографии на ДЭАЭ-целлюлозе в профиле элюции этого пика радиоактивности не наблюдается. Эти данные указывают на то, что при данной молярности буфера действительно элюируется меченный (^{32}P) ортофосфатом АТФ. Пики радиоактивности АТФ на профиле элюции вырезали, взвешивали на аналитических весах, полученные данные коррегировали, при необходимости с данными общей радиоактивности цитозоля, и представляли на полулогарифмическом графике для определения скорости падения $AT\Phi/\Phi_1$ обмена в миокарде при ишемии.

Результаты и их обсуждение

Данные, представленные на рис. I, свидетельствуют о том, что создание тотальной ишемии, когда АТФ синтезируется глав-

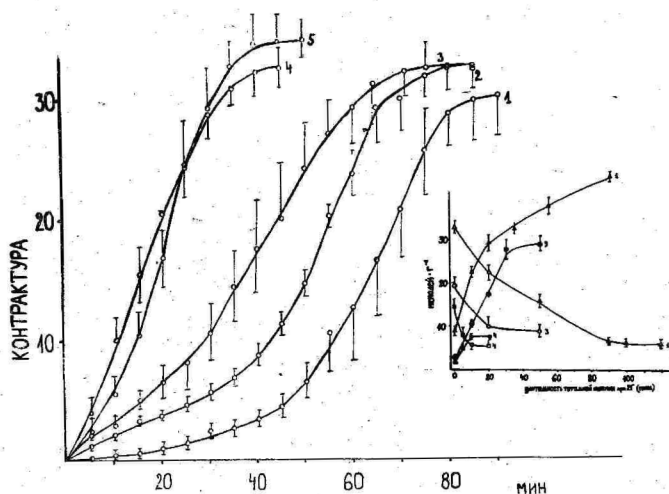


Рис. 1. Скорость развития ишемической контрактуры сердца (в условных единицах) в зависимости от вводимой дозы изопреналина (ИЗО). 1 - контрольные; через 1,5 ч после подкожного введения ИЗО в дозах: 2 - $0,33 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$, 3 - $1 \text{ мкг} \cdot \text{кг}^{-1}$, 4 - $10 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$; 5 - ИЗО в дозе $1 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ был введен через 1,5 ч после введения дексаметазона в дозе $2 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$. В правом углу представлены изменения содержания гликогена и лактата (затемненные фигуры) в группах 1, 3 и 4. Число животных в каждой группе 16-25.

ным образом в ходе гликолиза и расходуется на работу ионных насосов /18/, приводит к развитию контрактуры, причем скорость развития контрактуры варьируется в зависимости от анаэробных возможностей поддержания уровня АТФ и низкой концентрации Ca^{2+} в миоплазме. Регистрация развития ишемической контрактуры миокарда через 1,5 ч после введения изопреналина (ИЗО) показала, что скорость ее развития увеличивается в зависимости от вводимой дозы. При исследовании развития контрактуры после введения больших или малых доз ИЗО на фоне предварительного введения дексаметазона выясилось, что ха-

ракетная для медленного развития контрактуры сигмоидная кривая превращается в гиперболическую. В этих условиях скорость развития ишемической контрактуры, по-видимому, приближается к предельной и дальнейшее увеличение вводимой дозы (например, от 10 мг до 40 мг/кг) мало влияет на развитие контрактуры. Причиной развития ишемической контрактуры миокарда может быть понижение уровня АТФ в непосредственной близости миофиламентов или же увеличение концентрации ионов кальция в миоплазме. В конечном итоге оба эти изменения связаны с уменьшением гликолитической продукции АТФ. Однако согласно данным, полученным на гиперпермеабельных сердечных клетках, контрактура начинает развиваться при понижении концентрации АТФ ниже 200 мкМ и достигает максимальных величин при концентрации 10 мкМ /13/, что приблизительно в 130 раз ниже того уровня, который наблюдается в миокарде при максимальной контрактуре. Такое несоответствие между общим содержанием АТФ в миокарде и степенью ишемической контрактуры отмечено и другими авторами /3/. Таким образом, в общем наблюдается определенная корреляция между повышением содержания гликогена, увеличением содержания лактата и развитием ишемической контрактуры миокарда, причем эта корреляция наиболее выражена при медленном развитии контрактуры у контрольных крыс. Однако быстрое развитие контрактуры и преобразование сигмоидобразной кривой в гиперболическую в существенной степени зависит от скорости нарастания ионов Са в миоплазме. Об этом свидетельствуют результаты разнообразных экспериментов. Так, предварительное введение крысам верапамила в концентрации 17 мг/кг за 30 мин до введения ИЗО существенным образом уменьшает скорость развития ишемической контрактуры. Эти данные наилучшим образом можно интерпретировать как результат блокирования верапамилом медленных кальциевых каналов и предотвращения вызванной изопреналином чрезмерной аккумуляции Ca^{2+} в миоплазме /8/. К сожалению, имеющиеся в нашем распоряжении методы не позволяют с достаточной точностью установить даже весьма существенные колебания концентрации Ca^{2+} в миоплазме, где она в 10^3-10^4 раза ниже, чем во внеклеточной среде. По этим причинам мы не можем сказать, в какой мере исходная скорость развития контрактуры зависит от степени нарастания Ca^{2+} в миоплазме при изучении ее после введения крысам ИЗО. Для уточнения этой зависимости нами были проведены эксперименты с перфузией изолированных сердец по методу Лангедорфа. Увеличение (Ca^{2+}) в перфузате и соот-

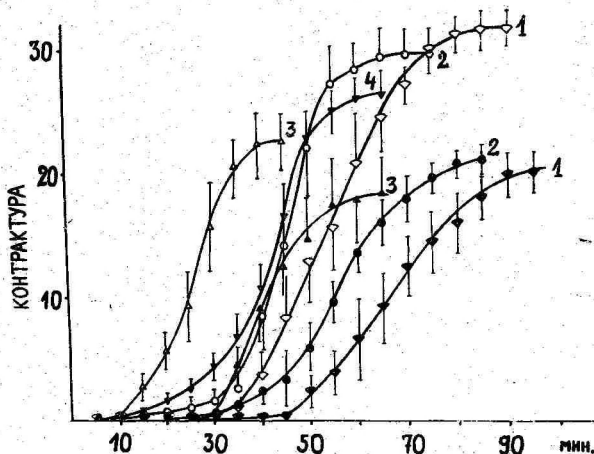


Рис. 2. Скорость развития ишемической контрактуры (в условных единицах) после 2 мин перфузии сердца с раствором Тироде в зависимости от Ca^{2+} и верапамила в перфузате или применения регулярных физических нагрузок. Содержание CaCl_2 в перфузате: 1—0; 2—1 мМ; 3—5 мМ. Затемненные фигуры группы 1—3—перфузат содержали еще верапамил (5×10^{-7} М). 4 — тренированные животные, 5 мМ CaCl_2 . Число животных в каждой группе 6—8.

ответственно во внеклеточной среде миокарда приводит к зависящему от Ca^{2+} увеличению скорости развития ишемической контрактуры, если ее измерять после 2 мин перфузии в анакисических условиях. Добавление к перфузионной жидкости верапамила в концентрации $5 \cdot 10^{-7}$ М существенно замедляет зависящее от Ca^{2+} развитие ишемической контрактуры при всех концентрациях кальция (рис. 2). В течение 2 мин перфузии в условиях анакиссии или с оксигенированным раствором (95% O_2 , 5% CO_2 ; pH 7,4) без экзогенных субстратов работающее сердце использует свои резервы гликогена, которые за это время понижаются, однако накопление лактата в ткани не наблюдается, так как он эффективно удаляется в результате перфузии коронаров. В этих

условиях сердце не в состоянии поддерживать уровень АТФ в ткани и он несколько понижается. Возможно также, что определенное увеличение (Ca^{2+}) в миоплазме происходит уже во время перфузии. Однако в конце 2 мин перфузии в аноксических условиях с раствором Тироде, содержащим 5 мМ CaCl_2 контрактура мышц еще не начала развиваться, а продление времени перфузии приводит к развитию контрактуры уже во время перфузии. Полученные нами данные в совокупности свидетельствуют о том, что скорость развития ишемической контрактуры после 2 мин перфузии явно зависит от скорости нарастания Ca^{2+} в миоплазме, что в свою очередь, при равной мощности механизмов удаления избытка Ca^{2+} из миоплазмы, определяется концентрацией Ca^{2+} во внеклеточной среде.

Сопоставление данных кинетики развития ишемической контрактуры с понижением уровня АТФ в сердце свидетельствует о том, что при быстром развитии контрактуры, вызванной перфузией 5 мМ CaCl_2 половина от максимальной контрактуры ($T_{I/2}$) наблюдается при более высоком уровне АТФ в ткани по сравнению с уровнем АТФ, соответствующим $T_{I/2}$ при медленном развитии контрактуры. При этом максимальные величины контрактуры достигаются на фоне концентрации АТФ 1,3–1,4 мМ, что в 130–140 раз выше той концентрации АТФ, которая вызывает максимальную контрактуру гиперпермеабильных клеток сердца /13/. В условиях тотальной ишемии, когда сердце не работает, АТФ расходуется в основном на поддержание работы ионных насосов /18/. Однако не весь АТФ располагается в клетке в близости ионных насосов и может быть использован для осуществления активного транспорта ионов и поддержания этим катионного равновесия. В случае как быстрого, так и медленного развития ишемической контрактуры, при одинаковой исходной мощности гликолиза падение содержания АТФ в ткани происходит сначала с одинаковой скоростью, причем, судя по нарастанию лактата в ткани, скорости гликолитической продукции АТФ также приблизительно одинаковы. Логично подумать, что в ишемических условиях возможности противостоять накоплению Ca^{2+} в миоплазме быстрее исчерпываются при более высокой исходной концентрации кальция во внеклеточной среде. При достижении максимальных величин ишемической контрактуры гликолиз, по-видимому, ингибируется, а определенная часть АТФ (~ 30% от исходного) остается неиспользованной. Если только часть из общего количества АТФ в клетке подвергается гидролизу АТФ-азами мембранных насосов (а, возможно, и некоторыми другими

АТФазами /18/, то гликолиз должен работать для фосфорилирования образующегося при этом АДФ. Можно также подумать, что этот синтез АТФ осуществляется в непосредственной близости возникновения АДФ, то есть на мембранах или вблизи мембран саркоплазматического ретикулума и сарколеммы. Из этого следует, что функция мембранных насосов, катионное равновесие в клетке и скорость развития ишемической контрактуры зависят не от общего содержания АТФ в клетке, а только от той части АТФ, которая участвует в метаболических процессах. Иными словами, энергетическое обеспечение работы ионных насосов зависит от способности гликолиза поддерживать фосфорилирование АДФ не в целой клетке, а лишь в определенном компартменте вблизи мембран. Для уточнения данной гипотезы нами была выработана методика определения метаболически активной фракции АТФ по интенсивности обмена терминальной фосфатной группы макроэрга. Интенсивность АТФ/ Φ_1 обмена оценивалась по включению ^{32}P в АТФ, очищенного от цитозоля путем его хроматографии на ДЭАЭ-целлюлозе. Пик радиоактивности на профиле элюции, соответствовавший пику АТФ, установленному энзиматическим методом, оценивался весовым способом. Данные рис. 3 показывают, что введение ИЗО существенно увеличивает интенсивность включения ^{32}P в АТФ, а в условиях ишемии падение интенсивности АТФ/ Φ_1 обмена в сердце этих крыс протекает существенно быстрее, чем у контрольных крыс. Представление полученных данных на полупериодическом графике позволяет выявить полупериод времени ($T_{1/2}$), требуемого для полного прекращения АТФ/ Φ_1 обмена (рис. 3). При сопоставлении этих данных с соответствующими показателями полупериодов времени до развития максимальной контрактуры выявляется существенная зависимость. Этого и следовало ожидать, если механизмы, ответственные за поддержание низкого уровня миоплазматического Ca^{2+} , работают за счет АТФ, синтезированного в ходе гликолиза. Все же мембранные насосы, по-видимому, предпочтительно используют ту фракцию АТФ, которая, благодаря связи энзимов гликолиза с мембранами /7/, синтезируется в непосредственной близости от этих насосов. Так как наши данные отражают уменьшение скорости АТФ/ Φ_1 обмена в цитозоле и пока нет оснований утверждать, что весь гликолиз протекает в непосредственной близости от мембран, скорость развития ишемической контрактуры может превышать скорость падения АТФ/ Φ_1 обмена.

Для того, чтобы проверить зависимость развития ишемиче-

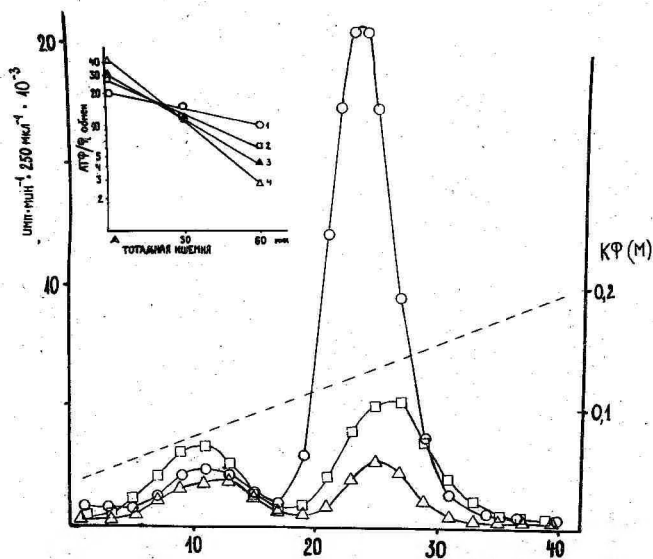


Рис. 3. Профиль элюции меченных ^{32}P ортофосфатом АТФ и других адениннуклеотидов при хроматографии на колонке с ДЭАЭ-целлюлозой цитозоля сердца. Сердце замораживалось через 1,5 ч после введения ИЗО, $1 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$, до создания тотальной ишемии (кружочки) и через 30 мин (прямоугольники) и 60 мин (треугольники) после ишемии. Пунктирная линия - линейный градиент $K\Phi$ -буфера. В левом углу изменения интенсивности ATP/Φ_1 обмена во время ишемии. 1 - контрольные; 2 - ИЗО $1 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$; 3 - ИЗО $10 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$; 4 - дексаметазон $2 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ + ИЗО $1 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$.

ской контрактуры от функции ионных насосов мембран и их энергетического обеспечения, нами были проведены эксперименты на животных с различным состоянием углеводного и катионного обмена в сердце.

Во-первых, были использованы тренированные крысы, которые характеризуются повышенным уровнем гликогена в сердце /5, 20/, увеличенной способностью к его мобилизации после введения катехоламинов /19/, а также более стабильной функцией Na , K -насоса, что отчетливо проявляется в экстремальных

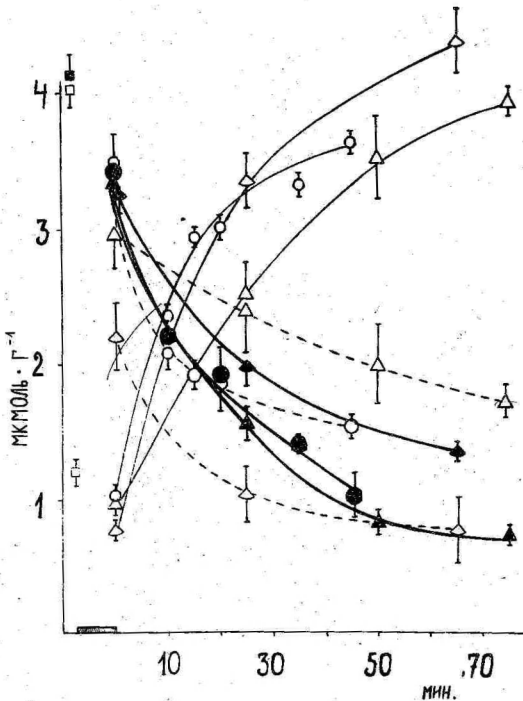


Рис. 4. Изменения содержания АТФ (затемненные фигуры), гликогена (прерывистая линия) и лактата во время 2 мин перфузии и последующей тотальной ишемии. Содержание CaCl_2 в перфузате: 1 - 1 мМ; 2 - 5 мМ; 3 - 5 мМ + верапамил 5×10^{-7} м. Каждая точка - арифметическое среднее для 4-6 сердец. Показатели содержания лактата и гликогена надо умножить на 10.

ситуациях, когда сердце вынуждено работать с предельной мощностью /1/. У тренированных крыс, после 2 мин перфузии с раствором Тироде, содержащим 5 мМ CaCl_2 , скорость развития ишемической контрактуры существенно меньше по сравнению с контрольными (рис. 4). Эти данные свидетельствуют о том, что при тренировке нарастает мощность механизмов, ответственных за удаление избытка Ca^{2+} из миоплазмы. Наличие в перфузионном растворе ИЗО в концентрации $5 \cdot 10^{-7}$ М существенно повышает

скорость развития ишемической контрактуры. Значительная активация гликогенолиза происходит уже во время 2 мин перфузии с этим катехоламином, причем мобилизация гликогена более выражена у предварительно тренированных животных. Однако как в случае тренированных, так и нетренированных животных приблизительно половина от исходной концентрации гликогена в ткани остается неиспользованной. Учитывая, что в этих опытах перфузионный раствор содержал 2 мМ CaCl_2 , не исключено, что определенное накопление Ca^{2+} в миоплазме происходит уже во время перфузии в аноксических условиях. При ишемии это накопление Ca^{2+} в миоплазме, по-видимому, резко увеличивается, о чем косвенно свидетельствует сравнительно быстрое развитие ишемической контрактуры. Контрактура развивается при довольно низкой интенсивности гликогенолиза и накопления лактата. При этом содержание АТФ, хотя и понижается уже во время перфузии и продолжает понижаться в ишемических условиях, остается выше 1,5 мкмоль на 1 г ткани даже после достижения максимальных величин контрактуры. Если исходная скорость развития ишемической контрактуры, которая была меньше у тренированных крыс, действительно зависит от деятельности механизмов, ответственных за удаление избытка Ca^{2+} из миоплазмы, то полученные данные еще раз свидетельствуют об увеличении мощности этих механизмов при физической тренировке.

Во-вторых, были использованы адреналэктомированные крысы, которые характеризуются пониженным содержанием гликогена в сердце /6, 16, 17/ пониженной способностью к его мобилизации катехоламинами /14, 17/ и менее стабильной функции Na, K-насоса /1, 12/ и Ca-насоса саркоплазматического ретикулула /15/. У адреналэктомированных крыс наблюдается более быстрое развитие ишемической контрактуры миокарда, чем у контрольных крыс. При исследовании развития ишемической контрактуры миокарда через 3-4,5 ч после введения адреналэктомированным крысам дексаметазона наблюдается нормализация ее скорости, которая существенно не отличается от данных контрольных животных. Эти данные вместе с результатами, которые свидетельствуют о понижении активности фосфоорилазы сердца в результате адреналэктомии и нормализации ее активности после кратковременного действия глюкокортикоидов /14/, заставляют думать о том, что сравнительно высокая скорость развития ишемической контрактуры у адреналэктомированных крыс может быть связана с более низкой интенсивностью глико-

генолиза и соответственно меньшими возможностями энергетического обеспечения работы ионных насосов у этих животных.

Использованная литература

1. Кырге П.К. Функция Na^+ , K^+ -насоса и его кортикостероидная регуляция как факторы, лимитирующие адаптацию сердца к большой нагрузке // Кардиология. - 1976. - № 9. - С. 15-21.
2. Меерсон Ф.З. Патогенез и предупреждение стрессорных и ишемических повреждений сердца. - М.: Медицина, 1984.
3. Bricknell O.L., Davies P.S., Opie L.H. A relationship between adenosine triphosphate, glycolysis and ischaemic contracture in the isolated rat heart // J. Mol. Cell. Cardiol. - 1981. - Vol. 13. - P. 941-945.
4. Chapman R.A. Control of cardiac contractility at the cellular level // Amer. J. Physiol. - 1983. - Vol. 245. - P. 535-552.
5. Gonlee R.K., Tipton C.M. Cardiac glycogen depletion after exercise: Influence of synthase and glucose-6-phosphate // J. Appl. Physiol. - 1977. - Vol. 42. - P. 240-244.
6. Daw J.C., Lefer A.M., Berne R.M. Time course of glucocorticoid dependent changes in cardiac glycogen concentration // Proc. Soc. Exp. Biol. Med. - 1969. - Vol. 131. - P. 1041-1044.
7. Dunham P.B., Mercer R.W. Membrane-bound ATP fuels the Na^+/K^+ pump: studies on membrane-bound glycolytic enzymes on insideout vesicles from human red cell membranes // J. Gen. Physiol. - 1981. - Vol. 78. - P. 547-568.
8. Fleckenstein A. Metabolic factors in the development of myocardial necrosis and micro-infarcts // Triangle. - 1975. - Vol. 14. - P. 27-36.
9. Ichihara K., Robishow J.O., Vary T.C., Neely J.R. Protection of ischemic myocardium from metabolic products // Acta Med. Scand. - 1981. - Suppl. 651. - P. 13-18.
10. Lepästä J.A., Nevalainen T.J., Alanen K.A., Tolvanen M.A. Anaerobic glycolysis and the development of ischaemic contracture in isolated rat heart // Cardiovasc. Res. - 1984. - Vol. 18. - P. 145-148.

11. Lo S., Russell I., Taylor A. Determination of glycogen on small tissue samples // J. Appl. Physiol. - 1970. - Vol. 28. - P. 234-236.
12. Marver D. Influence of adrenalectomy and steroid replacement on heart citrate synthase levels // Amer. J. Physiol. - 1984. - Vol. 246. - P. E 452-457.
13. McClellan G., Weisberg A., Winegrad S. Energy transport from mitochondria to myofibrill by a creatine phosphate shuttle in cardiac cells // Amer. J. Physiol. - 1983. - Vol. 245. - P. C 423-427.
14. Miller T.B., Exton J.H., Park C.R. A block in epinephrine induced glycogenolysis in hearts from adrenalectomized rats // J. Biol. Chem. - 1971. - Vol. 246. - P. 3672-3678.
15. Narayanan N. Effects of adrenalectomy and vivo administration of dexamethasone on ATP-dependent calcium accumulation by sarcoplasmic reticulum from rat heart // J. Mol. Cell. Cardiol. - 1983. - Vol. 15. - P. 7-15.
16. Poland J.L., Trauner P.A. Adrenal influence on the supercompensation of cardiac glycogen following exercise // Amer. J. Physiol. - 1973. - Vol. 224. - P. 540-542.
17. Reese L.D., Mason D.T. Effects of exercise and conditioning on rat heart glycogen and glycogen synthase // J. Appl. Physiol. - 1978. - Vol. 44. - P. 183-189.
18. Reimer K.A., Jennings R.B. Energy metabolism in the reversible and irreversible phases of severe myocardial ischemia // Acta Med. Scand. - 1981. - Suppl. 651. - P. 19-26.
19. Scheuer J., Penpargkul S., Bhan A.K. Experimental observation on the effects of physical training upon intrinsic cardiac physiology and biochemistry // Amer. J. Cardiol. - 1974. - Vol. 33. - P. 744-751.
20. Segel L.D., Mason D.T. Effects of exercise and conditioning on rat heart glycogen and glycogen synthase // J. Appl. Physiol. - 1978. - Vol. 44. - P. 183-189.

THE ROLE OF Ca HOMEOSTASIS AND ITS ENERGETICAL SUPPORT IN
THE MECHANISM OF TRANSFORMING THE CARDIOTONIC EFFECT OF
CATECHOLAMINES INTO CARDIOTOXIC

P. Körge, E. Vigel, G. Männik, S. Timpmann, M. Viru

S u m m a r y

The development of ischemic contracture was evaluated in relation to glycolytic production of ATP and Ca^{2+} homeostasis. Isoprenaline increased the development of contracture in a dose-dependent manner and dexamethasone potentiated the effect of isoprenaline. The decrease in the intensity of ATP/R_1 exchange, correlated with the development of ischemic contracture. Experiments with the rapid equilibration of the extracellular compartment with Ca^{2+} in various concentrations in the presence or absence of verapamil suggest that the development of ischemic contracture depends on the rate of Ca^{2+} accumulation in the myoplasm. This rate of Ca^{2+} accumulation correlates with the rate of glycogenolysis and glycolysis which seems to produce ATP for active transport of cations.

ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ КОРТИЗОЛА, КОРТИКОТРОПИНА
И СОМАТОТРОПИНА В КРОВИ ПРИ УПРАЖНЕНИЯХ
АНАЭРОБНО-АЭРОБНОГО ХАРАКТЕРА

А. А. Виру, К. М. Карелсон, Т. А. Смирнова, А. Т. Юрияэ

Кафедра спортивной физиологии, лаборатория гормональной
регуляции мышечной деятельности и кафедра физического
воспитания и спорта Тартуского государственного
университета

13 нетренированных студентов (возраст $22,6 \pm 0,7$ года, МПК $50,6 \pm 1,5$ мл·мин⁻¹·кг⁻¹) выполняли на велоэргометре две работы на уровнях 85% и 140% от МПК с предельной продолжительностью. Продолжительность работы на уровне 85% от МПК была 779 ± 40 сек и на уровне 140% от МПК — 99 ± 7 сек. После окончания работы уровень лактата в крови составил соответственно $12,6 \pm 0,7$ и $7,3 \pm 0,6$ мм·л⁻¹, указывая на более значительное применение анаэробного гликогенеза в ресинтезе во время более продолжительного упражнения, несмотря на его меньшую мощность. Это упражнение приводило к существенной активации гипофизарно-адренокортикальной системы и соматотропной функции гипофиза у всех исследуемых, а при менее длительной, но более мощной работе это наблюдалось лишь у части исследуемых.

В отношении многих эндокринных функций установлен порог мощности работы, превышение которого необходимо для их активации. В большинстве случаев этот порог совпадает или, по крайней мере, весьма близок к порогу анаэробного обмена /5/. С другой стороны, некоторые данные указывают, что значительная мобилизация анаэробного гликогенолиза приводит к некоторому угнетению коры надпочечников и соматотрофов аденогипофиза /1, 4/. В этой связи внимание привлекают эндокринные функции при выполнении упражнений, основывающиеся на значительной мобилизации анаэробного гликогенолиза. В качестве примера таких упражнений в настоящем исследовании применяли

выполнение работ на велоэргометре мощностью, соответствующей 85 и 140% от МПК с предельно возможной продолжительностью.

Методика

13 нетренированных студентов (возраст $22,6 \pm 0,7$ года, рост 177 ± 2 см, вес $71 \pm 1,3$ кг, % жировой ткани $14,7$, максимальное потребление кислорода $50,6 \pm 1,5$ мл мин^{-1} кг^{-1}) выполняли две работы на велоэргометре на уровне $85 \pm 1\%$ или $140 \pm 1,3$ кг от максимального потребления кислорода предельно возможной продолжительности. Пробы крови брали из локтевой вены через полиэтиленовую канюлю до работы, сразу после нее и через 15 и 30 мин после ее окончания. В плазме крови радиомунологически (с помощью набора реактивов "SEA SORIN") определяли концентрацию кортизола, кортикотропина и соматотропина, а также содержание лактата по Штрому, глюкозы, мочевины, липидов и триглицеридов (с помощью набора реактивов "LАСHEMA"), холестерина (по реакции Либермана-Бурхарда), липопротеидов высокой /2/ и низкой плотности /3/.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследуемые были в состоянии работать на уровне $85 \pm 1\%$ от МПК в течение около 13 мин (табл. I). Значительный прирост концентрации лактата в крови (до $12,6 \pm 0,7$ мм л^{-1}) свидетельствовал о большой доле анаэробного гликогенолиза в энергообеспечении работы мышц. В концентрации других метаболитов существенных сдвигов не наблюдалось кроме легкой гипергликемии сразу же после работы (табл. I). У всех исследуемых наблюдалось существенное повышение уровня кортикотропина, кортизола и соматотропина в крови сразу после окончания работы. Концентрация кортизола и соматотропина продолжала увеличиваться в восстановительном периоде, причем наивысший уровень кортизола (на 74% выше исходного) и соматотропина (в 18 раз выше исходного) отмечался через 15 мин после окончания работы. Концентрация кортикотропина превышала исходный уровень сразу после окончания работы на 18%, а через 15 и 30 мин она существенно не отличалась от исходной концентрации.

Возрастание величины гематокрита наблюдалось лишь непосредственно после окончания работы. Значит, по крайней мере в отношении данных восстановительного периода нет оснований связывать отмеченные изменения со значительной гемоконцентрацией.

Таблица I

Изменения концентраций гормонов и метаболитов в крови при выполнении работы на уровне 85±1% от МПК на предельно возможную продолжительность ($\bar{x} \pm m$)

Гормон, метаболит	До работы	Непосредственно после работы	Через 15 мин	Через 30 мин
Кортизол ($\text{нМ} \cdot \text{л}^{-1}$)	410±37	480±45	713±37	700±56
Кортикотропин ($\text{пг} \cdot \text{мл}^{-1}$)	46±15	132±29	67±17	53±18
Соматотропин ($\text{нг} \cdot \text{мл}^{-1}$)	1,3±0,5	12,9±4,2	23,1±5,2	20,2±4,6
Лактат ($\text{мм} \cdot \text{л}^{-1}$)	-	12,6±0,7	-	-
Глюкоза ($\text{мм} \cdot \text{л}^{-1}$)	5,87±0,24	6,67±0,37	6,31±0,32	6,03±0,42
Мочевина ($\text{мм} \cdot \text{л}^{-1}$)	7,71±0,36	8,24±0,62	7,62±0,33	7,62±0,37
Липиды ($\text{мм} \cdot \text{л}^{-1}$)	6,23±0,45	7,00±0,47	6,12±0,34	5,47±0,33
Холестерин ($\text{мм} \cdot \text{л}^{-1}$)	5,40±0,36	6,08±0,40	5,79±0,34	5,43±0,38
Липопротеиды высокой плотности ($\text{мм} \cdot \text{л}^{-1}$)	1,40±0,09	1,77±0,13	1,53±0,10	1,41±0,13
Липопротеиды низкой плотности ($\text{мм} \cdot \text{л}^{-1}$)	3,79±0,33	4,03±0,34	4,01±0,30	3,78±0,34
Триглицериды ($\text{мм} \cdot \text{л}^{-1}$)	1,21±0,07	1,59±0,19	1,30±0,08	1,24±0,08
Гематокрит (%)	46,7±0,7	50,1±0,09	47,0±0,8	46,5±0,8

Таблица 2

Изменения концентрации гормонов и метаболитов в крови при выполнении работы на уровне $140 \pm 1,3\%$ от МПК на предельно возможную продолжительность ($\bar{x} \pm m$)

Гормон, метаболит	До работы	Сразу после работы	Через 15 мин	Через 30 мин
Кортизол ($\text{мМ} \cdot \text{л}^{-1}$)	465 \pm 43	480 \pm 35	464 \pm 58	459 \pm 71
Кортикотропин ($\text{пг} \cdot \text{мл}^{-1}$)	21,9 \pm 5,7	34,4 \pm 11,6	27,6 \pm 4,3	13,0 \pm 1,6
Соматотропин ($\text{нг} \cdot \text{мл}^{-1}$)	1,4 \pm 0,5	2,1 \pm 0,9	7,2 \pm 3,1	9,0 \pm 4,3
Лактат ($\text{мм} \cdot \text{л}^{-1}$)	-	7,3 \pm 0,6	-	-
Глюкоза ($\text{мм} \cdot \text{л}^{-1}$)	6,02 \pm 0,44	5,74 \pm 0,26	5,41 \pm 0,31	5,35 \pm 0,40
Мочевина ($\text{мм} \cdot \text{л}^{-1}$)	8,01 \pm 0,33	7,86 \pm 0,43	7,91 \pm 0,32	8,78 \pm 0,40
Липиды	6,10 \pm 0,36	6,90 \pm 0,44	6,31 \pm 0,48	5,62 \pm 0,58
Холестерин	5,65 \pm 0,32	5,72 \pm 0,36	5,41 \pm 0,27	5,33 \pm 0,30
Липопротеиды высокой плотности	1,50 \pm 0,10	1,41 \pm 0,07	1,29 \pm 0,07	1,29 \pm 0,07
Триглицериды	1,16 \pm 0,07	1,33 \pm 0,06	1,26 \pm 0,07	1,26 \pm 0,07
Гематокрит (%)	47,6 \pm 1,2	48,7 \pm 1,6	47,5 \pm 0,9	46,7 \pm 0,07

Таким образом, напряженная мышечная работа, выполненная за счет околопредельного использования аэробной и анаэробной работоспособности, обуславливает выраженную активацию гипофизарно-адренокортикальной системы и соматотропной функции гипофиза. При этом кратковременная реакция по кортикотропину сочетается с более продолжительной реакцией по кортизолу и соматотропину в крови.

На уровне 140% от МПК исследуемые были в состоянии работать в течение 99 ± 7 сек. Это более мощное, но менее продолжительное упражнение обуславливало увеличение концентрации кортикотропина лишь у 6 исследуемых непосредственно после работы и у 3 исследуемых через 15-30 мин по окончании работы. Это сочеталось с увеличением концентрации кортизола в 9 случаях. Уровень соматотропина повышался в 5 случаях в периоде от 15 до 30 мин после окончания работы. Средние величины не выявили закономерных изменений в концентрации этих гормонов (табл.2). Несмотря на большую мощность работы уровень лактата повышался меньше (до $7,3 \pm 0,6$ мм.л⁻¹), чем при первой работе. Это объясняется меньшей длительностью работы и тем самым меньшим общим объемом анаэробного расщепления гликогена. Другие метаболиты, а также гематокрит существенно не изменялись.

Полученные данные показывают, что при упражнениях анаэробно-аэробного характера активация гипофизарно-адренокортикальной системы и соматотропной функции аденогипофиза зависит больше от степени использования анаэробного гликогенолиза, чем от мощности выполняемой работы.

Использованная литература

1. Barwich D., Rettenmeier A., Weicker H. Serum levels in the so called "stress hormones" in athletes after short consecutive exercise // Int. J. Sports Med. - 1982. - Suppl. 22. - P. 8.
2. Demacker P.N., Vos-Jansen H.E., Hismans A.G., Van't Laar A., Jansen A.P. Measurement of high-density lipoprotein cholesterol in serum: Comparison of six isolation methods combined with enzymatic cholesterol analysis // Clin. Chem. - 1980. - Vol. 26. - P. 1780.
3. Friedewold W.T., Levy R.I., Frederickson D.S. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein-cholesterol in plasma without the use of the preparata-

tive ultracentrifuge // Clin. Chem. - 1972. - Vol. 18.
- P. 499-502.

4. Sutton J.R., Lazarus L. Growth hormone in exercise: comparison of physiological and pharmacological stimuli // J. Appl. Physiol. - 1976. - Vol. 41. - P. 523-527.
5. Viru A. Hormones in Muscular Activity. Vol. I: Hormonal Ensemble in Exercise. - Boca Raton: CRC Press, 1985.- 195 p.

ALTERATIONS OF CORTISOL, CORTICOTROPIN AND SOMATOTROPIN CONCENTRATIONS IN BLOOD DURING EXERCISES OF ANAEROBIC-AEROBIC CHARACTER

A. Viru, K. Karelson, T. Smirnova, A. Jürimäe

S u m m a r y

13 untrained students (22.6 ± 0.7 years old, $\dot{V}_{O_2 \max} 50.6 \pm 1.5$ ml. $\text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) performed two exercises on the bicycle ergometer at 85 and 140 % of $\dot{V}_{O_2 \max}$ for maximal possible duration. On the level of 85 % of $\dot{V}_{O_2 \max}$ the duration of exercise was 779 ± 40 s. On the level of 140 % of $\dot{V}_{O_2 \max}$ it was 99 ± 7 s. After exercise the blood level of lactate was respectively 12.6 ± 0.7 and 7.3 ± 0.6 mM. $\cdot \text{l}^{-1}$. Thus the more prolonged exercise resulted in the utilization of anaerobic glycogenolysis in a higher amount despite the lesser power-output. Only this exercise caused a significant activation of pituitary-adrenocortical system and somatotropin function of adenohypophysis in all persons. It was concluded that the activation of this endocrine function is determined rather by the amount of utilization of anaerobic glycogenolysis than by the intensity of exercise.

ГОРМОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СТЕПЕНИ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ К ТРЕНИРОВОЧНОЙ НАГРУЗКЕ

Б.К. Андрухаева

Адыгейский государственный педагогический институт,
г. Майкоп

Непосредственно в процессе спортивной тренировки обследовано 74 юных спортсмена в возрасте от 10 до 17 лет. Выявлены различия в реакции гипофиза (по соматотропину) и надпочечников (по кортизолу) на тренировочные нагрузки в зависимости от места жительства, успехов в спорте и стажированности юных дзюдоистов.

В последние годы показано, что наряду с кортикостероидами важная роль в процессе адаптации к физическим нагрузкам принадлежит таким гормонам, как кортикотропин, соматотропин и пролактин /3, 8, 9/. Особенности секреции этих гормонов у детей и подростков, систематически занимающихся спортом, малоизучены. Вместе с тем их весьма важно знать при анализе механизмов, обеспечивающих приспособление растущего организма к физическим нагрузкам.

Роль соматотропина особенно велика в растущем организме как в плане обеспечения роста и развития, так и для адаптации к большим физическим нагрузкам. Этот гормон обладает выраженной ростовой и анаболической активностью, стимулирует иммуногенез и, кроме того, способствует утилизации жиров в качестве источника энергии мышечной деятельности.

Глюкокортикоиды в больших дозах являются, в известной мере, антагонистами соматотропина в его влиянии на ростовые и анаболические процессы и могут проявлять катаболическое действие /6, II/.

В немногочисленных исследованиях /5/ наиболее полно выявлена реакция гипофиза и коры надпочечников на стандартную (строго дозированную) нагрузку у юных спортсменов, позволяющую определить физическую работоспособность в различные периоды тренировочного процесса. Однако практически неизу-

ченным остается вопрос об особенностях реакции гипофиза и коры надпочечников непосредственно в процессе спортивной тренировки. Особый интерес с этой точки зрения представляет борьба дзюдо — вид спорта, в котором обычные показатели физической подготовленности (артериальное давление, жизненная емкость легких, максимальная вентиляция легких и др.) не дают достаточного представления о специальной тренированности спортсмена.

С одной стороны, борьба характеризуется резкими изменениями мощности работы и энергетических трат; они могут быть весьма незначительными (сохранение некоторых поз при выжидании) и очень большими (броски в борьбе), когда статическое напряжение сменяется резкой кинетической реакцией. С другой стороны, дзюдо характеризуется элементами натуживания, задержкой дыхания, затруднением кровообращения, а также слишком короткими интервалами отдыха при повторных нагрузках. Все эти факторы значительно осложняют оценку общей физической нагрузки в процессе тренировки.

В задачу нашего исследования входило проследить особенности реакции гипофизарно-адренокортикальной системы на тренировочную нагрузку в зависимости от места жительства, успехов в спорте, стажа тренированности и уровня полового развития юных дзюдоистов.

Материал и методы

Обследованы 74 юных спортсмена в возрасте от 10 до 17 лет. Влияние спортивной нагрузки различной интенсивности на функцию гипофиза (по соматотропину, кортикотропину, пролактину) и коры надпочечников (по кортизолу) было изучено у мальчиков, систематически тренирующихся по 5 раз в неделю в Центральной детско-юношеской спортивной школе олимпийского резерва по борьбе дзюдо и в ее филиалах. Методическое руководство подготовкой борцов осуществляется научно-методическим центром по борьбе дзюдо в г. Майкопе. Спортивный стаж обследуемых составил от полугода до 4 лет.

Степень развития вторичных половых признаков определяли по классификации Таннера, в соответствии с которой мальчики были распределены по 5 стадиям полового созревания. Концентрацию соматотропина, кортикотропина, пролактина и кортизола в сыворотке крови определяли радиоиммунологическим методом на базе лаборатории развития эндокринной системы НИИ физио-

логии детей и подростков АПН СССР.

Концентрацию гормонов определяли до и сразу после комплексной тренировочной нагрузки различной интенсивности. Последнюю определяли по методике В.М. Андреева, Э.А. Матвеева, Г.Г. Ратишвили /1/. В 1-й день испытуемые выполнили работу малой интенсивности: 10-минутная разминка с включением обще-развивающих и специальных упражнений; ЧСС 108-114 уд/мин. Во 2-й день выполняли работу средней интенсивности: 10-минутная разминка - выполнение специального упражнения (отработка броска через плечо - 10 мин), ЧСС 132-138 уд/мин. В 3-й день - работу большой интенсивности: 10-минутная разминка и учебно-тренировочные схватки (3 схватки по 4 мин); ЧСС 158-162 уд/мин.

Результаты исследования и обсуждение

При гормональной оценке элементов спортивно-тренировочного процесса установлено, что наиболее информативным показателем является изменение уровня соматотропина и кортизола; четких закономерностей в отношении пролактина и кортико-тренировочного процесса не выявлено.

Показано, что концентрация соматотропина вне мышечной нагрузки несколько выше ($P < 0,01$) у юных сельских спортсменов (рис. 1) и намного значительно у детей, хорошо справляющихся с нагрузкой (рис. 3), а исходный уровень кортизола немного выше у городских юных дзюдоистов (рис. 2) и у детей, занимающихся удовлетворительно (рис. 4).

Сравнительный анализ антропометрических данных показал, что городские дети значительно выше сельских и имеют достоверно большую массу и толщину жировой складки, что, однако, не согласуется с их двигательными возможностями. Юные сельские спортсмены превосходят городских по выносливости, что согласуется с данными других авторов /4, 7/.

У городских детей наблюдается значительное увеличение концентрации соматотропина на тренировочную нагрузку малой интенсивности ($P < 0,01$), напротив, у сельских детей реакция гипофиза на данную нагрузку практически отсутствует ($P > 0,05$), что, по-видимому, можно объяснить большей двигательной и трудовой активностью сельских детей.

В условиях нагрузки средней и большой интенсивности уровень соматотропина заметно повышается как у городских, так и у сельских юных спортсменов, достигая у последних наиболь-

шего значения (рис. 1). При тренировочной нагрузке малой и средней интенсивности концентрация кортизола имеет тенденцию к понижению у всех мальчиков, но это несколько более выражено у сельских детей. В ответ же на тренировочную нагрузку большей интенсивности уровень кортизола не изменяется (рис. 2).

Отмечено, что в условиях нагрузки малой интенсивности реактивность гипофиза достоверно возрастает у удовлетворительно занимающихся детей и снижается в такой же степени у детей, отлично справляющихся с нагрузкой (рис. 3).

При средней и большой нагрузке концентрация соматотропина значительно возрастает в обеих группах.

В ответ на малую и среднюю нагрузку уровень кортизола имеет несущественную тенденцию к понижению у детей обеих групп. В условиях нагрузки большой интенсивности концентрация кортизола у удовлетворительно занимающихся детей незначительно повышается, а у детей, хорошо успевающих, в такой же степени понижается (рис. 4).

В условиях тренировочной нагрузки средней и большой (но не малой) интенсивности уровень соматотропина значительно повышается как у детей с малым (до 10 мес) стажем, так и у детей со средним (от одного года до полутора лет) стажем тренировки. У более подготовленных спортсменов с большим (от 1,5 до 4 лет) стажем все три вида спортивных нагрузок вызывают значительно меньшие сдвиги в концентрации соматотропина (рис. 5). Это согласуется с представлением о том, что при многократном и длительном действии стрессора в организме вырабатывается резистентность к нему, при этом реактивность эндокринного звена постепенно уменьшается вплоть до полного отсутствия реакции. То же наблюдается и в процессе тренировки при повторении одинаковых физических нагрузок /2/.

Концентрация кортизола вне нагрузки достоверно ниже у детей с большим спортивным стажем /10/. Уровень кортизола у подростков малого спортивного стажа при нагрузках средней интенсивности несколько снижается ($P > 0,05$), а во всех остальных случаях достоверно не изменяется (рис. 6).

При корреляционном анализе выявлена отрицательная связь ($-0,5$; $P < 0,05$) между уровнями соматотропина и кортизола до и после тренировочной нагрузки различной интенсивности.

На всех стадиях полового созревания установлено положительное влияние концентрации соматотропина на массу тела, рост, окружность грудной клетки, длину конечностей, при от-

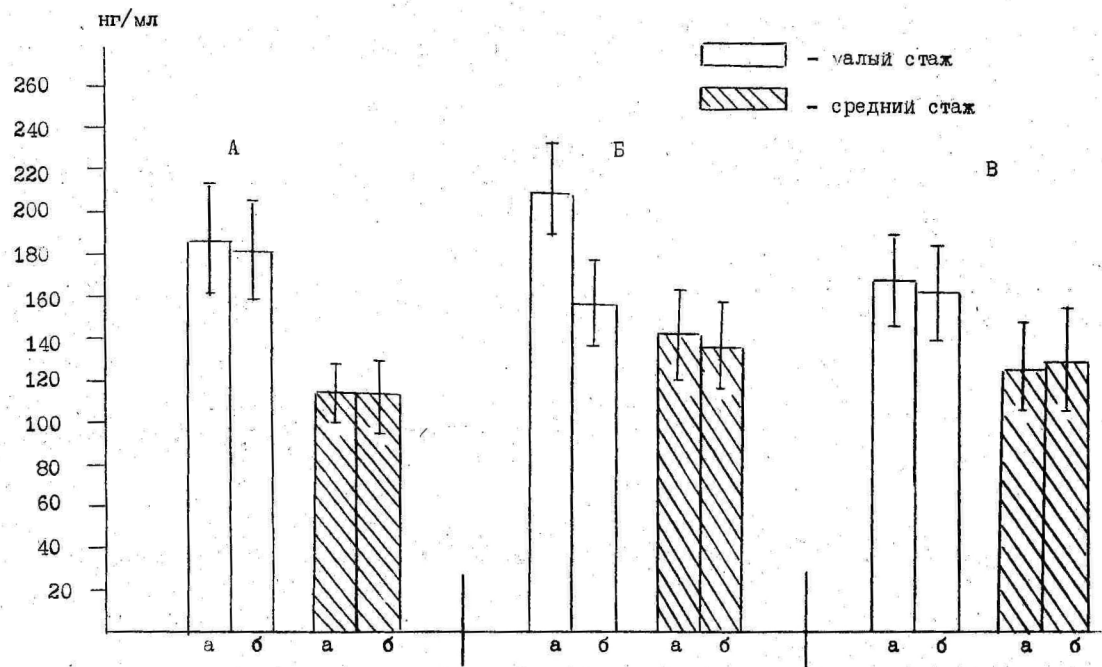


Рис. 1. Динамика концентрации соматотропина в плазме крови у городских и сельских мальчиков до (а) и сразу (б) после физической нагрузки малой (А), средней (Б) и большой (В) интенсивности.

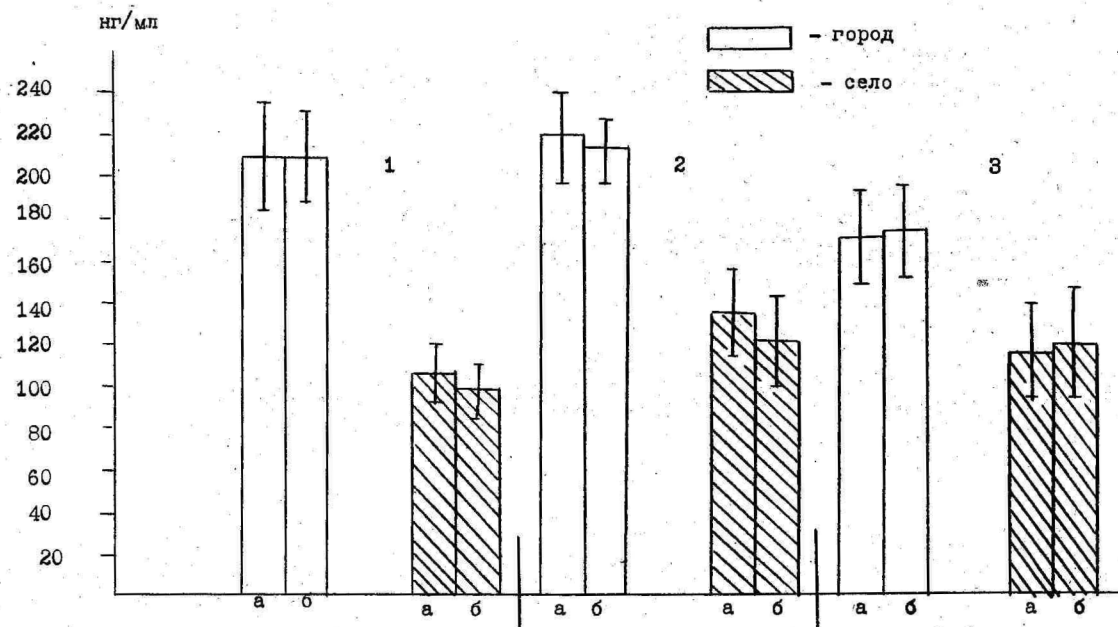


Рис. 2. Динамика концентрации кортизола в плазме крови у городских и сельских мальчиков до (а) и сразу (б) после физической нагрузки малой (1), средней (2) и большой (3) интенсивности.

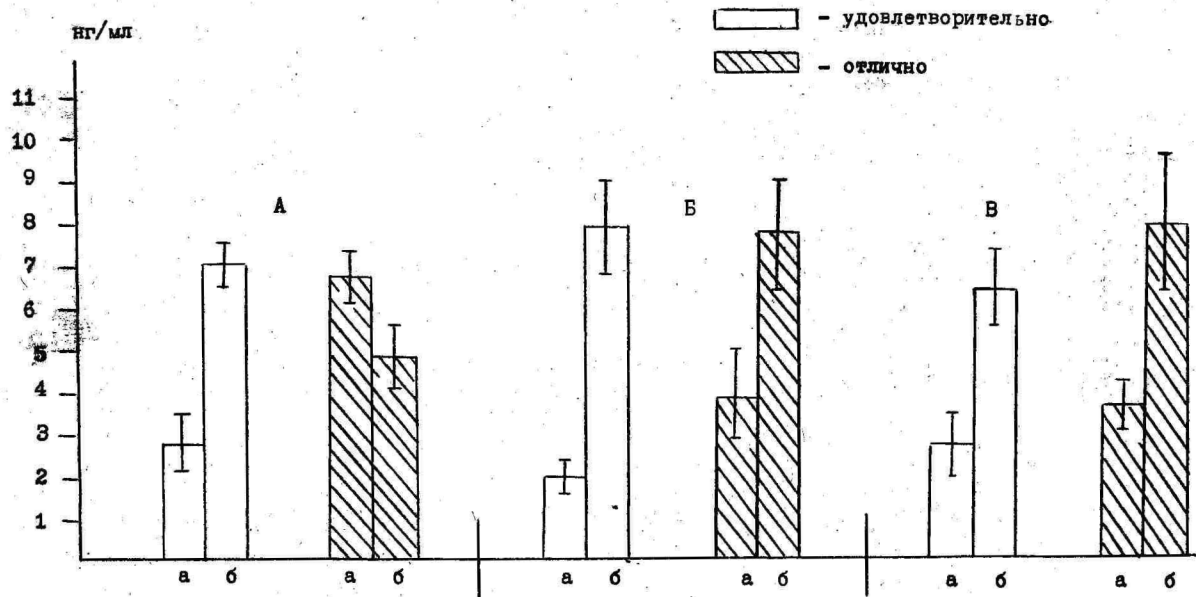


Рис. 3. Динамика концентрации соматотропина в плазме крови у мальчиков до (а) и сразу (б) после физической нагрузки малой (А), средней (Б) и большой (В) интенсивности в зависимости от успешности тренировки.

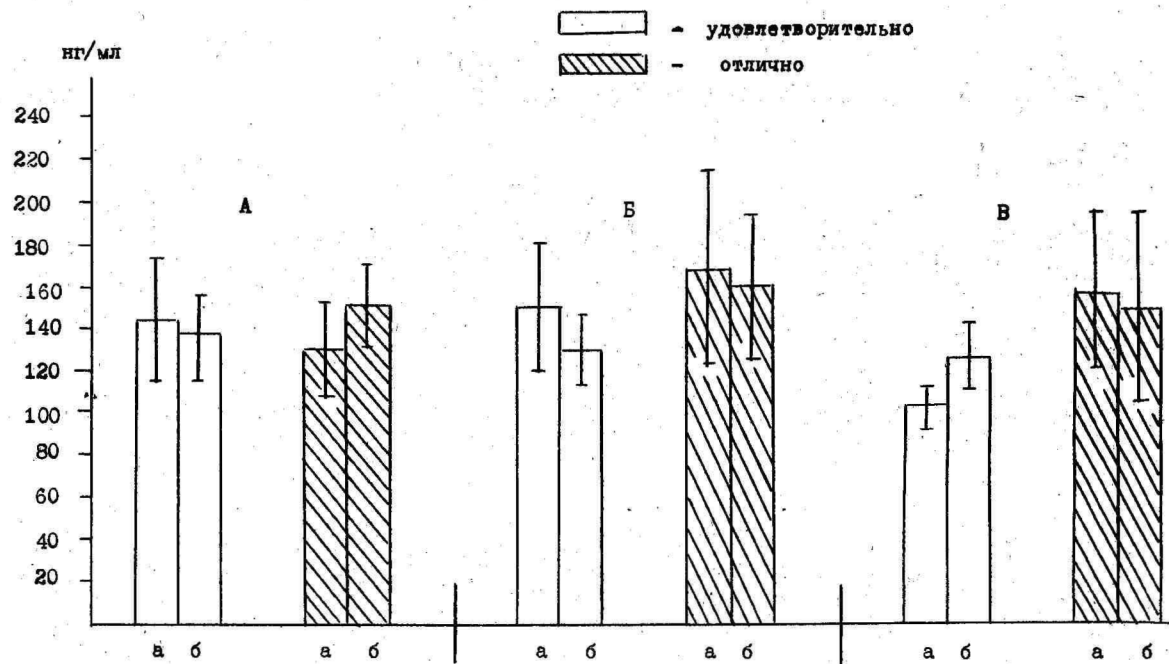


Рис. 4. Динамика концентрации кортизола в плазме крови у мальчиков до (а) и сразу (б) после физической нагрузки малой (А), средней (В) и большой (В) интенсивности в зависимости от успешности тренировок.

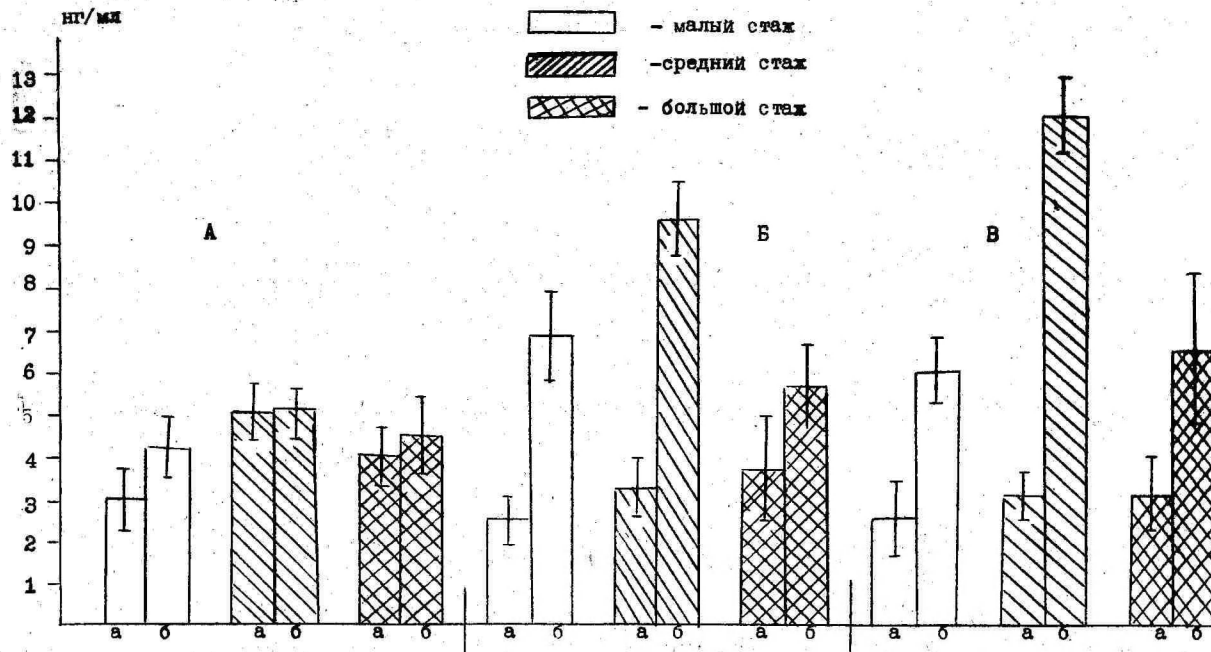


Рис. 5. Динамика концентрации соматотропина в плазме крови у мальчиков до (а) и сразу (б) после физической нагрузки малой (А), средней (Б) и большой (В) интенсивности в зависимости от спортивного стажа.

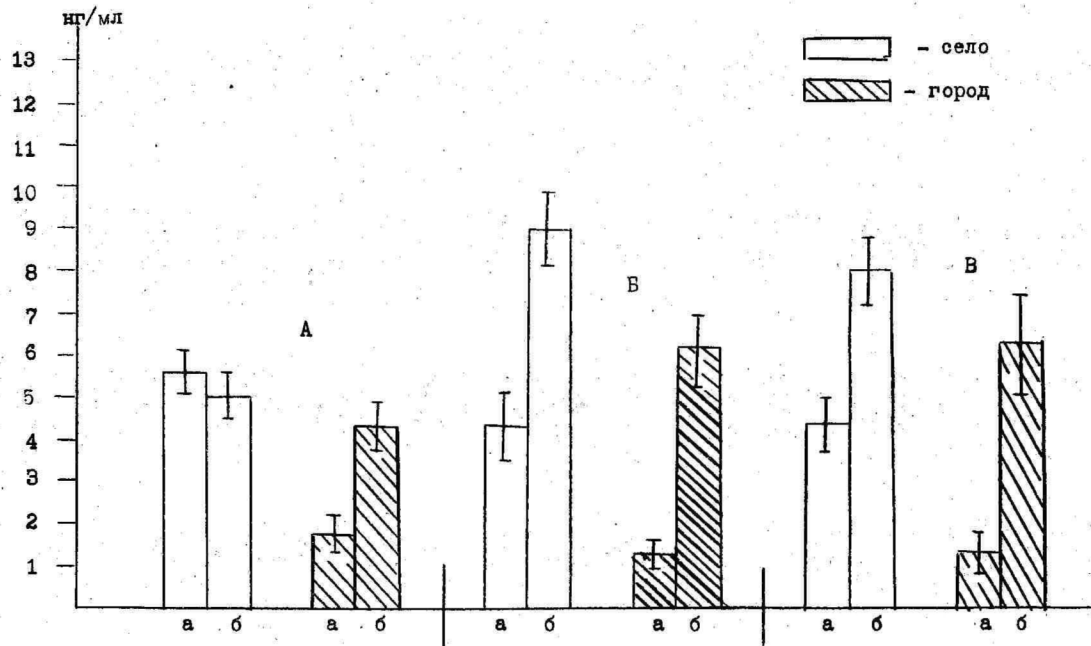


Рис. 6. Динамика концентрации кортизола в плазме крови у мальчиков до (а) и сразу (б) после физической нагрузки малой (А), средней (Б) и большой (В) интенсивности в зависимости от спортивного стажа.

рицательном воздействии на толщину жировой складки.

Все перечисленные корреляционные связи усиливаются на III стадии полового созревания, и именно на этой стадии отмечены наиболее высокие темпы соматического развития на фоне наибольшего снижения толщины жировой складки. На той же стадии полового созревания выявлено отрицательное воздействие концентрации кортизола на все антропометрические показатели, при положительном — на толщину жировой складки.

Сопоставление данных корреляционного и графического анализа особенностей секреции соматотропина и кортизола позволяет сделать заключение о большой эффективности соматотропина по сравнению с кортизолом в регуляции метаболических процессов в условиях систематического воздействия физических нагрузок: разное воздействие, оказываемое этими гормонами на жировой и жировой обмен, дает возможность понять физиологическую целесообразность повышения секреции соматотропина и снижения продукции кортизола в организме спортсменов подростков в условиях покоя и после напряженной мышечной деятельности, протекающей к тому же на фоне интенсивного пубертатного роста.

Приведенные данные позволяют предложить гормональный индекс СТП (кортизол) как показатель, характеризующий устойчивость гипофизарно-надпочечниковой системы и способ оценки адекватности или неадекватности течения адаптационных процессов при спортивной тренировке юных спортсменов.

Использованная литература

1. Андреев В.М., Матвеева Э.А., Сьтник В.И. и др. Определение интенсивности тренировочной нагрузки в борьбе дзюдо // Спортивная борьба. — М., 1974. — С. 13-16.
2. Виру А.А. Положительное значение стрессовой реакции в механизме развития тренированности // Теория и практика физической культуры. — 1977. — № 9. — С. 28-30.
3. Виру А.А., Кырге П.К. Гормоны и спортивная работоспособность. — М.: ФиС, 1983. — 343 с.
4. Ворощин В.П. Сравнительная характеристика физической подготовленности сельских и городских школьников Южного Урала // Адаптация детей школьного возраста к физической нагрузке. — Челябинск, 1981. — С. 78-83.

5. Луконин Д.В. Влияние физических нагрузок на соматополовое развитие, функциональную активность аденогипофиза и гонад мальчиков пре- и пубертатного возраста: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. - М., 1979. - 23 с.
6. Розен В.Б. Основы эндокринологии // М.: Высшая школа, 1980. - 343 с.
7. Скороходов М.Н. Физическое развитие и физическая подготовленность сельских и городских школьников // Физиология развития детей и подростков. - Тамбов, 1980. - С. 104-114.
8. Шаханова А.В., Колесов Д.В. Особенности реакции гипофиза на физическую нагрузку у мальчиков в процессе полового созревания // Новые исследования по возрастной физиологии. - М., 1981. - № 2. - С. 52-55.
9. Brisson G.R., Ledoux M., Peronnet F., Dulac S., De Carufel D., Volle M.A., Rainville J., Audet A. Prolactinemia in exercising male athletes // Hormone Res. - 1981. - Vol. 15. N 4. - P. 218-223.
10. Dobrzanski T., Zurowski S., Kempnerska O., Graban W. Chronoendocrinological studies in athletes. Circadian rhythms of T3, TSH, cortisol and testosterone // Acta physiol. pol. - 1979. - Vol. 30. N 4. - P. 489-497.
11. Raisz Lawrence G., Kream Barbara E. Hormonal control of skeletal growth // Ann. Rev. Physiol. - 1981. - Vol. 43. - P. 225-238.

HORMONAL EVALUATION OF YOUNG SPORTSMEN'S ADAPTATION TO
PHYSICAL EXERCISE

B. Andrukhaeva

S u m m a r y

During training 74 young sportsmen (aged from 10 to 17) were examined.

We established different reactions of the hypophysis (according to somatotropin) and of the adrenal glands (according to cortisol), depending on the young sportsmen's residence, probation and progress in sports.

ГОРМОНАЛЬНЫЙ АНСАМБЛЬ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СИЛОВЫХ УПРАЖНЕНИЙ

К.М. Карелсон, Т.А. Смирнова, Т.А. Юрмяэ

Кафедра спортивной физиологии, лаборатория гормональной регуляции мышечной деятельности, кафедра физического воспитания Тартуского государственного университета

Выполнение программы интенсивных силовых упражнений в течение 30 мин обуславливало у 9 нетренированных мужчин (возраст 21-25 лет) существенное увеличение концентрации кортизола, кортикотропина, соматотропина и тестостерона в плазме крови. Через 1 час после упражнений уровни инсулина и С-пептида повышались, а через 6 часов концентрация кортизола и тестостерона снижалась до уровня ниже исходного. Через 24 часа после выполнения силовых упражнений концентрация кортизола оставалась ниже исходного уровня, концентрации других гормонов не отличалась от исходных величин.

Существенное различие в специфике изменений в организме, наступающее под влиянием упражнений на развитие выносливости или силы, хорошо известно как по результатам соответствующих исследований /4/, так и по практическому опыту спортивной тренировки. Учитывая роль гормонов в индукции адаптивного синтеза белка /1/, возникает вопрос о том, не вызывают ли силовые упражнения других изменений в гормональном ансамбле по сравнению с теми, которые известны при выполнении упражнений на выносливость /2/. Выяснению этого вопроса было посвящено настоящее исследование. Результаты предварительной серии наблюдений, проведенных в этом же направлении, показали, что силовые упражнения оказывают разнонаправленное влияние на уровень в крови гормонов, регулирующих белковый обмен /3/.

Методика

Исследуемые (9 нетренированных студентов, возраст 21–25 лет, рост 170–190 см, вес 57–90 кг) выполняли в течение 30 мин трижды программу силовых упражнений, состоящую из 10 упражнений, проводимых различными группами мышц на специальных тренажерах. Каждое упражнение выполнялось в течение 30 сек на предельное количество повторений. Интервал отдыха между упражнениями был 30 сек. До, после, а также через 1,6 и 24 часа после упражнений из локтевой вены брали пробы крови. В плазме крови определяли кортизол, кортикотропин, соматотропин, тестостерон, инсулин и С-пептид радиоиммунологическим методом, а также глюкозу.

Результаты исследования и их обсуждение

Сразу по окончании выполнения программы силовых упражнений наблюдался повышенный уровень кортизола, кортикотропина, соматотропина и тестостерона в крови (табл.). Концентрация инсулина и С-пептида существенно не изменялась.

Через 1 час после работы активация кортикотропной функции аденогипофиза прекращалась, а высокий уровень кортизола в крови все же поддерживался. Концентрация соматотропина приближалась, а концентрация тестостерона возвращалась к исходному уровню, концентрация инсулина и С-пептида увеличивалась. Через 6 часов наступало падение уровней кортизола и тестостерона ниже исходного при нормализации содержания других гормонов в крови. Единственное изменение, которое обнаруживалось через 24 часа, было поддержание пониженного уровня кортизола.

Таким образом, полученные данные не выявили принципиальных различий от изменений, которые наблюдаются при выполнении упражнений на выносливость /2/. Во всяком случае установленные при выполнении силовых упражнений изменения в гормональном ансамбле не позволяют выявить причину стимуляции мышечной гипертрофии силовыми упражнениями /4/. В этом плане заслуживает внимания лишь увеличение концентрации тестостерона во время выполнения силовых упражнения, что не всегда наблюдается при выполнении динамической циклической мышечной работы /2/. В какой-то мере можно думать, что длительное поддержание пониженного уровня кортизола в крови также может

Таблица

Влияние силовых упражнений на уровень гормонов и глюкозы в плазме крови ($\bar{x} \pm m$)

Гормоны	До упражне- ний	Сразу после упражнений	Через I час	Через 6 часов	Через 24 часа
Кортизол (нМ л ⁻¹)	633 \pm 40	<u>900\pm47</u>	<u>950\pm65</u>	<u>437\pm27</u>	<u>482\pm52</u>
Кортикотропин (пг мл ⁻¹)	21 \pm 5	<u>116\pm17</u>	22 \pm 8	16 \pm 3	12 \pm 2
Соматотропин (нг мл ⁻¹)	1,6 \pm 0,8	<u>48,0\pm5,9</u>	<u>12,2\pm1,4</u>	1,0 \pm 0,4	1,2 \pm 0,3
Тестостерон (нМ л ⁻¹)	24,7 \pm 2,0	<u>32,0\pm2,6</u>	23,6 \pm 2,1	<u>17,0\pm1,5</u>	21,7 \pm 2,4
Инсулин (мкЕд мл ⁻¹)	14,8 \pm 3,3	12,1 \pm 1,2	<u>23,4\pm3,5</u>	19,7 \pm 3,6	18,4 \pm 4,1
C-пептид (нМ л ⁻¹)	0,9 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1	1,3 \pm 0,3	1,1 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1
Глюкоза (мм л ⁻¹)	4,82 \pm 0,19	5,38 \pm 0,20	5,25 \pm 0,21	5,42 \pm 0,23	4,90 \pm 0,20

Средние, статистически существенно ($P < 0,05$) отличающиеся от исходных величин, подчеркнуты.

способствовать смещению отношения между анаболическими и катаболическими процессами в пользу первых.

Отсутствие существенных изменений в содержании глюкозы в крови не позволяет связывать отмеченные гормональные изменения с глюкостатическим эффектом /5/.

Л и т е р а т у р а

1. Виру А.А. Гормональный механизм адаптации и тренировки. - Л.: Наука, 1981. - 156 с.
2. Виру А.А., Кырге П.К. Гормоны и спортивная работоспособность. - М.: ФИС, 1983. - 147 с.
3. Карелсон К.М., Виру А.А., Смирнова Т.А. Влияние силовых упражнений на уровень в крови гормонов, регулирующих белковый обмен // Актуальные проблемы функциональных резервов спортсмена. - Л., ГОЛИФК им П.Ф. Лесгафта, 1985. - С. 80-83.
4. Hollmann W., Hettinger T. Sportmedizin-Arbeits- und Trainingsgrundlagen. - Stuttgart, New York: F.K. Schattauer Verlag, 1976. - 697 S.
5. Kozlowski S., Nazar K. Fizjologiczna regulacja metabolizmu wysilkowego // Acta Physiol Pol. - 1979. - Vol. 30, Suppl. 18. - P. 19-61.

HORMONAL ENSEMBLE IN STRENGTH EXERCISE

K. Karelson, T. Smirnova, T. Jürimäe, A. Viru

S u m m a r y

In 9 untrained students (21-25 years old) the programme of intensive strength exercises for 30 min caused significant increases in the blood levels of cortisol, corticotropin, somatotropin and testosterone. 1 h later the levels of insulin and C-peptide increased, 6 h later concentrations of cortisol and testosterone diminished to levels below the initial. After 24 hrs the concentration of cortisol remained below the initial, concentrations of other hormones did not differ from initial values.

ЭКЗОГЕННЫЙ ГИДРОКОРТИЗОН В ПРОФИЛАКТИКЕ ДИЗАДАПТАЦИИ (ПЕРЕТРЕНИРОВКИ)

В.Я. Русин, В.В. Насолодин, Т.Н. Хрусталева,
И.П. Гладких, С.М. Воронин

Кафедра физиологии человека и животных
Ярославского педагогического института

Ежедневное введение гидрокортизона в дозе 25 мг собакам на фоне систематического воздействия больших мышечных нагрузок предупреждает, судя по изменениям массы тела, силы, выносливости и ряда показателей крови и секреторной активности желудочных желез, развитие проявлений дизадаптации (перетренировки). Эффективность защитного действия кортикостероидов проявляется, как видно из динамики сдвигов различных показателей, на разных этапах развития состояния перетренированности. Предупреждение некоторых признаков перетренировки сопровождается, однако, более интенсивным снижением показателей неспецифической иммуноустойчивости организма животных.

Активное участие коры надпочечников желез в приспособительных реакциях организма, в частности, в процессе адаптации к мышечным нагрузкам достаточно убедительно показано многими исследователями /2, 3, 4 и др./. Естественным следствием установленного факта можно считать попытки управления процессом адаптации с помощью адаптивных гормонов адренокортикальной системы /5, 6/. При этом наиболее перспективным нам представлялось использование кортикостероидов не в обычных условиях тренировки умеренными нагрузками, а в условиях, угрожающих срыву процесса адаптации, когда используются чрезмерные нагрузки.

В настоящем исследовании предпринята попытка предупредить или ослабить явления перетренировки (дизадаптации) при резком увеличении тренировочных нагрузок предварительно тренированным животным с помощью гидрокортизона.

Методика

Исследование проведено на 5 беспородных собаках, подвергнутых операции наложения фистулы желудка. Основной целью оперативного вмешательства было получение возможности оценить динамику сдвигов показателей желудочной секреции — показателей, быстро и стабильно реагирующих на мышечные нагрузки разной интенсивности /7, 8/. Кроме того, у оперированных собак, как показали наши предыдущие опыты, значительно легче, нежели у интактных, добиться перетренировки в условиях воздействия статических нагрузок /7/.

Хронические опыты продолжительностью 5 месяцев состояли из следующих этапов: 1) исходный период в течение 10 недель для восстановления животных после операции и получения исходных данных; 2) тренировка в течение 6 недель всех животных умеренными статическими нагрузками, равными 40% от максимально выдерживаемого груза (МВГ) по 2 часа ежедневно; 3) после этого 4-х собак продолжали тренировать умеренными нагрузками, а 2-х подвергали воздействию больших мышечных нагрузок, равных 80% от МВГ ежедневно до полного утомления (повисания в фиксирующих лямках станка), одновременно этим животным начинали вводить суспензию гидрокортизона внутримышечно в дозе 25 мг ежедневно. Контрольной группе вводили эквивалентное количество изотонического раствора.

О влиянии мышечных нагрузок разной интенсивности судили по изменению массы тела, МВГ, физической выносливости (удержание груза, равного 80% от МВГ до полного утомления), ряда показателей крови и секреторной активности желудочных желез.

В крови определяли содержание эритроцитов и гемоглобина, активность пероксидазы (по Попову и Нейковска) и церулоплазмينا (по Равину), титр лизоцима (нефелометрически) и компонента (по 50-процентному гемолизу).

Секреторную активность желудочных желез в ответ на подкожную инъекцию гистамина в дозе 1 мл 0,5% раствора характеризовали: количество отделяемого сока, общая кислотность, титр свободной и связанной соляной кислоты, дебит соляной кислоты, объемы кислотного и щелочного компонентов сока, переваривающая способность сока.

Все показатели регистрировали в исходный период, после 6-недельной тренировки умеренными нагрузками и через каждые 10 дней в период воздействия больших нагрузок.

Цифровой материал по результатам оценки активности желудочных желез с учетом числа наблюдений обрабатывали статистически.

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ динамики массы тела, силы (МВГ) и выносливости животных на примере двух собак, данные для которых приведены в таблице I, дает достаточно оснований считать предложенный режим воздействия мышечных нагрузок весьма перспективным для получения модели дезадаптации. Особенно демонстративными были изменения МВГ и выносливости. МВГ после тренировки умеренными нагрузками сначала возрастала на 37%, в первые 10-20 дней воздействия большими нагрузками существенно не менялась, но к 30 дню падала на 32% по сравнению с предыдущим исследованием. Аналогичная картина прослеживается и в динамике выносливости.

Гидрокортизон заметно предупреждал падение веса тела на 3-й декаде перетренировки. Предупреждение снижения МВГ и особенно выносливости было выражено в еще большей степени (табл. I). Таким образом, действие гидрокортизона на физическое состояние и физические возможности животных проявилось в основном к концу периода перетренировки.

Несколько отличной была реакция других показателей состояния организма.

Дополнительное введение адаптивного гормона отразилось на динамике содержания гемоглобина и эритроцитов, однако, эффект проявлялся либо только во 2-й декаде (заметный прирост содержания гемоглобина), либо в 1-й и во 2-й (прирост числа эритроцитов). На 3-й декаде перетренировки поддерживающее действие гидрокортизона ослабевало. Можно предположить, основываясь на этих данных, что для предупреждения дезадаптации в условиях столь длительного воздействия максимальных мышечных нагрузок необходимо было увеличить дозу гормона. Нельзя исключить, однако, и возможность подавления при длительном введении экзогенного гидрокортизона инкреции эндогенных кортикостероидов.

Небезынтересна информация о динамике двух металлоферментов. Гидрокортизон совершенно не повлиял на выраженное снижение активности церулоплазмينا, наблюдаемое нами и раньше, но заметно - в 1,5-2 раза - увеличил активность пероксидазы. Полезный адаптивный характер такого сдвига просматривается в

Таблица I

Динамика некоторых показателей крови и физической выносливости при тренировке умеренными и большими мышечными нагрузками

Показатели	Группа	Время исследования				
		до опыта	после тренировки	после перетренировки		
				10-й день	20-й день	30-й день
I	2	3	4	5	6	7
Гемоглобин, г/л	контроль					
	абс. велич.	13,2	14,6	13,2	12,2	10,6
	измен. в %		+10	+0	-8	-19
	подопытная					
Эритроциты, $10^{12}/л$	абс. велич.	13,8	15,8	13,6	15,4	11,8
	измен. в %		+14	-1	+13	-15
	контроль					
	абс. велич.	4,4	4,9	5,4	5,0	4,4
Гемоглобин, г/л	измен. в %		+11	+23	+14	+0
	подопытная					
	абс. велич.	4,7	5,2	6,9	6,3	4,9
	измен. в %		+11	+47	+37	+4

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5	6	7
Активность церулоплазмينا, ед.	контроль					
	абс. велич.	0,23	0,09	0,09	0,05	0,05
	измен. в %		-60	-60	-78	-78
	подопытная					
Активность пероксидазы, мV	абс. велич.	183	223	263	320	280
	измен. в %		+22	+45	+76	+74
	подопытная					
	абс. велич.	131	229	297	291	263
Лизоцим, мкг/мл	измен. в %		+75	+127	+122	+100
	контроль					
	абс. велич.	6,2	9,4	8,3	19,4	12,4
	измен. в %		+51	+35	+216	+100
Комплемент, ед.	подопытная					
	абс. велич.	7,3	9,8	6,8	15,6	9,4
	измен. в %		+35	-7	+116	+29
	контроль					
Комплемент, ед.	абс. велич.	45,0	45,8	41,4	66,0	76,0
	измен. в %	+2	-8		+47	+69
	подопытная					
	абс. велич.	45,2	47,0	39,7	60,4	65,2
Комплемент, ед.	измен. в %		+4	-11	+38	+44

Окончание табл. I

I	2	3	4	5	6	7
Масса тела, кг	контроль					
	абс. велич.	24	24	25	25	23
	измен. в %		+0	+4	+4	-4
	подопытные					
Максимально выдерживаемый груз, кг	абс. велич.	21	19	22	22	21
	измен. в %		-9	+5	+5	+0
	контроль					
	абс. велич.	35	48	48	49	38
Статическая выносливость, мин	измен. в %		+37	+37	+41	+9
	подопытные					
	абс. велич.	42	56	51	59	53
	измен. в %		+33	+22	+41	+27
Статическая выносливость, мин	контроль					
	абс. велич.	20	56	73	143	80
	измен. в %		+180	+268	+570	+300
	подопытные					
Статическая выносливость, мин	абс. велич.	26	71	98	242	186
	измен. в %		+174	+280	+830	+620

Таблица 2

Динамика показателей секреторной активности желудочных желез при тренировке умеренными и большими мышечными нагрузками

Показатели	Группа и число наблюдений	Время исследования				
		до опыта	после тре- нировки	после перетренировки		
				10-й день	20-й день	30-й день
I	2	3	4	5	6	7
Объем желу- дочного сока, мл	контроль (6)					
	абс. велич.	53 \pm 2	39 \pm 2	32 \pm 2	29 \pm 3*	21 \pm 1*
	измен. в %		-26	-40	-45	-60
	подопытные (12)					
абс. велич.	54 \pm 6	42 \pm 6	46 \pm 7	41 \pm 6	36 \pm 6**	
измен. в %			-22	-15	-24	-33
Свободная соляная кислота, ммоль/л	контроль (6)					
	абс. велич.	80 \pm 4	68 \pm 2	67 \pm 3	58 \pm 4	37 \pm *
	измен. в %		-15	-16	-27	-54
	подопытные (12)					
абс. велич.	58 \pm 5	48 \pm 5	51 \pm 5	42 \pm 4	36 \pm 3	
измен. в %			-17	-12	-17	-38
Общая кис- лотность, ммоль/л	контроль (6)					
	абс. велич.	109 \pm 5	94 \pm 5	75 \pm 6*	57 \pm 2*	53 \pm 1*
измен. в %			-14	-31	-48	-52

I	2	3	4	5	6	7
Общая кислотность, ммоль/л	подопытные (I2) абс. велич.	86 \pm 3	72 \pm 4	69 \pm 4	58 \pm 3	53 \pm 2*
	измен. в %		-12	-20	-32	-38
Связанная соляная кислота, ммоль/л	контроль (6) абс. велич.	19 \pm 0,8	14 \pm 1,4	11 \pm 2,0	7 \pm 0,5**	4 \pm 0,7**
	измен. в %		-26	-42	-62	-79
	подопытные (I2) абс. велич.	17 \pm 2,0	13 \pm 2,0	13 \pm 3,0	12 \pm ,4***	9 \pm 1,2***
	измен. в %		-23	-23	-29	-47
Дебит соляной кислоты, ммоль/л	контроль (6) абс. велич.	6,3 \pm 0,2	4,4 \pm 0,3	3,1 \pm 0,3	2,2 \pm 0,3**	1,6 \pm 1,0**
	измен. в %		-26	-42	-62	-79
	подопытные (I2) абс. велич.	5,0 \pm 0,6	4,0 \pm 0,6	4,0 \pm 0,6	3,4 \pm 0,4	2,7 \pm 0,5
	измен. в %		-20	-20	-32	-46
Объем кислотного компонента, мл	контроль (6) абс. велич.	38 \pm 2	27 \pm 2	21 \pm 3	15 \pm 1*	11 \pm 2**
	измен. в %		-29	-44	-60	-71
	подопытные (I2) абс. велич.	33 \pm 5	25 \pm 4	24 \pm 4	20 \pm 3	17 \pm 3
	измен. в %	-24	-27	-39	-39	-48

Окончание табл. 2

I	2	3	4	5	6	7
Объем щелочного компонента, мл	контроль (6)					
	абс. велич.	16 \pm 2	12 \pm 1	11 \pm 1	17 \pm 2	10 \pm 1
	измен. в %		-25	-31	-	-37
	подопытные (I2)					
Переваривающая способность сока, мм	абс. велич.	19 \pm 2	17 \pm 2	22 \pm 4**	21 \pm 4	20 \pm 2**
	измен. в %		-10	+16	+10	+5
	контроль (6)					
	абс. велич.	1,1 \pm 0,03	0,9 \pm 0,07	1,0 \pm 0,08	0,8 \pm 0,03	0,4 \pm 0,08*
мм	измен. в %		-18	-9	-27	-64
	подопытные (I2)					
	абс. велич.	0,7 \pm 0,09	0,7 \pm 0,07	0,6 \pm 0,10	0,4 \pm 0,06	0,3 \pm 0,05*
	измен. в %		-0	-14	-47	-54

Примечание: * - различия достоверны по сравнению с периодом "после тренировки" ($p < 0,05$);

** - различия достоверны по сравнению с соответствующей величиной в контроле.

том, что создаются условия для более эффективной нейтрализации образующихся в процессе интенсивной мышечной деятельности перекисных соединений.

Особенно ярко проявилось защитное действие гидрокортизона в условиях, характерных для перетренировки изменений функциональной активности желудочных желез (табл. 2). Динамика практически всех показателей желудочной секреции, кроме переваривающей силы сока, свидетельствовала о том, что введение адаптивного кортикостероида на 30-50% снижало степень угнетения секреторной функции желез желудка. Различия в степени угнетения функции желез выглядят еще более внушительно, если сравнивать изменения показателей в процессе перетренировки не с исходными величинами, а с уровнем, достигнутым к моменту окончания тренировки умеренными нагрузками. В этом случае, например, соотношение между контрольными и подопытными животными к концу 3-й декады перетренировки выглядит следующим образом: свободная соляная кислота - снижение в контроле на 44%, в опыте - на 15% (разница почти в 3 раза); связанная кислота - соответственно на 69 и 31% (более чем в 2 раза): дебит соляной кислоты - на 64 и 32% (в 2 раза).

Несколько настораживает динамика показателей неспецифической иммуностойчивости животных (табл. I). Совершенно очевидно, что гидрокортизон, обладая способностью предупреждать некоторые проявления перетренировки, снижает, судя по изменению комплементарной и, особенно, лизоцимной активности крови, неспецифическую иммуностойчивость организма, на что имеются многочисленные указания в литературе. Можно надеяться, что неблагоприятного влияния гидрокортизона на иммуностойчивость организма удастся избежать одновременным введением стимуляторов иммуногенеза.

Литература

1. Виру А.А. Функции коры надпочечников при мышечной деятельности. - М.: Медицина, 1977.
2. Виру А.А. и др. Динамика адренкортикальной активности в процессе тренировки // Эндокринные механизмы регуляции приспособления организма к мышечной деятельности. - Тарту, 1978. - С. 54-60.
3. Виру А.А., Кырге П.К. Гормоны и спортивная деятельность. - М.: ФиС, 1983.
4. Радбиль О.С., Вайнштейн С.Г. Эндокринная система и желудок. - Казань, 1973.

5. Русин В.Я. Неспецифическая сопротивляемость и адаптация к мышечным нагрузкам животных с экспериментальной эндокринной патологией // Эндокринные механизмы регуляции приспособления организма к мышечной деятельности. - Тарту, 1977. - С. 34-39.
6. Русин В.Я. Влияние некоторых витаминов и адаптивных гормонов на мышечную работоспособность и неспецифическую сопротивляемость // Эндокринные механизмы регуляции приспособления организма к мышечной деятельности. - Тарту, 1975. - С. 3-22.
7. Хрусталева Т.Н., Русин В.Я., Полтырев С.С. Секреторная активность желудочных и кишечных желез при адаптации собак к мышечным нагрузкам // Эндокринные механизмы регуляции приспособления организма к мышечной деятельности. - Тарту, 1982. - С. 85-90.
8. Хрусталева Т.Н. и др. Коррекция некоторых проявлений перетренировки в эксперименте введениями комплекса микроэлементов // Реактивность организма при мышечной деятельности и ее возрастные особенности. - Ярославль, 1982. - С. 13-18.

EXOGENOUS HYDROCORTISONE IN THE PREVENTION OF
DISADAPTATION

V.Y. Russin, V.V. Nasolodin, T.N. Khrustalyova,
Y.P. Gladkikh, S.M. Voronin

S u m m a r y

Judging by the state of the trained dogs' 25 mg organisms, daily injections of hydrocortisone in the dose of prevent the break of adaptation when everyday muscular tension increased sharply.

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ II-ОКСИКОРТИКОСТЕРОИДОВ, НАТРИЯ И КАЛИЯ В ПЛАЗМЕ КРОВИ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ ПОСЛЕ МЫШЕЧНОЙ НАГРУЗКИ У НЕПОЛОВОЗРЕЛЫХ КРЫС

В. А. Эфендиева

Лаборатория экспериментальной эндокринологии
Института физиологии АН Азерб. ССР, Баку

У 15- и 30-дневных крыс изучали содержание II-ОКС, натрия и калия в плазме периферической крови в различные периоды (сразу и через 3, 24, 48, 72 часа) после прекращения мышечной нагрузки (плавание 10, 30 минут и 2 часа).

В условиях относительного функционального покоя у крыс 15-дневного возраста содержание II-ОКС было меньше, чем у 30-дневных крыс. Непосредственно после нагрузки содержание II-ОКС в плазме крови у обеих возрастных групп увеличивалось. Степень этого увеличения зависела от продолжительности воздействия и от возраста животных. Наиболее значительное увеличение отмечалось в 30-дневном возрасте. В восстановительном периоде содержание II-ОКС снижалось ниже исходного уровня и не восстанавливалось на протяжении 72 часов. На фоне мышечной нагрузки отмечалось снижение содержания как калия, так и натрия, сохранявшееся на протяжении 72 часов.

Ключевые слова: глюкокортикоидная функция, электролитное равновесие, II-оксикортикостероиды, калий, натрий.

Как известно, интенсивная мышечная деятельность является ситуацией, обуславливающей нарушение гомеостаза и вызывающей серию приспособительных реакций.

В поддержании гомеостаза и в осуществлении адаптационных процессов при мышечной деятельности важную роль играют гормоны гипофизарно-надпочечниковой системы. Имеются сведения о том, что кортикостероидные гормоны принимают участие в поддержании водно-электролитного равновесия /7, 8/. Обнаружена также взаимосвязь между глюкокортикоидной активностью и электролитным обменом во время мышечной работы /1, 2, 3, 9,

II/. Для выяснения взаимоотношения глюкокортикоидной функции коры надпочечников с электролитным обменом при мышечной нагрузке у животных в постнатальном онтогенезе были изучены возрастные особенности содержания II-ОКС, натрия и калия в плазме крови в восстановительном периоде после мышечной нагрузки.

Методика

Опыты проводили на нетренированных белых крысах в возрасте 15 и 30 дней. Часть крыс каждой возрастной группы служила контролем, часть подвергалась дозированной физической нагрузке - плаванию в течение 10, 30 минут и 2 часов. 15-дневные крысы плавали 10 и 30 минут, 30-дневные - 30 минут и 2 часа. Температура воды при проведении всех опытов поддерживалась в пределах 30-32°C. По окончании плавания в различные сроки восстановительного периода (сразу, через 3, 24, 48 и 72 часа после плавания) крыс декапитировали, и в плазме крови определяли содержание II-ОКС спектрофлуорометрическим методом /13/ на спектрофлуорометре МРФ-4 фирмы "Хитачи", содержание калия и натрия - пламенно-фотометрическим методом на лабораторном пламенном фотометре ФПМ-1.

Результаты исследования и их обсуждение

В условиях относительного функционального покоя у крыс 15-дневного возраста содержание II-ОКС в крови было ниже, чем у крыс месячного возраста. Под влиянием мышечной нагрузки у обеих возрастных групп животных происходило возрастание содержания II-ОКС в плазме крови; степень этого увеличения зависела от продолжительности воздействия и от возраста животного. В частности, у 15-дневных крыс после мышечной нагрузки продолжительностью 10 минут концентрация II-ОКС в плазме крови превышала исходный уровень на 67%. В последующем, через 3 часа после плавания концентрация II-ОКС продолжала оставаться повышенной (175%). Спустя 24 часа после прекращения воздействия содержание II-ОКС снижалось, но его уровень оставался выше исходного (133%). Через 48 и 72 часа после плавания содержание II-ОКС становилось ниже контроля (75% и 75%) (рис. I, а).

Повышение мышечной нагрузки до 30 минут приводило у этой возрастной группы крыс к еще большему возрастанию содержания

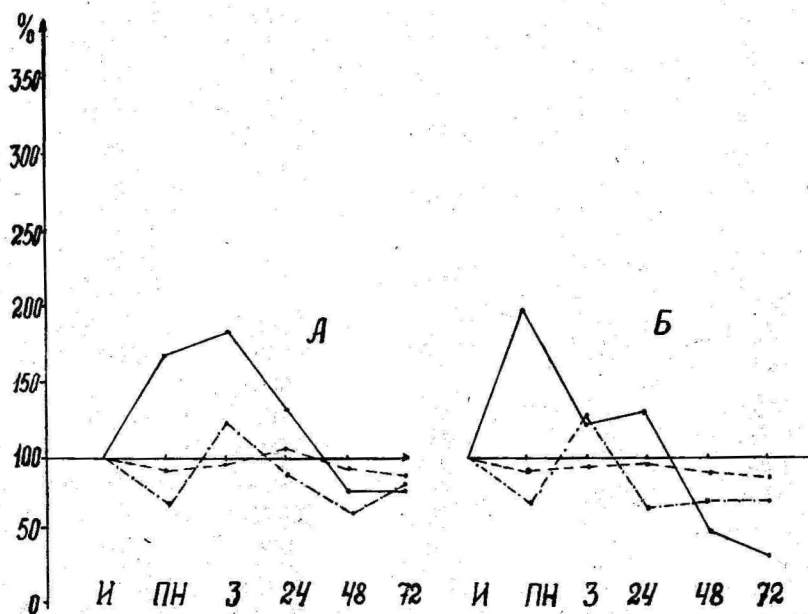


Рис. 1. Содержание II-ОКС, натрия и калия в плазме крови у 15-дневных крыс после прекращения А) 10-минутной, Б) 30- минутной мышечной нагрузки.

На оси ординат - содержание в %, на оси абсцисс - время после прекращения нагрузки (в часах). И - исходная величина, ПН - сразу по прекращении плавания.

II-ОКС - ————— Калий - - - - -

Натрий - - - - -

II-ОКС в плазме крови (200%). Через 3 и 24 часа после прекращения плавания содержание II-ОКС по отношению к предыдущим срокам снизилось, но его уровень еще превышал исходный (125% и 133%). Спустя 48 и 72 часа концентрация II-ОКС оказалась ниже фоновых величин (50% и 41% от исходного значения) (рис. 1, б).

У месячных крыс мышечная нагрузка продолжительностью 30 минут вызвала более значительное увеличение содержания II-ОКС в плазме крови (275%), чем такая же нагрузка у 15-днев-

ных крыс (200%). В восстановительном периоде содержание II-ОКС снижалось и становилось ниже исходного уровня, составляя соответственно 75%, 69%, 50%, 44% от его величины (рис. 2, а).

Более длительная нагрузка (плавание 2 часа) у этой возрастной группы животных еще больше увеличивала содержание II-ОКС в плазме крови (331%). Это указывает на более резкое напряжение гормональной функции коры надпочечников при длительной физической нагрузке. Через 3 и 24 часа после прекращения плавания содержание II-ОКС постепенно снижалось и через 48 и 72 часа становилось ниже контроля (31%, 31% от исходного уровня) (рис. 2, б).

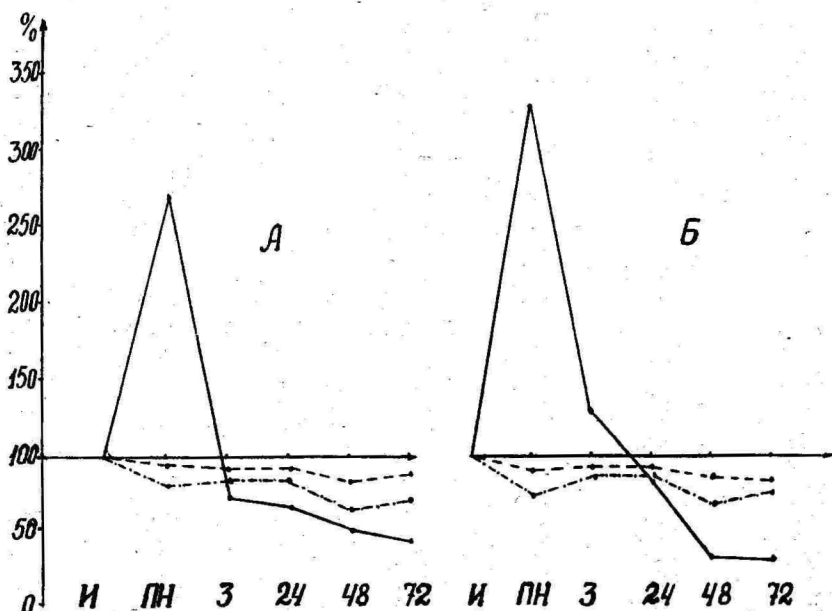


Рис. 2. Содержание II-ОКС, натрия и калия в плазме крови у 30-дневных крыс после прекращения А) 30-минутной, Б) 2-часовой мышечной нагрузки. Обозначения те же, что на рис. 1.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что у крыс 15-дневного возраста исходная величина содержания II-ОКС меньше, чем у крыс 30-дневного возраста. Эти данные находят свое подтверждение в работе /15/, где показано, что у крыс сразу после рождения содержание кортикостерона снижается и остается низким на протяжении 2-х недель. С 3-недельного возраста уровень гормона повышается и к концу полового созревания достигает такого же уровня, как у взрослых животных. КРФ-активность гипоталамических экстрактов крыс месячного возраста устанавливается на величинах, близких к таковым у взрослых животных /4, 5, 14/.

Под влиянием мышечной нагрузки малой и большой длительности происходит активация глюкокортикоидной функции коры надпочечников как у 15-дневных, так и у 30-дневных крысят, что, как известно, является проявлением включения гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы в реакцию на мышечное воздействие.

Более значительная активация происходит в 30-дневном возрасте. Такой факт, на наш взгляд, можно расценивать как проявление более полного созревания гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы в этом возрастном периоде. В пользу сказанного свидетельствуют данные /4, 6/, в которых показано, что в возрасте I месяца гипоталамо-гипофизо-адренкортикальная система крыс активно реагирует на действие стрессоров, резко снижается КРФ-активность гипоталамических экстрактов и содержание АКПГ в гипофизе, что свидетельствует о преобладании секреции КРФ и АКПГ над их синтезом.

У обеих возрастных групп животных после прекращения нагрузки, т.е. в восстановительном периоде активация сменялась истощением тем большим, чем больше нагрузки, и отмеченные изменения не восстанавливались в течение 72 часов.

Можно предположить, что организм 15- и 30-дневных крыс при такой нагрузке работает на пределе своих адаптационных возможностей, в результате чего наступает истощение и восстановление нормативных соотношений резко замедляется. Вполне возможно, что в этом возрастном периоде биохимические механизмы гипоталамуса, участвующие в стресс-реакциях, не достигают еще полноценного развития. Такое предположение находит свое подтверждение в работах /4, 12, 16/, где показано, что в период неполовозрелости потенциальные резервы коры надпочечников и гипофиза выражены слабо, уровень сбалансированности системы гипофиз-кора надпочечников низок, реакция

норадренергических и серотонинергических структур гипоталамуса на действие стрессов меньше, чем у взрослых животных.

Исследование содержания электролитов в плазме крови у 15- и 30-дневных крыс в разные периоды после менее и более длительной мышечной нагрузки показало, что у 15-дневных крыс мышечная нагрузка продолжительностью 10 и 30 минут приводила к снижению содержания калия сразу после нагрузки на 26%, 31% ниже исходной величины, затем через 3 часа после прекращения нагрузки концентрация калия превышала исходный уровень на 26%. Через 24, 48 часов содержание калия становилось ниже исходной величины (составляя, соответственно 91%, 66%, 69%, 71%). Это снижение сохранялось и через 72 часа после прекращения плавания (80%, 71% от исходной величины).

У этих групп животных сразу после 10- и 30-минутной нагрузки отмечалось незначительное снижение содержания натрия в плазме крови (на 9% и 7%); через 3, 24 часа оно достигало исходных величин, а через 48, 72 часа после прекращения нагрузки наступало повторное снижение (соответственно на 9%, 15%, 12% и 13%) (рис. 1а, б).

У 30-дневных крыс после 30-минутной и 2-часовой мышечной нагрузки обнаруживалось заметное снижение содержания калия (на 18% и 27%) и небольшое снижение содержания натрия (на 5% и 10% соответственно) в плазме крови сразу же после прекращения нагрузки, которые продолжали оставаться сниженными на протяжении 72 часов (рис. 2а, б).

Полученные данные свидетельствуют о том, что у 15- и 30-дневных крыс сразу после мышечной нагрузки изменяется электролитное равновесие плазмы, выражающееся в значительном снижении калия и небольшом снижении натрия, сохраняющееся на протяжении 72 часов.

Можно предположить, что наблюдаемые изменения уровня электролитов плазмы крови в наших опытах связаны с повышением концентрации ионов водорода внутри клеток при физической нагрузке, что изменяет перераспределение электролитов между вне- и внутриклеточным пространством. В пользу этого предположения свидетельствуют данные (10), в которых показано в эксперименте на крысах значительное снижение pH крови, снижение концентрации калия в плазме крови и повышение этого иона в миокарде после мышечной нагрузки. Вместе с тем следует также учитывать и изменение после мышечной нагрузки гормонов, регулирующих водно-электролитный обмен.

Обращает на себя внимание тот факт, что после прекраще-

ния плавания в течение 72 часов отмеченные изменения не восстанавливаются. Это, очевидно, обусловлено тем, что в данном возрастном периоде еще проявляется недостаточное развитие механизмов, регулирующих обмен электролитов.

Сопоставляя полученные данные, можно заключить, что в этом возрастном периоде крысы реагируют на мышечное воздействие усилением глюкокортикоидной функции коры надпочечников и изменением электролитов плазмы; но восстановление отмеченных сдвигов не происходит, что, вероятно, связано с ограниченными функциональными возможностями незрелого организма.

Использованная литература

1. Баландин В.И., Королев Л.А., Шурыгин Д.Я. Взаимодействие глюкокортикоидных гормонов, электролитов, свободных аминокислот и функций сердечно-сосудистой системы при спортивных нагрузках // Эндокринные механизмы регуляции приспособления организма и мышечной деятельности. - Тарту, 1975. - Т. У. - С. 79-83.
2. Виру А.А. Функции коры надпочечников при мышечной деятельности. - М., 1977. - С. 87-91.
3. Виру А.А., Кырге П.К., Виру Э.А. Взаимотношение между глюкокортикоидной активностью надпочечников, сердечно-сосудистой системой и электролитным обменом при длительной работе // Физиол. ж. СССР, 1973. - Т. 59, № 1. - С. 105-109.
4. Држевецкая И.А. Возраст и реакция гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной системы на действие чрезвычайных раздражителей // Нейро-эндокринные механизмы адаптации. - М., 1976. - Вып. II. - С. 9-10.
5. Држевецкая И.А., Серебрякова А.А. Возрастные особенности гипоталамической регуляции гипофизарно-надпочечниковой системы у крыс // Проб. эндокринол., 1973. - Т. 19, № 6. - С. 59-61.
6. Држевецкая И.А., Серебрякова А.А. Возрастные особенности реакции гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной системы на кратковременную гипоксию // Нейро-эндокринные механизмы адаптации. - Ставрополь, 1976. - Вып. II. - С. 39-43.
7. Колпаков М.Г. - Кортикостероидная регуляция водно-солевого гомеостаза. - Новосибирск: - Наука, Сибирское отделение, 1967.

8. Колпаков М.Г. Механизмы кортикостероидной регуляции функций организма. - Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1978.
9. Кырге П.К. Водно-электролитный обмен при физической работе и его связь с глюкокортикоидной функцией надпочечников: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Тарту, 1969.
10. Кырге П.К., Марамая С.Я., Вайкмаа М.А. Влияние физической нагрузки на водно-электролитный обмен миокарда и скелетной мышцы в связи с изменениями кислотно-щелочного баланса крови // Физиол. ж. СССР, 1971. - Т. 57, № 8. - С. 1134-1138.
11. Кырге П.К., Роосон С.Я., Массо Р.А. Роль кортикостероидов и некоторых других факторов в регуляции трансмембранного обмена воды и электролитов при физической работе // Труды по физической культуре. - Тарту, 1973. - С. 81.
12. Мишина Г.А. Возраст и глюкокортикоидная функция коры надпочечников белых крыс: Автореф: дис. ... канд. биол. наук. - Харьков, 1970.
13. Панков Ю.А., Усватова Н.Я. Флюорометрический метод определения ПИ-ОКС в плазме периферической крови // Методы исследования некоторых гормонов и медиаторов. - М., 1965. - С. 137-145.
14. Ставицкая Л.М. - Вестник Харьковского университета. Серия биология, 1972. - № 87. - Вып. 4 - С. 28.
15. Шалыпина В.Г., Четырман Н.А. К анализу механизмов рефрактерности гипофиз-адреналовой системы в онтогенезе у крыс // Пробл. эндокринологии. - 1983. - Т. 29, № 5. - С. 55-58.
16. Юсифина Э.З., Плехова Я.И. и др. // Функциональные и адаптационные возможности детей и подростков: Тез. конф. - Петрозаводск, 1974. - Т. I. - С. 58.

CHANGE IN CONTENT OF 11-OXYCORTICOSTEROIDS, SODIUM AND
POTASSIUM IN BLOOD PLASMA DURING RECONSTRUCTIVE PERIOD
AFTER MUSCULAR LOAD IN ADOLESCENT RATS

V. Ephendieva

S u m m a r y

The content of 11-OXC was lower in rats of 15 days old than in rats of 30 days old under conditions of relative functional rest. After loading the content of 11-OXC in the blood plasma increased in both groups of animals. The most considerable increase was noted in the second group. Under conditions of the reconstructive period the content of 11-OXC decreased below the initial level and did not restore during 72 hours. One can notice a decrease in the content of both potassium and sodium continuing for 72 hours against the background of muscular load.

ЭКСКРЕЦИЯ КОРТИКОСТЕРОИДОВ И КАТЕХОЛАМИНОВ У ЧЕЛОВЕКА В СВЯЗИ С ПРОФЕССИЕЙ

К.М. Смирнов, Т.А. Смирнова, Р.Х. Ахметшин
А.А. Кольцов, С.А. Фаустов

Всесоюзный научно-исследовательский институт
охраны труда ВЦСПС (Ленинград).

Тартуский государственный университет

Экскрецию 17-оксикортикоидов (17-ОКС), адреналина (А) и норадреналина (НА) определяли у 127 здоровых мужчин, занятых различным профессиональным трудом в течение суток по 3 порциям мочи. У операторов электростанции наблюдалось большее, чем у сотрудников университета и у занятых тяжелым физическим трудом рабочих кирпичного завода выделение А и НА с мочой. Экскреция 17-ОКС у операторов и сотрудников университета находилась на более высоком уровне, чем у рабочих кирпичного завода. Максимум выделения 17-ОКС, А и НА приходился у многих исследованных лиц на вечерние часы (в 34-44% случаев) и на ночь (в 22-27% случаев), то есть отмечены отклонения от обычного суточного ритма этих показателей. Судя по изученным показателям, рабочее напряжение организма распространяется на всем протяжении суток не только на рабочие часы, но и на свободное время и на время ночного сна.

Рабочее напряжение организма в труде является важным фактором, влияющим на здоровье человека. Разнообразие видов труда в современном производстве определяет необходимость всестороннего изучения рабочего напряжения в физиологии труда и учета получаемых данных при решении многих задач медицины и педагогики. Среди показателей рабочего напряжения внимание исследователей постоянно привлекают изменения под влиянием труда адренокортикальной и симпатoadреналовой активности. Эти показатели отражают участие в процессах рабочего напряжения механизма общей адаптации — неспецифического компонента приспособительных реакций. При исследовании повседневного профессионального труда приходится в основном

ограничиваться наблюдением за выделением гормонов, их предшественников и производных через почки. Интенсивная мышечная работа и эмоциональное возбуждение сопровождаются увеличением выделения кортикостероидов и катехоламинов. Выраженное утомление, а также монотонность труда приводят к снижению уровней выделения /1, 3/. Поэтому учет адренокортикальной и симпатoadренальной активности интересен с точки зрения профессиографической характеристики различных видов труда.

В настоящем исследовании нами изучены три группы практически здоровых мужчин в возрасте от 18 до 47 лет. Рабочие кирпичного завода (г. Колпино, Ленинград) были заняты выгрузкой вручную кирпичей из печей для обжига. Часть из них работала в еще не полностью остывших печах. Дежурные операторы тепловых электростанций (г. Кириши Лен. области и г. Нарва Эст. ССР) были заняты контролем за работой станций у щитов управления. Сотрудники университета (г. Тарту) — преподаватели и научные сотрудники вели свою текущую работу. Условия производственной среды были у всех трех групп удовлетворительными, кроме нагревающегося микроклимата у части рабочих кирпичного завода. Мышечные нагрузки у последних в среднем за смену достигали сверх уровня основного обмена 4 ккал/мин и более. Операторы и сотрудники университета были заняты нефизическим трудом и их двигательная активность в труде была незначительной. Ее можно принять равной примерно 0,5—1,0 ккал/мин сверх уровня основного обмена, в среднем за рабочие часы. Более подробные сведения об особенностях труда исследованных лиц приведены в другом месте /5/. В период исследования никто из испытуемых не проводил систематической спортивной тренировки.

Методика

Сотрудники университета и рабочие кирпичного завода работали в утренние часы. Операторы электростанций чередовали работу в три смены, однако, исследования проведены у них в течение вторых-третьих суток работы в утренней смене. Исследованные лица собирали свою мочу в течение суток — тремя порциями отдельно за утренние рабочие часы, за вечерние часы после работы и за часы ночного сна. Учитывался объем каждой порции мочи и время, за которое она была собрана. В собранной моче определены 17-оксикортикостероиды (17-ОКС) по методу /12/ в модификации /9/, адреналин (А) и норадреналин (НА)

по методу /6/. Продолжительность сбора каждой порции варьировала у разных лиц в пределах десятков минут и в среднем равнялась 8 часам за время работы, 7 часам за вечерние послеобеденные часы и 9 часам за ночь (отход ко сну, сон, утренние процедуры личной гигиены и пр.). Начало сбора утренней порции мочи соответствовало примерно 8 часам утра у сотрудников университета и 6 часам утра у остальных двух групп. Операторы и рабочие кирпичного завода спали в течение суток исследования в профилакториях своих предприятий и там же проводили свое свободное вечернее время. Сотрудники университета находились вне часов работы на своем обычном режиме, часть у себя дома, часть на спортивной базе университета в Кэярику, на учебном (неспортивном) сборе.

Результаты исследования подсчитаны в мкг/час, а величина диуреза в мл/час для каждой порции отдельно и в среднем за сутки.

Результаты исследований

В таблице I представлены данные относительно всех исследованных лиц - средние арифметические и средние ошибки. Сотрудники университета и операторы исследовались в течение одних суток. Некоторых из рабочих кирпичного завода удалось исследовать повторно.

Величины диуреза оказались в среднем сходными во всех трех группах. При сборе мочи самими исследуемыми надо считаться с возможной потерей части ее и, тем самым, с возможностью искажения получаемых результатов. Сходство средних величин позволяет предположить, что ошибки при сборе, если они и были, наблюдались более или менее одинаково в разных группах. Тем самым можно допустить, что межгрупповые различия в средних величинах могут быть использованы для характеристики изученных профессиональных групп.

Выделение I7-ОКС во всех трех группах соответствует в среднем за сутки уровням, наблюдаемым у здоровых людей. В качестве диапазона нормы в клинической диагностике указывается от 90 до 310 мкг/час /9/. Межгрупповые различия статистически не значимы. Средние величины для отдельных порций в течение суток различаются в каждой группе в соответствии с суточным ритмом этих показателей. Минимум выделения приходится на ночные часы. Однако максимум выделения отмечается не в утренние часы, как это наблюдается обычно, а во вторую

Выделение I7-ОКС, А и НА (средние данные)

Показатели и группы лиц	Число		Значение показателей ($\bar{x} \pm m$)			
	лиц	суток	утром	вечером	ночью	за сутки
<u>I7-ОКС - мкг/час</u>						
Сотрудники университета	39	39	I92-I3	I98-II	I62-I6	I84-II
Операторы электростанции	53	53	I66-I4	I95-I4	I15-9	I59-7
Рабочие кирпичного завода	35	46	I35-II	I49-I0	I08-8	I32-6
<u>А - мкг/час</u>						
Сотрудники университета	39	39	0,23-0,02	0,26-0,03	0,22-0,02	0,25-0,02
Операторы электростанции	53	53	0,41-2,03	0,52-0,03	0,49-0,09	0,47-0,03
Рабочие кирпичного завода	35	46	0,30-0,03	0,35-0,03	0,31-0,05	0,32-0,02
<u>НА - мкг/час</u>						
Сотрудники университета	39	39	2,0-0,2	2,2-0,3	2,0-0,2	2,1-0,2
Операторы электростанции	53	53	6,9-0,7	6,1-0,5	6,6-0,5	6,5-0,3
Рабочие кирпичного завода	35	46	0,9-0,1	0,9-0,1	0,6-0,06	0,8-0,04
<u>Диурез - мг/час</u>						
Сотрудники университета	39	39	57-4	54-5	45-4	52-2
Операторы электростанции	53	53	59-4	64-4	38-3	54-3
Рабочие кирпичного завода	35	46	59-4	68-6	52-4	59-3

половину дня. Средние различия выделения в ночные и в дневные часы статистически значимы, различия между двумя дневными порциями недостоверны.

Среднесуточное выделение А также соответствует во всех трех группах диапазону колебаний, наблюдаемых у здоровых людей. По одному из источников этот диапазон принимается от 0,11 до 0,51 мкг/час /13/. Вместе с тем по этому показателю имеются достоверные межгрупповые различия. У операторов электростанций выделение А больше, чем у лиц, исследованных в двух других группах. Сопоставление выделения в отдельных порциях на протяжении суток не обнаруживает значимых различий. Ни в одной группе не происходит сколько-нибудь четкого снижения среднего уровня выделения в точные часы.

Среднесуточное выделение НА у сотрудников университета и у рабочих кирпичного завода соответствует диапазону колебаний, наблюдаемых у здоровых людей. По тому же источнику, что и для А, этот диапазон равен для НА от 0,9 до 3,7 мкг/час. У операторов электростанций выделение несколько больше верхней границы указанного диапазона. Межгрупповые различия статистически значимы между всеми тремя группами. В отдельных порциях мочи на протяжении суток выделение НА не различается сколько-нибудь существенно у сотрудников университета и у операторов. У рабочих кирпичного завода в ночные часы происходило статистически значимое снижение выделения НА по сравнению с дневным выделением.

Таблица 2

Распределение случаев, в которых максимум выделения приходится на разное время суток

Показатели и группы лиц	Всего случаев	Число случаев с максимумом		
		утром	вечером	ночью
I	2	3	4	5
<u>17-ОКС</u>				
Сотрудники университета	39	13	15	11
Операторы электростанции	53	20	26	7
Рабочие кирпичного завода	46	14	20	12
	138	47 (34%)	61 (44%)	30 (22%)

Продолжение табл. 2

I	2	3	4	5
<u>A</u>				
Сотрудники университета	39	15	15	9
Операторы электростанции	53	16	23	14
Рабочие кирпичного завода	46	14	17	15
	138	45(33%)	55(40%)	38(27%)
<u>HA</u>				
Сотрудники университета	39	17	14	8
Операторы электростанции	53	26	10	17
Рабочие кирпичного завода	46	15	23	8
	138	58(42%)	47(34%)	33(24%)

Некоторый интерес представляет соотношение выделений HA и A. В проведенных исследованиях это соотношение оказалось тем больше, чем выше уровень выделения HA. В среднем за сутки у сотрудников университета отношение HA/A равно 8,4, у операторов 13,8 и у рабочих кирпичного завода 2,5. Те же отношения наблюдаются и в отдельных порциях мочи в течение суток.

Отсутствие на протяжении суток существенных колебаний в средних уровнях выделения и A, и HA является результатом широкой вариации у отдельных лиц часов, на которые приходится максимум выделения. В таблице 2 показано, что максимум выделения примерно в равной доле случаев приходится на утро и на вечер, и только несколько меньше на ночные часы.

Обсуждение результатов

Средние уровни выделения I7-ОКС и A соответствуют величинам этих показателей, принимаемых за физиологическую норму в эндокринологической диагностике /2, 13/. Лишь незначительно превышает такую норму выделение HA у операторов электростанций. Такие данные позволяют прийти к заключению об удовлетворительной адаптации исследованных лиц к их трудовой деятельности.

Вместе с тем у большинства исследованных лиц колебания выделения на протяжении суток не соответствуют обычному суточному ритму изученных показателей. По литературным данным максимум выделений I7-ОКС, А и НА приходится на утро или на первую половину дня /4, II/. Сдвиг максимума выделения на вечер или даже на ночь в некоторых случаях происходит, очевидно, под влиянием трудовой деятельности. Возможность такого сдвига и вообще нарушений ритма из-за трудовых нагрузок отмечалась уже ранее некоторыми исследователями /7, IO/. Пока нет сведений, идет ли речь о действительном сдвиге суточного ритма по фазе или только о возмущениях, регулярно возникающих под влиянием труда в регулярном аппарате, управляющем суточной периодикой.

Относительно большее, чем в других группах выделение А и НА у операторов должно рассматриваться как признак эмоционального возбуждения, обусловленного, очевидно, ответственностью дежурных за исправную работу электростанции. Тяжелый физический труд на кирпичном заводе не вызывал таких изменений.

Заслуживает внимания, что межгрупповые различия в уровнях выделения I7-ОКС, А и НА обнаруживаются в равной мере на всем протяжении суток как в часы работы, так и вечером и ночью, во время сна. Эти данные, как и упомянутые нарушения суточного ритма, надо оценивать как признаки распространения рабочего напряжения на свободное от работы время. Вызванные трудовой деятельностью изменения в состоянии организма обнаруживаются, по данным показателей, круглосуточно. Наличие подобных влияний труда было уже рассмотрено в литературе /8, IO/. В качестве причин подобных влияний усматривается последствие работы - восстановительные и следовые процессы, а также ожидание будущей деятельности - предработчие реакции.

Использованная литература

1. Виру А.А. Эндокринные функции при выполнении трудовых процессов. Руководство по физиологии труда. - М.: Медицина, 1983. - С. 148-161.
2. Ефимов А.С. и Др. Справочник врача-эндокринолога. - Киев: Здоровье. - 1978. - 272 с.

4. Кассиль Г.Н. Внутренняя среда организма. - М.: Наука, 1978. - 224 с.
5. Катинас Г.С., Моисеева Н.И. Биологические ритмы и их адаптационная динамика // Экологическая физиология человека: Адаптация человека к различным климато-географическим условиям. - Л.: Наука, 1980. - С. 468-515.
5. Кольцов А.А. Физиолого-гигиеническая характеристика некоторых видов труда и значение измерений времени двигательных реакций в комплексе применяемых методов оценки напряжения у работающих людей: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Л., 1980.
6. Матлина Э.Ш. Софиева И.Э., Киселева Э.Н. Метод определения адреналина, норадреналина, дофамина и дофа в одной порции мочи // Методы исследования некоторых гормонов и медиаторов. - М., 1965. - Вып. 3. - С. 25-32.
7. Матлина Э.А., Васильев В.Н., Галимов С.Д. О суточных ритмах активности симпатoadреналовой системы у здорового человека // Физиология человека. - 1976. - Т. 2, № 6. - С. 970-985.
8. Смирнов К.М. Изменения суточного ритма под влиянием трудовой деятельности. Биоритмы и труд. - Л., Наука, 1980. - С. 79-87.
9. Brown I.H.V. An improvement of the Reddy method for the determination of 17-hydroxycorticoids in urine // Metabolism. - 1955. - Vol. 4. - P. 4.
10. Caplan R.D., Cobb S., French I.R.P. White collar work load and cortisol: Disruption of a circadian rhythm by job stress // J. Psychosom. Res. - 1979. - Vol. 23, N 3. - P. 181-192.
11. Halberg F. Chronobiology // Ann. Rev. Physiol. - 1969. - P. 625-725.
12. Reddy W.Y. Modification of the Reddy-Jenkins-Thorn method for the estimation of 17-hydroxycorticoids in urine // Metabolism. - 1954. - Vol. 3. - P. 6.
13. Wisser H., Stamm D. Teilavtomatisches Bestimmungsverfahren für Adrenalin und Noradrenalin im Harn // Z. Anal. Chem. - 1970. - Vol. 252, N 2-3. - S. 98-104.

**THE EXCRETION OF CORTICOSTEROIDS AND CATECHOLAMINES IN MAN
DEPENDING ON PROFESSION**

**K. Smirnov, A. Viru, T. Smirnova, R. Ahmechin,
A. Koltsov, S. Faustov**

S u m m a r y

The excretion of corticosteroids, adrenaline and noradrenaline was observed in 127 healthy man of different professions.

СВЯЗЬ МЕЖДУ ГЛЮКОКОРТИКОИДНОЙ АКТИВНОСТЬЮ НАДПОЧЕЧНИКОВ
И ФУНКЦИЕЙ СЕРДЦА У БЕРЕМЕННЫХ В СОСТОЯНИИ ПОКОЯ И
ПРИ УМЕРЕННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

Р.А. Линкберг

Кафедра физиологии спорта и кафедра гимнастики и
биомеханики Тартуского государственного университета

Исследовалась связь между уровнем кортизола в крови и временными параметрами фаз сердечного цикла у беременных в зависимости от периода беременности, исходной работоспособности и регулярной физической активности. Полученные результаты свидетельствуют о том, что значение глюкокортикоидов в регуляции сердечной функции у беременных проявляется наиболее отчетливо в начальные периоды беременности в ситуациях повышения нагрузки на сердце.

Глюкокортикоиды играют важную роль в регуляции метаболизма и функции сердца /5/. Об этом свидетельствуют наличие глюкокортикоидных рецепторов в сердце /7/, а также действие этих гормонов на функцию изолированного органа /16/, препаратов миокарда /12/ и культивированных клеток этой ткани /8/. Приведенные в литературе данные позволяют утверждать, что значение глюкокортикоидов в регуляции сердечной функции проявляется наиболее отчетливо при физических нагрузках, когда сердце вынуждено работать с максимальной мощностью /5/. Падение или прекращение секреции глюкокортикоидов, независимо от причин адренкортикальной недостаточности, приводит к расстройствам кровообращения вплоть до развития циркулярного коллапса /13/. При этом нарушение функции кровообращения в основном связано со снижением сократительной функции миокарда /15/, хотя определенное значение имеют также уменьшение объема крови /19/ и исчезновение т.н. "пермиссивного" действия глюкокортикоидов /17/.

При исследовании роли глюкокортикоидов в регуляции функции сердца наряду с экспериментами на животных плодотворным

оказалось сопоставление показателей фазовой структуры сердечного цикла и уровня кортизола в крови при различных состояниях организма /3, 4/. Результаты этих исследований указывают на большую чувствительность сердечной функции к недостатку глюкокортикоидов. Однако известно также, что повышение уровня глюкокортикоидов, вызванное стресс-ситуацией или введением гормона, увеличивает чувствительность сердечной мышцы к действию катехоламинов и ряда других факторов. Это увеличение может быть настолько существенным, что факторы, обычно не обладающие кардиотоксическим действием, вызывают на фоне повышенного уровня кортикостероидов поражение сердечной мышцы /II, IВ/. Наряду со многими существенными изменениями в деятельности ряда эндокринных желез во время беременности наблюдается постепенное повышение уровня кортизола, что происходит параллельно с повышением содержания транскортина в плазме крови /IО/. Во время беременности увеличивается также нагрузка на сердце, но дополнительные нагрузки при этом не исключены, а скорее, рекомендуются в виде дозированных физических нагрузок /6/.

Исходя из вышеизложенного представляет интерес изучить у беременных с различными режимами двигательной активности глюкокортикоидную функцию коры надпочечников и сопоставить полученные данные с параметрами, характеризующими функцию сердца в состоянии покоя и при физических нагрузках.

Материал и методы

Исследовались 70 практически здоровых первобеременных. В зависимости от их работоспособности (по тесту PWC_{150}) и характера регулярной физической активности они были распределены на 6 групп: I и II группы составляли женщины, регулярно не занимающиеся физическими упражнениями и имеющие в начале беременности соответственно относительно высокую ($PWC_{150} \approx 100$ Вт) и низкую ($PWC_{150} < 100$ Вт) работоспособность. III и IV группы - женщины, занимающиеся во время беременности регулярно специальными физическими упражнениями, два раза в неделю по 30 мин (комплексы описаны в журнале "Советская женщина" 1983, № I-3) и имеющие соответственно относительно высокую и низкую работоспособность. V и VI группы - женщины, занимающиеся регулярно ходьбой по пересеченной местности, два раза в неделю по 30 мин (средняя скорость 4 км/ч) и имеющие соответственно относительно высокую

и низкую работоспособности. Контрольную группу составляли 25 небеременных женщин, которые были также распределены на две группы по работоспособности.

Все беременные исследовались на 13 и 28 неделе беременности. В состоянии покоя брали кровь для определения содержания кортизола в плазме крови радиоиммунологическим методом, используя киты фирмы "Сорин". В положении лежа регистрировали поликардиограмму для анализа фазовой структуры сокращения желудочка по методике В.Л.Карпмана /2/ и А.М. Weisler /20/ и артериальное давление (АД) по Короткову.

Физической нагрузкой в лабораторных условиях служила ходьба на тротуаре в виде двух пятиминутных нагрузок с 5 мин интервалом отдыха. Первая нагрузка была мощностью 0,75 Вт и вторая - 1,25 Вт на 1 кг веса тела. На последней минуте каждой нагрузки регистрировали частоту сердечных сокращений (ЧСС) и из этих данных вычисляли величины PWC_{150} . Показатели сердечно-сосудистой функции регистрировали непосредственно после обеих нагрузок, а кровь для анализа брали после второй нагрузки. Полученные данные обрабатывали общепризнанными методами вариационной статистики, включая корреляционный и регрессионный анализ.

Результаты и их обсуждение

Данные об уровне кортизола в плазме крови на 13 и 28 неделях беременности свидетельствуют о том, что концентрация этого гормона постепенно увеличивается во время беременности. Если в начале беременности (на 13 неделе) в большинстве групп выявилась только тенденция к увеличению, то в III триместре во всех группах уровень кортизола в плазме крови был статистически существенно выше этого в контрольной группе. Эти результаты согласуются с данными литературы /10/, где причиной повышения уровня кортизола во время беременности считают стимуляцию синтеза транскортина в печени эстрадиолом, а также увеличение содержания прогестерона в крови, в результате чего этот гормон начинает конкурировать с кортизолом за стероидсвязывающие места глюкокортикоидного рецептора /14/.

Дозированные физические нагрузки на тротуаре, которые, как правило, не приводили к нарастанию ЧСС свыше 150 ударов в мин и включению анаэробных процессов энергопродукции, существенным образом не активировали также глюкокортикоидную

функцию коры надпочечников. Хотя во всех группах, включая небеременных, во время первого исследования наблюдалась тенденция к повышению содержания кортизола во время нагрузки, эти изменения оказывались статистически недостоверными. Во время второго исследования на 28 неделе, когда исходный уровень кортизола в плазме крови был существенно выше по сравнению с 13 неделей, эта тенденция отсутствовала и уровень гормона в крови после работы был близок к таковому до нагрузки.

Следует учесть, что функция коры надпочечников достаточно интенсивно ($> 60\%$ от МПК) активируется только при физических нагрузках /9/. Полученные нами результаты указывают на относительно малую интенсивность используемых нагрузок. Таким образом, независимо от исходной активности коры надпочечников физические нагрузки сравнительно малой интенсивности не вызывают активации этих желез. Кроме того, полученные результаты свидетельствуют о том, что применяемые нами физические нагрузки не вызывают у беременных резких сдвигов в гомеостазе, несмотря на исходный уровень физической работоспособности (см. ст. Р.А. Линкберг в данном сборнике) и регулярную физическую активность.

Корреляционный анализ, проведенный в отдельных группах между уровнем кортизола в крови и параметрами фазовой структуры сердечного цикла, выявил ряд взаимоотношений, которые могут иметь физиологическое значение. Так, данные, изображенные на рис. 1., свидетельствуют о том, что в группе "бегунов", независимо от их исходной работоспособности, обнаруживается существенная взаимосвязь между периодом изгнания (LVET) и содержанием кортизола в крови. По мере нарастания срока беременности период изгнания укорачивается, что является характерным сдвигом для беременных /1/, а содержание кортизола увеличивается. Зависимость между этими показателями можно описать уравнением регрессии: $y = 0,32 - 0,0031 x$, где $r = -0,55$ для "бегунов" с относительно высокой исходной работоспособностью и $y = 0,285 - 0,0016 x$, $r = -0,70$, для "бегунов" с относительно низкой работоспособностью (y - обозначает показатели LVET, x - концентрацию кортизола).

Если в состоянии покоя по мере повышения срока беременности наблюдается отрицательная корреляция между длительностью периода изгнания и концентрацией кортизола в крови, то во время дозированной физической нагрузки эта зависимость нарушается. Данные, представленные на рис. 2, свидетельству-

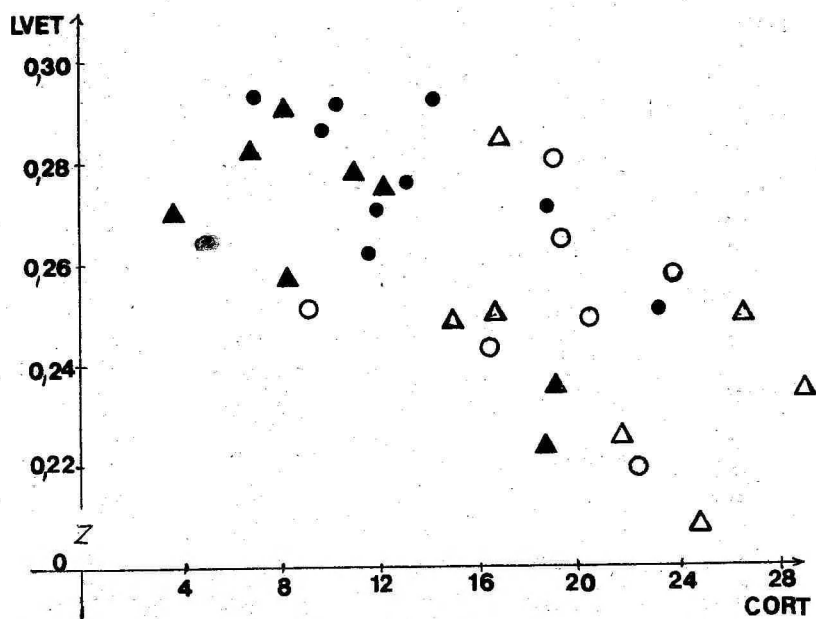


Рис. 1. Корреляция между уровнем кортизола в крови (в мкг%) и длительностью периода изгнания (в сек) у "бегунов" с относительно высокой (кружочки) и низкой (треугольники) работоспособностью в состоянии покоя. Заштрихованные фигуры - данные 13-ой недели беременности, белые фигуры - 28 недели беременности.

ют в том, что с нарастанием уровня кортизола в крови увеличивается также и длительность периода изгнания. Эта зависимость выявилась в обеих группах "бегунов", но только в начале беременности (на 13 неделе), а на 28 неделе она исчезла, что, по-видимому, связано с увеличением продукции кортизола в этом периоде беременности.

Принципиально такие же взаимосвязи между функцией коры надпочечников и сердца были обнаружены и в других группах беременных, которые имели иной уровень регулярной физической активности. Это обстоятельство позволяет утверждать, что математическая связь, указывающая на возможное значение глюко-

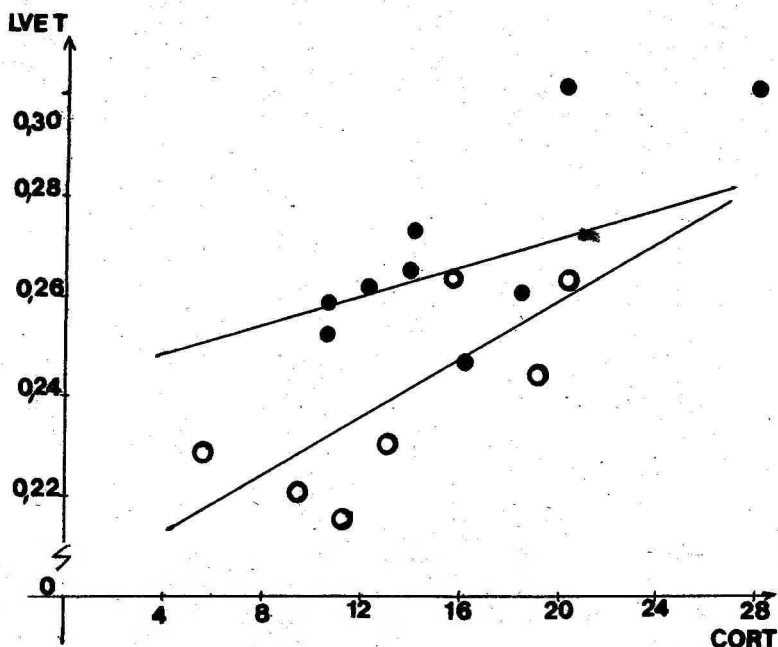


Рис. 2. Корреляция между уровнем кортизола в крови и длительностью периода изгнания у "бегунов" с относительно высокой (затемненные кружочки) и низкой работоспособностью в конце дозированной физической нагрузки на 13 неделе беременности.

кортикоидов в регуляции сердечной функции у беременных, выявленная только при сравнительно низком уровне кортизола в крови, когда для обеспечения адаптации к повышенной нагрузке требуется дополнительная активация коры надпочечников. Иными словами, при повышенной нагрузке сердце у беременных чувствительно к недостатку глюкокортикоидов. Учитывая, что такой вывод вытекает также из результатов исследований со спортсменами /3, 4/ и экспериментов с животными /5/, представляется вероятным, что адекватное снабжение сердца глюкокортикоидами имеет определенное значение для повышения мощности сокращения миокарда у беременных.

Использованная литература

1. Елисеев О.М. Сердечно-сосудистые заболевания у беременных. - М.: Медицина, 1983.
2. Карпман В.Л. Фазовый анализ сердечной деятельности. - М.: Медицина, 1965.
3. Колпаков М.Г., Казин Э.М., Блинова Н.Г. и др. Корреляционные взаимоотношения кровообращения и кортико-стероидной функции при физической нагрузке // Эндокринные механизмы регуляции приспособления организма к мышечной деятельности. - Тарту, 1971. - Т. II. - С. 101-113.
4. Колпаков М.Г., Маркель А.Л., Моткин М.П. Сравнение действия ДОКА и преднизолола на изменения гемодинамики при физической нагрузке // Уч. зап./Тарт. ун-т. - 1973. - Вып. 311. - С. 106-112.
5. Кырге П.К. Глюкокортикоиды в регуляции метаболизма и функции миокарда // Успехи современной биологии. - 1984. - № 97. - С. 384-398.
6. Сидуянова В.А., Кавторова Н.Е. Учебное пособие по лечебной физкультуре в акушерстве и гинекологии. - М.: Медицина, 1977.
7. Agarwal M.K., Philippe M. Physical characterization of corticosteroid binders in adult heart // J. Mol. Cell. Cardiol. - 1979. - Vol. 11. - P. 115-126.
8. Anastasia J.V., McCarl R.L. Effects of cortisol on cultured rat heart cells // J. Cell. Biol. - 1973. - Vol. 57. - P. 109-116.
9. Davies C., Few J. Effect of exercise on adrenocortical function // J. Appl. Physiol. - 1973. - Vol. 35. - P. 888-890.
10. Demey-Ponsort E., Foidart J.M., Sulong J., Sodoyes J.C. Serum CBG, free and total cortisol and circadian patterns of adrenal function in normal pregnancy // J. Steroid. Biochem. - 1982. - Vol. 16. - P. 165-169.
11. Fleckenstein A. Metabolic factors in the development of myocardial necrosis and microinfarcts // Triangle. - 1975. - Vol. 14. - P. 27-36.

12. Gerlach A., Zwieten P.A. van. Mechanical performance and calcium metabolism in rat isolated heart muscle after adrenalectomy // Pflügers Arch. - 1969. - Vol. 311. - P. 96-108.
13. Hoffman F.G., Sobel E.H. Adrenocortical insufficiency // The adrenocortical Hormones / Ed. H.W. Deane, B.L. Rubin. - Berlin: Springer Verlag, 1964. - Part 2. - P. 27-183.
14. King R., Mainwaring P. Steroid cell interactions. - London: Butterworthy, 1974.
15. Rovetto M.J., Lefer A.M., Murphy R.A. Alterations in myocardial cell function in adrenal insufficiency // Pflügers Arch. - 1971. - Vol. 329. - P. 59-71.
16. Sayers G., Solomon N. Work performance of a rat heart lung preparation: standardization and influence of corticosteroids // Endocrinology. - 1960. - Vol. 66. - P. 719-730.
17. Seleznev J.M., Martynov A.V. Permissive effect of glyco-corticoids in catecholamine action in the heart: Possible mechanism. - J. Mol. Cell. Cardiol. - 1982. - Vol. 14, suppl. 3. - P. 49-58.
18. Selye H. Experimental cardiovascular diseases. - Berlin: Springer Verlag, 1970.
19. Verrier R.L., Rovetto M.J., Lefer A.M. Blood volume and myocardial function in adrenal insufficiency // Amer. J. Physiol - 1969. - Vol. 217. - P. 1559-1564.
20. Weissler A.M., Carrard C.L. Systolic time intervals in cardiac disease. I, II // Modern concepts of cardiovascular disease. - 1971. - Vol. 40. - P. 1-8.

THE RELATIONSHIP BETWEEN GLUCOCORTICOID ACTIVITY OF ADRENAL
CORTEX AND HEART FUNCTION IN PREGNANCY DURING REST AND
MODERATE PHYSICAL EXERTIONS

R. Linkberg

S u m m a r y

The relationship between the blood cortisol level and systolic time intervals was studied in 70 pregnant women in relation to the period of pregnancy, initial level of working capacity and regular physical activity. The obtained results demonstrated that the importance of glucocorticoids in the regulation of heart function in pregnancy appeared most clearly during early stages of pregnancy, in situations where the heart load had increased.

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯРНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА УРОВЕНЬ
РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ
МИОКАРДА У БЕРЕМЕННЫХ

Р.А. Линкберг

Кафедра физиологии спорта и
кафедра гимнастики и биомеханики
Тартуского государственного университета

Исследовались сократительная функция сердца и его приспособительная возможность по данным фазового анализа сердечной деятельности у здоровых первобеременных в возрасте 22 лет в зависимости от периода беременности, регулярной физической активности и работоспособности организма. Полученные данные сравнивались с данными небеременных того же возраста.

Установлено, что существенное уменьшение работоспособности во время беременности, оцениваемое по тесту Рв С₁₅₀, происходит только у женщин с относительно высокой исходной работоспособностью, а регулярная физическая активность заметно уменьшает ее падение. Исследованиями в состоянии покоя установлено, что по мере развития беременности происходят сдвиги в фазовой структуре сердечного цикла в сторону синдрома гиподинамики, причем более быстрое развитие этих сдвигов характерно для беременных с относительно низкой работоспособностью. Выраженность сердечно-сосудистой реакции на стандартные физические нагрузки является относительно стабильной и не зависит от срока беременности, но во многом определяется исходными уровнями работоспособности.

Ключевые слова: беременность, фазовый анализ сердечной деятельности, работоспособность, физическая активность, Рв С₁₅₀.

Наряду с воздействием на другие жизненно важные системы беременность оказывает существенное влияние на функцию сердечно-сосудистой системы. Она является дополнительной нагрузкой для организма, в частности для сердца, что связано в основном с увеличением объема циркулирующей крови и веса тела, возникновением плацентарного круга кровообращения. Уве-

личение работы сердца может привести к гипертрофии сердечной мышцы /6, 2/. Приспособительные изменения кардио- и гемодинамики при беременности во многом напоминают те изменения, которые развиваются при регулярном выполнении физических упражнений /14/. Эти изменения в значительной степени могут влиять на функцию миокарда и показатели гемодинамики в состоянии покоя и при физической нагрузке. Несмотря на увеличение нагрузки на сердце у беременных, им рекомендуется регулярно выполнять физические упражнения в течение всего периода беременности. Такие нагрузки оказывают положительное действие на организм беременных /7, 18/ и протекание родов /9, 10/, а также, как показывают эксперименты на животных, на развитие плода, в частности его сердца /26/. Исходя из вышесказанного и чтобы теоретически обосновать применяемые беременными физические нагрузки, необходимо знать их действие на функцию сердца не только в состоянии покоя, но и непосредственно после применяемых нагрузок, была поставлена следующая задача: провести лонгитудинальное исследование работоспособности, функции сердечно-сосудистой системы в зависимости от исходной работоспособности беременных, объема и характера регулярной физической активности и периода беременности.

Материал и методы

Исследовались 70 практически здоровых первобеременных в возрасте 22 лет на 13-ой, 20-й, 28-й и 36-й неделе беременности и 25 небеременных того же возраста. Характеристика контингента и методы исследования см. в статье автора в настоящем сборнике.

Результаты и их обсуждение

В состоянии покоя, на 13-й неделе беременности АД, ЧСС и сократительная функция левого желудочка, по данным фазового анализа сердечного цикла, не отличаются от таковых у небеременных. По мере развития беременности во всех группах выявилась тенденция к возникновению фазового синдрома гиподинамики, что совпадает с данными литературы /1, 3, 4, 8/. Так, во II половине беременности наблюдается удлинение фазы изометрического сокращения и периода напряжения, укорочение периода изгнания крови, снижение внутрисистолического показа-

тея и увеличение индекса напряжения миокарда. Существенными были эти изменения у групп с относительно высокой работоспособностью на 36 неделе беременности, у групп с относительно низкой работоспособностью уже на 28 неделе беременности. С увеличением срока беременности наблюдалась тенденция к учащению пульса. Это обстоятельство отмечено многими авторами /1, 6, 12, 13/.

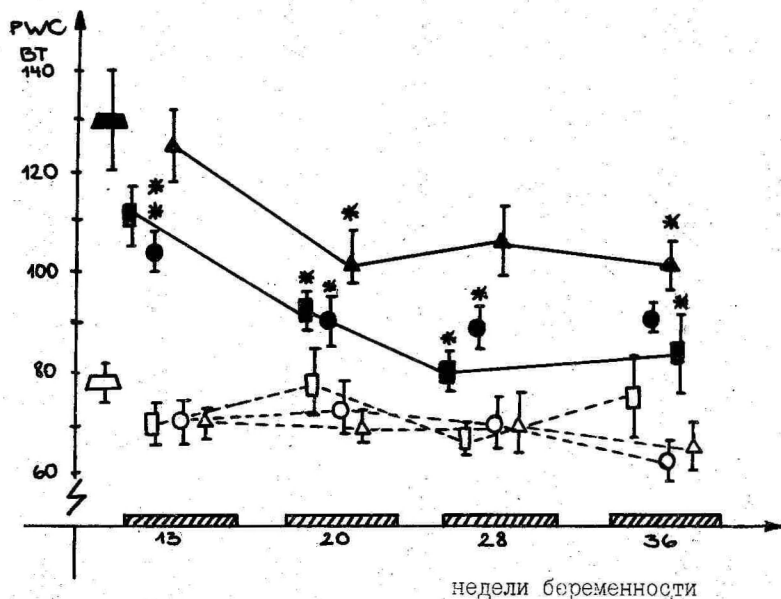


Рис. 1. Работоспособность в разные сроки беременности. * - данные, здесь и далее (рис. 1-2) существенно различающиеся ($P < 0,05$) от соответствующего уровня этой же группы I периода, ** - данные, существенно различающиеся от данных контрольной группы ($P < 0,05$). ■ - контрольная группа; ■ - "неспортсменки"; ▲ - "гимнастки"; ● - "бегуны". Заштрихованными фигурами обозначены группы с высокой PWC, белыми - группы с низкой PWC.

Данные, представленные на рис. 1, свидетельствуют о том, что в начале беременности (на 13-й неделе) работоспособность

женщин существенно не отличается от таковой у небеременных. По мере развития беременности в группах с относительно высокой исходной работоспособностью наблюдается понижение работоспособности, причем регулярное выполнение физических упражнений аэробного характера уменьшает выраженность падения работоспособности, что отчетливо проявляется на 28-й неделе беременности. Эти данные отличаются от данных Erkola /II/, который утверждает, что при тренировочных нагрузках работоспособность беременных возрастает на 17,6% и перед родами находится на том же уровне, что и у небеременных. По данным Sandström /27/ и Ihrman /24/ работоспособность в начальные сроки беременности снижается.

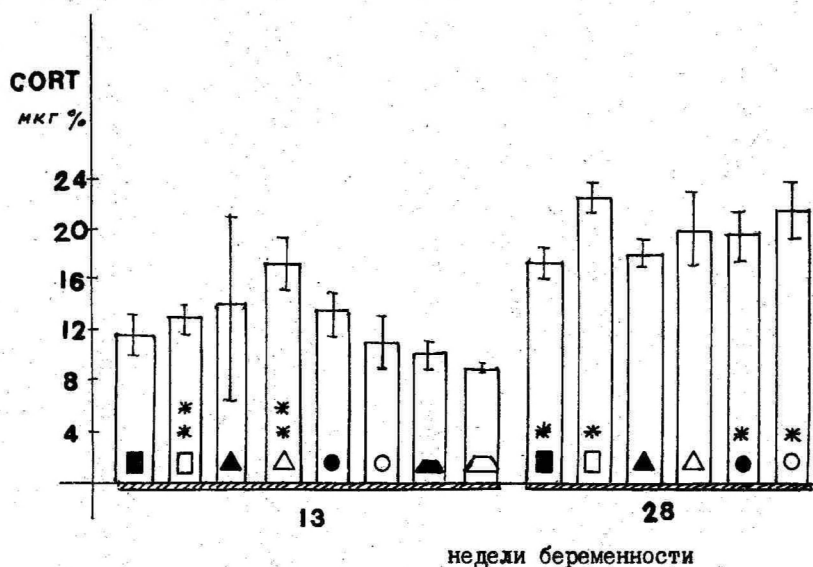


Рис. 2. Уровень содержания кортизола в плазме крови в состоянии покоя (обозначения на рис. I).

При изучении адаптации функции сердечно-сосудистой системы к дозированным физическим нагрузкам в разных периодах беременности выявилось следующее. Стандартные физические нагрузки аэробного характера не приводят к существенным нарушениям кислотно-щелочного равновесия. Они вызывают в конкретных группах беременных приблизительно одинаковые реакции сердечно-сосудистой системы вне зависимости от времени исследования. Выраженность изменений в фазовой структуре в

сторону синдрома гипердинамии при нагрузке во многом зависит от исходной работоспособности и является более существенной у женщин с относительно низкой работоспособностью.

По мере развития беременности содержание кортизола в плазме крови увеличивается, что согласуется с данными других авторов /15/. Тенденция к повышению содержания кортизола наблюдается уже на 13-й неделе беременности и далее это повышение продолжается и не зависит от регулярной физической активности и исходной работоспособности. Полученные данные свидетельствуют о том, что развитие изменений, характерных для гиподинамического синдрома, определяется не снабжением миокарда глюкокортикоидами, а иными регуляторными факторами.

Выводы

1. В целом полученные данные свидетельствуют о том, что уровень сердечно-сосудистой функции и ее приспособительных возможностей у беременных определяется степенью тренированности организма, имевшей место до беременности.

2. Регулярное выполнение физических нагрузок аэробного характера во время беременности существенно не влияет на адаптацию сердца к нагрузкам, но принимая во внимание данные литературы об их благоприятном действии на работоспособность организма, на развитие плода и протекание родов, а также отсутствие признаков перенапряжения сердца во всех изученных нами группах, применение использованного нами режима физических нагрузок можно считать целесообразным и обоснованным.

Использованная литература

1. Ванина Л.В. Беременность и роды при пороках сердца. - М.: Медицина, 1971.
2. Василенко В.Х. Сердце и беременность // Проблемы кардиологии. - М.: Медицина, 1967. - С. 9-33.
3. Елисеев С.М. Сердечно-сосудистые заболевания у беременных. - М.: Медицина, 1983.
4. Жадовская В.М. Анализ фаз систолы левого желудочка у беременных женщин // Акуш. и гин.-1969. - № 4. - С. 67.
5. Карпман В.Л. Фазовый анализ сердечной деятельности. - М.: Медицина, 1965.
6. Персианинов Л.С., Демидов В.Н. Особенности функции системы кровообращения у беременных, рожениц и родильниц. - М.: Медицина, 1977.

7. Силуянова В.А., Кавторова Н.Е. Учебное пособие по лечебной физкультуре в акушерстве и гинекологии. - М.: Медицина, 1977.
8. Тутова И.М. Компенсаторно-приспособительные изменения сократительной функции миокарда у беременных с токсикозом второй половины беременности // Некоторые вопросы адаптации в акушерстве и гинекологии / Под общей ред. проф. Н.П. Михайловой. - Горький, 1974. - С. 68-73. - (Труды / Горьк. мед. ин-т; Вып. 59).
9. Ягунов С.А. Гимнастика беременных на дому. - М.: Медгиз, 1961.
10. Dale E., Millinax K.M., Bryan D.H. Exercise during pregnancy: effect on the fetus // Can. J. Appl. Sport Sciences. - 1982. - Vol. 7. - N 2. - P. 98-109.
11. Erkkola R. The Influence of Physical Training during Pregnancy on Physical work capacity and Circulatory Parameters // Scand J. Clin. Lab. Invest. - 1976. - Vol. 36. - P. 747-754.
12. Hare D.C., Karm N.M. An investigation of blood-pressure, pulse-rate and the response to exercise during normal pregnancy and some observation after confinement // Quart. J. of Med. - 1929. - Vol. 22. - N 4. - P. 381-404.
13. Hytten F.E., Leich J. The Physiology of human pregnancy, Second edition. - Oxford, London, Edinburgh: Blackwell Sci. Publ., 1971.
14. Ihrman K. A Clinical and Physiological Study of pregnancy in a materice from Northen Sweden. VIII. The Effect of physical training during pregnancy on the Circulatory adjustment // Acta Soc. Med. Upsalica. - 1960. - Vol. 65. - P. 335-347.
15. King R.J., Mainwaring W.J.P. Steroid cell interactoins. - London: Butterworthy, 1974.
16. Parižkova J. The impact of daily work load during pregnancy and/or postnatal life on the heart off-srping // Basic Res. Cardiol. - 1978. - Vol. 73. - P. 433-441.
17. Sandström B. Adjustments of the circulation to the orthostatic reaction and physical exercion during the first trimesten of primipregnancy // Acta Obstet. Gynec. Scand. - 1974. - Vol. 53. - P. 1-5.

18. Spitzbart H. Krankengymnastik in Gynäkologie und Geburtshilfe. - Leipzig, 1974.
19. Weissler A.M., Carrard C.L. Systolic time intervals in cardiac disease I, II // Modern concepts of cardiovascular disease. - 1971. - Vol. 40. N 1. - P. 1-8.

THE EFFECT OF REGULAR PHYSICAL ACTIVITY ON THE PHYSICAL
WORK CAPACITY AND HEART FUNCTION DURING PREGNANCY

R. Linkberg

S u m m a r y

Evaluation of cardiac function by systolic time intervals of heart contraction and adaptive reaction of these functions was performed in 70 primigravidae (22 years old) in relation to the duration of pregnancy, regular physical activity and physical working capacity. The obtained results were compared with those of nonpregnant women at the same time. During pregnancy a significant decrease in physical working capacity (PWC₁₅₀) occurred only in women with relatively high capacity in early pregnancy while regular physical activity significantly retarded this decrease. At rest the heart function changed in the direction of hypodynamic phase syndrome. The extent of cardiovascular reaction to standardized physical exertions was not dependent on the period of pregnancy. It seems to be correlated with the initial working capacity.

ВЛИЯНИЕ ИММОБИЛИЗАЦИИ НА АКТИВНОСТЬ
ГИПОФИЗАРНО-АДРЕНКОРТИКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КРЫС
В УСЛОВИЯХ ВВЕДЕНИЯ ЖЕНЬШЕНЯ

А.А. Филаретов, Т.С. Богданова,
Т.Т. Подвигина, Г.Т. Сраилова

Лаборатория экспериментальной эндокринологии
Института физиологии им. И.П. Павлова АН СССР,
Ленинград

Исследовано влияние иммобилизации на содержание кортикостерона в крови и надпочечниках крыс в условиях введения настойки культуры ткани женьшеня. 30-минутная иммобилизация животных привела к подъему уровня кортикостерона в крови и надпочечниках. Однократное введение настойки женьшеня в дозе 1,5 мл/200 г не изменило величины стрессорной реакции животных, но повысило базальный уровень гормона в крови. Семидневное введение женьшеня, напротив, не повлияло на базальное содержание гормона, но повысило подъем кортикостерона в крови в ответ на иммобилизацию. Это усиление стрессорной реакции следует рассматривать как увеличение адаптационных возможностей организма под действием женьшеня.

Ключевые слова: иммобилизация, кортикостероиды, женьшень.

Изменение активности гипофизарно-адренкортикальной системы (ГАКС) под влиянием внешних воздействий, в том числе при мышечной деятельности (I) или обездвиживании отражает адаптационные возможности организма. Повышение работоспособности мышечной системы, которое происходит под действием адаптогенов (3), может быть связано с их влиянием на ГАКС. Данные литературы о характере этих влияний немногочисленны и противоречивы (3, 8). Особый интерес может представить эффект адаптогенов на вызванную активность ГАКС, являющаяся постоянным и надежным показателем стресса (5, 6, 7).

В настоящей работе исследовано влияние настойки культуры ткани женьшеня, типичного представителя группы адаптогенов, на функцию ГАКС в покое и при стрессе.

Материалы и методы

Опыты проводили на самцах белых крыс линии Вистар с массой тела 160–200 г. Определяли влияние настойки биомассы культуры ткани женьшеня на активность ГАКС, которую характеризовали по концентрации кортикостерона в крови и надпочечниках. Животные подвергались иммобилизации в специальных станках в течение 30 минут. Затем крыс декапитировали и определяли содержание кортикостероидов.

Применяли настойку (1:10) культуры биомассы женьшеня, полученную в Ленинградском химико-фармацевтическом институте, которую перед употреблением упаривали до 1/3 объема и разводили физиологическим раствором в соотношении 1:1. Настойку женьшеня вводили внутривентриально в дозе 1,5 мл/200 г массы тела однократно за 30 минут до иммобилизации или длительно в течение 7 дней до иммобилизации. В контрольной серии экспериментов вводили физиологический раствор и определяли базальный уровень кортикостероидов.

Кортикостерон плазмы крови определяли флуорометрическим методом (9). Для определения кортикостерона в ткани надпочечников крыс забивали, надпочечники извлекали, очищали от соединительной ткани, взвешивали на торсионных весах. Затем гомогенизировали их на холоде в 5 мл раствора Глика, состоящего из 1 объема этилового спирта и 4 объемов 0,85% хлористого натрия. Далее гомогенаты центрифугировали, на анализ брали 1 мл центрифугата. Дальнейшую обработку проб проводили также, как и при определении кортикостероидов в крови. Результаты опытов обработаны статистическим методом Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

Иммобилизация приводила к увеличению уровня кортикостерона в крови и надпочечниках крыс по сравнению с базальным уровнем. Настойку женьшеня применяли в дозе 1,5 мл/200 г, которая согласно данным литературы (2) стимулирует работоспособность крыс. Однократное введение препарата не изменило стрессорной реакции, но повысило базальный уровень гормона в крови (табл. I).

Введение женьшеня в дозе 1,5 мл/200 г в течение 7 дней в отличие от однократной инъекции вызывало усиление стрес-

Таблица 1

Влияние иммобилизации и однократного введения женьшеня (1,5 мл/200 г) на содержание кортикостерона в крови и надпочечников крыс ($M \pm m$)

	Базальный уровень		Иммобилизация	
	физиологический раст-вор (I)	женьшень (2)	физиологический раст-вор (3)	женьшень (4)
Содержание кортикостерона в крови (мкг%)	18,9 \pm 2,70 (I5)	33,6 \pm 3,60 (I0)	47,7 \pm 1,80 (I2)	49,8 \pm 2,9 (II)
		$P_{1,2} < 0,01$	$P_{1,3} < 0,001$	$P_{1,4} < 0,001$
Содержание кортикостерона в надпочечниках (мкг/мг ткани)	2,0 \pm 0,41 (I5)	2,2 \pm 0,47 (I0)	4,4 \pm 0,20 (I2)	3,9 \pm 0,24 (II)
			$P_{1,3} < 0,01$	$P_{1,4} < 0,01$

Таблица 2

Влияние иммобилизации и 7-дневного введения настойки женьшеня (1,5 мл/200 г) на содержание кортикостерона в крови и надпочечниках крыс ($M \pm m$)

	Базальный уровень		Иммобилизация	
	физиологический раст-вор (I)	женьшень (2)	физиологический раст-вор (3)	женьшень (4)
Содержание кортикостерона в крови (мкг%)	16,1 \pm 3,3 (7)	15,9 \pm 2,90 (7)	41,3 \pm 1,50 (I9)	49,1 \pm 2,60 (I9)
			$P_{1,3} < 0,001$	$P_{3,4} < 0,05$
Содержание кортикостерона в надпочечниках (мкг/мг ткани)	2,8 \pm 0,70 (7)	3,4 \pm 0,32 (7)	3,8 \pm 0,32 (I9)	4,6 \pm 0,35 (I9)

сорного подъема содержания кортикостерона в крови (табл. 2). Вместе с тем базальный уровень гормона в крови в этих усло-

виях не менялся. Не изменилось также базальное и стрессорное содержание кортикостерона в надпочечниках после введения женьшеня (табл. 2).

Таким образом, нами получены данные об усилении стрессорной активности ГАКС под действием женьшеня, хотя в работах других авторов обнаружено снижение этой активности (3, 4). Отличия результатов могут объясняться следующим. Указанные авторы: 1) использовали иные, чем у нас препараты женьшеня, введение адаптогена производили по другим схемам; 2) оценку функции ГАКС осуществляли чаще всего по косвенным показателям (вес надпочечников, содержание аскорбиновой кислоты, холестерина в надпочечниках); 3) применяли более мощные стрессорные воздействия, чем в наших опытах. Последняя возможность наиболее интересна, так как для адаптогенов весьма характерна зависимость направленности эффекта от уровня функционирования объекта.

Поскольку стрессорная реакция является реакцией адаптации, ее усиление следует рассматривать как увеличение адаптационных возможностей организма. Таким образом, одним из механизмов действия женьшеня является его влияние на ГАКС, стимулирующее стрессорную реакцию.

Использованная литература

1. Виру А.А. Гормональные механизмы адаптации и тренировки. - Л.: Наука, 1981. - 155 С.
2. Высоцкая Р.И. Культура ткани женьшеня (биологические перспективы использования в медицине). Дис. ... канд. биол. наук. - Л., 1978.
3. Дардымов И.В. Женьшень, элеутерококк. - М.: Наука, 1976. - 184 С.
4. Кириллов О.И. Опыт фармакологической регуляции стресса. - Владивосток, 1966. - С. 63-71.
5. Кокс Т. Стресс. - М.. Медицина, 1981. - 213 С.
6. Селье Г. Очерки об адаптационном синдроме. - М., 1960.
7. Филаретов А.А. Нервная регуляция гипофизарно-адрено-кортикальной системы. - Л.. Наука, 1979. - 144 С.
8. Hiai S., Jokoyama H., Oura H., Jano S. Stimulation of pituitary-Adrenocortical system by ginseng saponin // *Endocr. Japon.* - 1979. - Vol. 26, N 6. - P. 661-665.

9. Vies J. van der, Bakker R.F.M., De Wied D. Correlated studies on plasma free corticosterone and on adrenal steroid formation rate in vitro // Acta Endocr. (Kbh). - 1960. - Vol. 34. - P. 513-523.

THE EFFECT OF IMMOBILIZATION ON THE RAT PITUITARY-ADRENOCORTICAL SYSTEM DURING ADMINISTRATION OF ZENSHEN

A. Filaretov T. Bogdanova, T. Podvigina, G. Sraslova

S u m m a r y

The effect of immobilization on the content of corticosterone in the blood and adrenal glands of rats during the administration of zenshen was studied.

ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЭНДОКРИННЫХ
ЖЕЛЕЗ И ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ТОЛЕРАНТНОСТЬ ОРГАНИЗМА К
ДВИГАТЕЛЬНЫМ НАГРУЗКАМ

А.П. Сорокин, А.Г. Кочетков, О.В. Биряков,
И.Г. Стельникова, Н.И. Петрова

Кафедра анатомии человека и лаборатория
адаптационной морфологии ЦНИЛ Горьковского
мединститута им. С.М. Кирова

У интактных собак выявлено два основных типа односторонних отношений в функциональной активности надпочечников и щитовидной железы. Однако чрезвычайные воздействия вызывают появление разнонаправленных реакций этих желез. Показано, что толерантность к физической нагрузке может определяться исходным состоянием регулирующих механизмов, а также морфо-функциональными особенностями элементов надпочечника и щитовидной железы.

Актуальность изучения факторов и условий, определяющих физическую работоспособность очевидна, поскольку имеет отношение к здоровью человека и повышению производительности труда. Известно, что работоспособность организма зависит от многих факторов и всегда строго индивидуальна /II/. Среди факторов и причин различной работоспособности можно выделить неодинаковые типы регуляции эндокринными функциями организма /3, 14, 7/.

Целью работы явилось установить типологические особенности в морфо-функциональной организации надпочечников и щитовидной железы в связи с толерантностью организма к двигательной нагрузке.

Материал и методы

Исследование выполнено на 19 половозрелых беспородных собаках-самцах близкого экстерьера в возрасте 2-3 лет, массой тела от 10 до 16 кг. Были взяты следующие группы: I - интактные (5); II - после гипокнезии (5); III - после бега

"до отказа" 5); IV — после гипокинезии и бега "до отказа" (4).

Гипокинезию (28 дней) вызывали, помещая животных в специальные клетки конструкции И.Г. Красных в модификации Н.К. Эделева, Ю.С. Дятлова /13/.

Физическая нагрузка заключалась в беге животных на ленте тротуара "до отказа" с применением метода индивидуального дозирования /II/. Через иглу для взятия крови вводили тиопентал натрия и в условиях управляемого дыхания извлекали надпочечник, щитовидную железу и взвешивали. Кусочки для гистоэнзиматического исследования погружали в изооктан, охлажденный жидким азотом до -70° . Криостатные срезы толщиной 10 мкм инкубировали в средах для выявления сукцинат дегидрогеназы (СДГ), НАД- H_2 и НАДФ- H_2 -дегидрогеназ (НАД- H_2 -ДГ и НАД- $5H_2$ -ДГ) по Нахласу и Скарпелли, 3β -окси-стероид дегидрогеназы ($3-OH$ -СД) по Н. Levy /15/. Целлоидин-парафиновые срезы окрашивали гематоксилинэозином, по Ван-Гизону, по Каруау. Липиды выявляли смесью суданов III и IV. Прописи использованных методов заимствованы из руководств Э. Пирса, Р. Лилли /8, 6/.

Оптическую плотность препаратов после гистоэнзиматических реакций, выявляющих СДГ, 3β -OH-СД, НАД- H_2 -ДГ и НАДФ- H_2 -ДГ, оценивали на цифровом интегрирующем микрофотометре кафедры анатомии человека ГМИ им. С.М. Кирова. Липиды оценивали по пятибалльной шкале. Кариометрию осуществляли винтовым окуляр-микрометром МОВх15. Цифровой материал обрабатывали с учетом изменчивости признака в пределах организма /4/. Оценку индивидуальных морфологических особенностей животных проводили по методу С.Б. Стефанова /12/.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ структурных особенностей в строении различных зон надпочечников и щитовидной железы интактных собак выявил наличие в этой группе двух типов (рис. 1а).

В одном из них (собаки 350 и 353) высокая активность структурных элементов щитовидной железы сочетается с выраженной активностью элементов надпочечников. Эпителий фолликулов имеет кубическую форму с вакуолизированной цитоплазмой.

Значения оптической плотности реакций, выявляющих НАД- H_2 -ДГ и НАДФ- H_2 -ДГ у этих собак, значительно превышают сред-

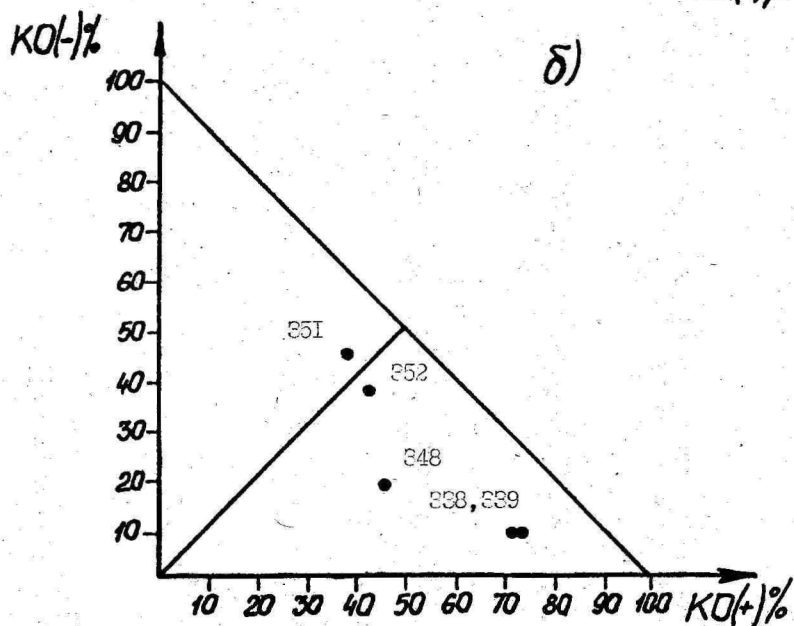
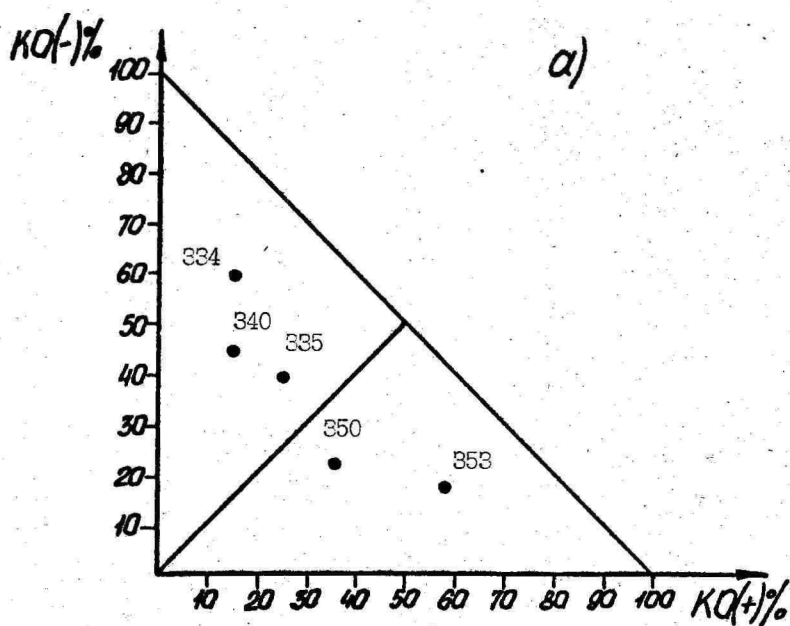


Рис. 1. Поле отличий морфофункциональных показателей надпочечника и щитовидной железы интактных собак (а) и при гипокинезии (б).

Таблица I

Оптическая плотность препаратов коры надпочечника $\bar{X} \pm s x$ (в усл. ед.)

Группа	С Д Г		НАД·Н ₂ -ДГ		ЗВОНСД	
	клубочковая зона	пучковая зона	клубочковая зона	пучковая зона	клубочковая зона	пучковая зона
I	0,110 \pm 0,009	0,091 \pm 0,002	0,324 \pm 0,019	0,222 \pm 0,014	0,196 \pm 0,028	0,174 \pm 0,006
II	0,108 \pm 0,006	0,072 \pm 0,004 ^{***}	0,354 \pm 0,012	0,315 \pm 0,016 ^{***}	0,347 \pm 0,006 ^{***}	0,275 \pm 0,005 ^{***}
III	0,085 \pm 0,006	0,050 \pm 0,002 ^{***}	0,383 \pm 0,05 ^{**}	0,272 \pm 0,07 ^{**}	0,159 \pm 0,03	0,128 \pm 0,01 ^{**}
IV	0,122 \pm 0,028	0,083 \pm 0,001 ^{***}	0,306 \pm 0,003	0,232 \pm 0,005	0,210 \pm 0,011	0,139 \pm 0,009 ^{**}

Статистически значимые различия между I и II, III, IV группами (в этой и последующих таблицах):

* - $P < 0,05$; ** - $P < 0,01$; *** - $P < 0,001$.

негрупповые величины (табл. I). В надпочечниках животных объем ядер спонгиоцитов и реакция, выявляющая 3β -ОН-СД в пучковой зоне, превышают по своим значениям среднегрупповые величины (табл. I, 2). Гранулы дигормазана заполняют всю цитоплазму спонгиоцитов. Все это свидетельствует о высокой активности элементов надпочечника, участвующих в образовании глюкокортикоидов /2, 5/.

Таблица 2

Объем ядер клеток надпочечных желез $\bar{x} \pm s\bar{x}$ (в $\mu\text{км}^3$)

Группа	Объем ядер		
	клубочковая зона	пучковая зона	мозг. вещество
I	49,84 \pm 3,9	40,52 \pm 3,3	64,29 \pm 5,2
II	43,16 \pm 1,5	61,3 \pm 2,08 ^{***}	126,15 \pm 7,7 ^{***}
III	48,9 \pm 3,0	51,04 \pm 3,2*	76,3 \pm 9,2
IV	43,9 \pm 1,67	59,2 \pm 3,0 ^{***}	84,7 \pm 2,2 ^{***}

В другом типе выявлены признаки, характеризующие сниженную функциональную активность элементов щитовидной железы и структур, обеспечивающих стероидогенез в надпочечниках (табл. I, 2 и 3, собаки 334 и 340). Эпителий фолликулов у этих животных уплощен, оптическая плотность после реакций, выявляющих НАД \cdot H $_2$ -ДГ и НАДФ \cdot H $_2$ -ДГ, меньше среднегрупповых значений. Признаки сниженной активности представлены и в пучковой зоне надпочечников.

Таблица 3

Оптическая плотность препаратов щитовидной железы
(в усл. ед.) $\bar{x} \pm s\bar{x}$

Серия	НАДФ-H $_2$	НАД-H $_2$	СДГ	ЛДГ
I	0,159 \pm 0,018	0,169 \pm 0,030	0,118 \pm 0,009	0,273 \pm 0,023
II	0,201 \pm 0,024	0,213 \pm 0,020	0,137 \pm 0,020	0,209 \pm 0,030
III	0,184 \pm 0,033	0,186 \pm 0,011	0,128 \pm 0,01	0,262 \pm 0,018
IV	0,159 \pm 0,023	0,190 \pm 0,023	0,134 \pm 0,035	0,182 \pm 0,016

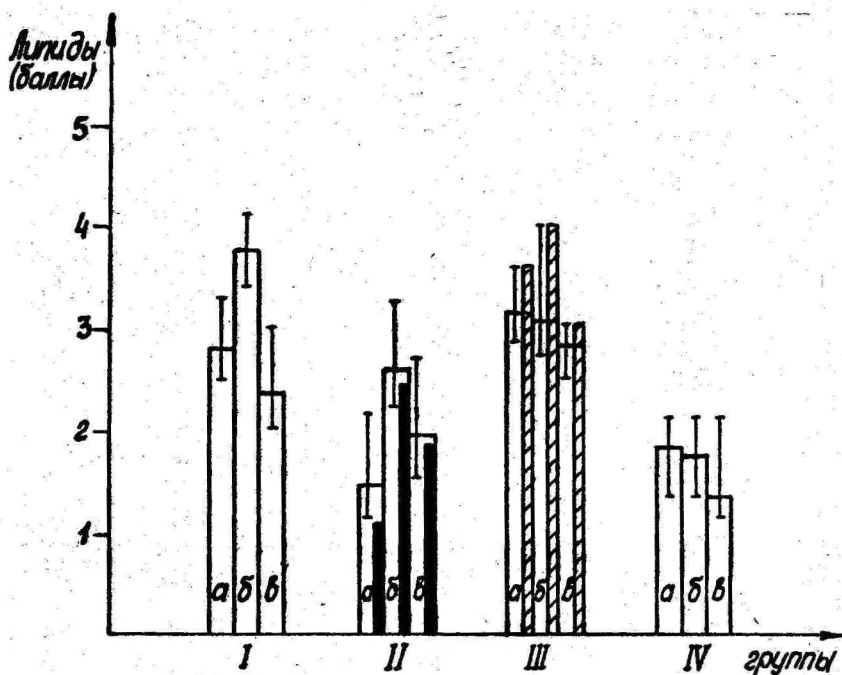
Ограничение двигательной активности в течение 28 дней определяет значительные структурные и метаболические изменения зон надпочечников и щитовидной железы. Прежде всего обращает внимание развитие соединительной ткани наружной и внутренней капсул надпочечников и щитовидной железы, стромальных трабекул всех зон надпочечника и стромы щитовидной железы, стромы, окружающей сосуды. Общим является увеличение гистоэнзиматических реакций, выявляющих маркеры стероидогенеза и пластических процессов (3β -ОН-СД, НАДФ-Н₂-ДГ) относительно интактной группы (табл. 1 и 3). О напряжении процессов стероидогенеза в спонгиозитах наружной пучковой зоны свидетельствует и достоверное увеличение объемов ядер этой зоны. Еще более отличаются размеры ядер мозгового вещества надпочечников, они почти в два раза превосходят размеры ядер адреноцитов (125,0±8,4 против 70,61± интактной группы).

Сравнение изученных параметров в поле отличий также выявило наличие двух типов (рис. 1б). Первый (собаки 338, 339) имеет признаки высокой функциональной активности элементов щитовидной железы (большие значения оптической плотности реакций, выявляющих НАД-Н₂-ДГ, НАДФ-Н₂-ДГ, СДГ, ЛДГ в фолликулярном эпителии, преобладание мелких и средних величин фолликулов с высоким эпителием) и выраженную реакцию мозгового вещества и наружной части пучковой зоны надпочечников в виде меньшего, относительно интактной группы, содержания липидов в пучковой зоне надпочечников (рис. 3) и максимальных значений объемов ядер адреноцитов (табл. 2).

Другой тип составляют животные (собаки 351, 352), у которых реакция со стороны мозгового вещества на гипокинезию выражена меньше. Для коркового вещества надпочечников этих собак характерны значения гистоэнзиматических реакций, близкие к средним значениям группы (табл. 1), а функциональная активность эпителия фолликулов щитовидной железы значительно ниже среднегрупповых показателей (табл. 3).

В III группе животные по своим морфо-функциональным эквивалентам реакции на воздействие распределились в поле отличий следующим образом (рис. 2а). Собака 344, показавшая минимальное время бега (45 минут), имела самую высокую активность гистоэнзиматических реакций, выявляющих НАД-Н₂-ДГ и 3β -ОН-СД в клубочковой и пучковой зонах надпочечника.

Объем ядер в клетках пучковой зоны и мозговом веществе составил 150% от уровня контроля при возрастании этого показателя в группе в среднем до 115%. Содержание липидов в



а - КЛУБЧКОВАЯ ЗОНА
 б - НАРУЖНАЯ ПУЧКОВАЯ ЗОНА
 в - ВНУТРЕННЯЯ ПУЧКОВАЯ ЗОНА

■ - СОДЕРЖАНИЕ ЛИПИДОВ В КОРЕ НАДПОЧЕЧНЫХ ЖЕЛЕЗ У СОБАКИ № 338.
 ▨ - СОДЕРЖАНИЕ ЛИПИДОВ В КОРЕ НАДПОЧЕЧНЫХ ЖЕЛЕЗ У СОБАКИ № 344.

Рис. 2. Содержание липидов в коре надпочечника экспериментальных групп животных (в баллах)

клетках коркового вещества надпочечников у собаки 344 также больше среднегруппового значения, а гранулы липидов полностью выполняют цитоплазму клеток (особенно в пучковой зоне), сливаясь в крупные гомогенные капли. В щитовидной железе у этой собаки выявлены признаки значительной ферментативной активности фолликулярного эпителия (табл. 3), выражена гетерогенность фолликулов как по их размерам, так и по высоте

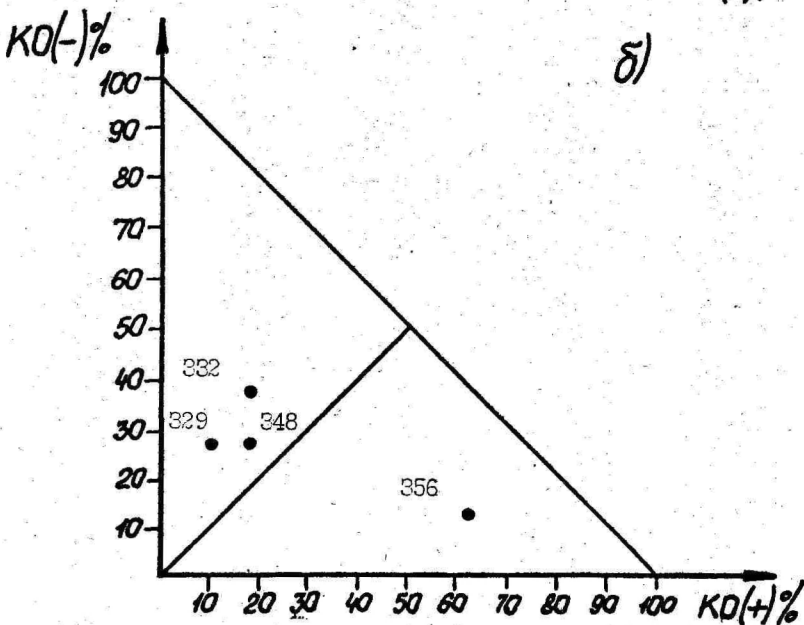
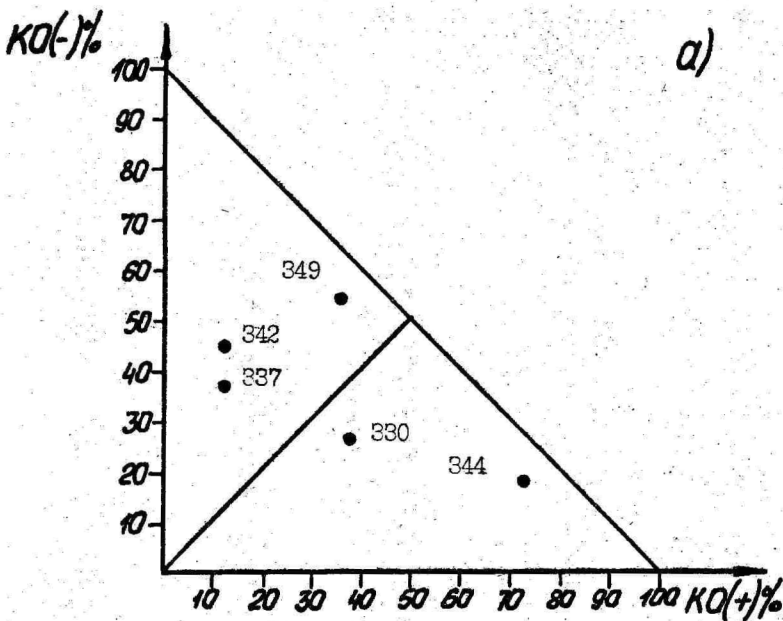


Рис. 3. Поле отличий морфо-функциональных показателей надпочечника и щитовидной железы при беге до отказа (а) и при беге на фоне гипокинезии (б).

эпителия, его энзиматической активности. Капиллярное русло заполнено эритроцитами, просвет венул и лимфатических сосудов широко раскрыт.

У собаки 330, показавшей наибольшее в группе время бега при нагрузке "до отказа" (225 минут), объем ядер клеток надпочечников имел самые низкие величины относительно всей группы и не отличался от интактных собак.

В щитовидной железе собаки 330 определены низкие значения гистоэнзиматических реакций фолликулярного эпителия не только относительно значений этой группы, но и интактных животных (табл. 2). Форма и размеры фолликулов крайне неодинаковы, особенностью их является складчатость стенки, незаполненность коллоидом и его гетерохромность. Просветы венозной и лимфатической частей сосудистого русла уменьшены, стенка артериол набухшая.

Сравнение в поле отличий морфо-функциональных параметров реакции у животных IV группы (бег "до отказа" после гипоксии) демонстрирует их различия, которые согласуются и с показателями бега (рис. 26). Собака 332, показавшая наибольшее время бега (208 минут), имела самые низкие значения гистоэнзиматических реакций (НАД·Н₂-ДГ и СДГ) в фолликулярном эпителии и, напротив, у собаки 356 (время бега 62 мин) эти показатели были самыми большими (табл. 3). Обратные отношения изученных параметров прослежены в надпочечниках. Так, у собаки 332 СДГ и размеры ядер клеток всех трех зон имели самые низкие значения, а у собаки 356 сравнимые показатели имели максимальные значения в группе (табл. I, 2). Вновь, как и в группе III, у собаки с меньшим временем бега объем ядер клеток адреноцитов имеет наибольшие величины (103,2±1,9 против 84,7±2,9 всей группы).

Таким образом, в каждой экспериментальной группе выявлено два типа отношений в организации щитовидной и надпочечных желез. Один из них характеризуется выраженной активностью элементов щитовидной железы и зон надпочечника. Другому типу более свойственна невысокая функциональная активность элементов щитовидной железы и всех зон надпочечника. Выделение двух типов в морфо-функциональных основаниях интактных состояний надпочечников и щитовидной железы, возможно, зависит от особенностей иннервации последних /9/, в которой преимущественную роль играют симпатические влияния, а также от исходного преобладания одного из типов регуляции - адренэргического или вагоинсулярного /3, 7/.

Ограничение двигательной активности на протяжении 28 дней определяет изменение стромально-паренхиматозных отношений в надпочечниках и щитовидной железе в сторону увеличения волокнистых элементов соединительной ткани. Последнее можно объяснить изменением статуса механических параметров, определяемого повышенной степенью функционирования паренхимы надпочечников и щитовидной железы /10/ в период гипокинезии. Гипокинезия не изменяет соотношений между щитовидной железой и надпочечниками, характерных для интактных животных, и их реакция носит односторонний характер. Нагрузки "до отказа" выявили зависимость между временем бега и морфо-функциональным статусом надпочечников и щитовидной железы. В этой серии, также как и в серии IV (нагрузки "до отказа" после гипокинезии) проявились другие, разнонаправленные отношения в функционировании надпочечников и щитовидной железы. Появление нехарактерных для интактных животных разнонаправленных реакций элементов надпочечника и щитовидной железы при нагрузках "до отказа" в обеих группах отражает адаптационные изменения в регулирующем аппарате, связанные с действием чрезмерных раздражителей.

Использованная литература

1. Ажипа Я.И. Нервы желез внутренней секреции и медиаторы в регуляции эндокринных функций. - М.: Наука, 1976. - 438 с.
2. Журавлева Т.Б., Прочуханов Р.А., Иванова Г.В. и др. Введение в количественную гистохимию ферментов. - М.: Медицина, 1978. - 244 с.
3. Кассиль Г.Н. Внутренняя среда организма. - М.: Наука, 1983. - 233 с.
4. Катинас Г.С., Булгак В.И., Никифорова Е.Н. и др. О нахождении стандартной ошибки среднего с учетом изменчивости признака в пределах организма // Архив ан. гист. эмбр. - 1969. - Т. 57, № 9. - С. 97-104.
5. Кочетков А.Г. Морфо-функциональные эквиваленты реакции системы гипофиз-надпочечники в различные периоды адаптационного процесса организма к мышечной деятельности // Уч. зап. /Тарт. ун-т.-1981. - Вып. 562. - С. 80-91.

6. Лилли Р. Патологическая техника и практическая гистология. - М., 1969. - С. 645.
7. Панин П.Е. Биохимические механизмы стресса. - Новосибирск: Наука, 1983. - 232 с.
8. Пирс Э. Гистохимия, практическая и прикладная. - М.:1972. - 962 с.
9. Росин Я.А. Физиология вегетативной нервной системы. - М.: Наука, 1965. - 405 с.
10. Сорокин А.П., Кочетков А.Г. Факторы изменчивости стромально-паренхиматозных отношений: // Тез. конф. морфологов Сибири "Эпителий и соединительная ткань в нормальных, экспериментальных и патологических условиях". - Тюмень, 1983. - С. 91-93.
11. Сорокин А.П., Стельников Г.В., Вазин А.Н. Адаптация и управление свойствами организма. - М.: Медицина, 1977. - 260 с.
12. Стефанов С.Б. Измерение морфо-функционального единства. - Пушино, 1974. - 42 с.
13. Эделева Н.К., Дятлов Ю.С. Рационализаторское предложение А.С. № 376, 1978.
14. Яковлев Н.Н. Химия движения. Молекулярные основы мышечной деятельности. - Л.: Наука, 1983. - 189 с.
15. Levy H., Deane H.W., Rubin B.L. Visualisation of steroid 3- α -ol-degldrogenase activity in tissues of intact and hypofysectomised rats // Endocr. - 1959. - Vol. 65. - P. 932-943.

TYPOLOGIC PECULIARITIES IN THE ORGANIZATION OF ENDOCRINE
 GLANDS AND INDIVIDUAL TOLERANCE OF
 THE ORGANISM TO MOTOR LOADS

A. Sorokin, A. Kochetkov, O. Birjukov,
 I. Stelnikova, N. Petrova

S u m m a r y

An analysis of peculiarities in the organization of adrenal glands, and the thyroid gland in normal and under conditions of adaptation to hypokinesia (28 days), and physical load (dosed individually), i.e. run at full length, has been presented in the study.

The endocrine organs have been studied histologically, histoenzymatically, and histochemically. Two main types of equally directed relationships in the functional activity of adrenal glands and the thyroid gland in intact dogs have been established.

Run at full length was found to cause unequally directed reactions in endocrine glands. Tolerance to physical load can be determined by the initial state of regulating mechanisms and morphofunctional peculiarities of elements of the adrenal and thyroid glands.

РЕАКЦИЯ ГИПОФИЗ-АДРЕНКОРТИКАЛЬНОЙ И ГИПОФИЗ-ТИРЕОИДНОЙ СИСТЕМ НА ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ В УСЛОВИЯХ ГИПОФУНКЦИИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У СОБАК

Л.А. Шитов, Е.М. Шитова, Б.А. Беляев, В.И. Зданович

Кафедра анатомии и физиологии человека и животных
Брестского педагогического института

В экспериментах на собаках показано, что гипотиреоз, воспроизведенный мерказолилом, привел к повышению концентрации в плазме крови тиреотропина и снижению тироксина, трийодтиронина, кортикотропина и кортизола. Под влиянием статической нагрузки различной интенсивности и длительности отмечалось усиление продукции тиреотропина. Снижение функциональных возможностей щитовидной железы сопровождалось компенсаторной реакцией гипофиз-адренкортикальной системы.

Ключевые слова: статические нагрузки, гипофиз, кора надпочечников, щитовидная железа, гипотиреоз.

Известно, что гормоны щитовидной железы принимают активное участие в энергообмене на клеточном уровне, регулируя ферментативные реакции гликогена и окислительного фосфорилирования /7, 10/. Естественно, что снижение функциональной активности щитовидной железы приводит к изменению многих гомеостатических реакций организма, вызывая нарушения обмена веществ /1, 3/, снижение сопротивляемости организма /3, 6/ и т.д. В процессе перестройки в условиях гипофункции щитовидной железы имеют место компенсаторные реакции различных систем организма, в том числе и со стороны некоторых эндокринных желез /2, 4/. Учитывая важную роль гормонов щитовидной железы в совокупности интегративных гомеостатических реакций и недостаточную изученность этого вопроса со стороны взаимодействия гипофиз-адренкортикальной и гипофиз-тиреоидной систем в условиях адаптации к мышечной деятельности, мы решили рассмотреть данный вопрос в экспериментальных исследованиях на животных.

Материалы и методы

Исследования проведены на 13 беспородных взрослых собаках-самцах двух-трех-летнего возраста, из них 6 - в контроле. Вес животных составлял 15-26 кг. Об активности гипофиз-адренокортикальной системы судили по содержанию в плазме крови кортикотропина и кортизола, о гипофиз-тиреоидной - по тиреотропину (ТТГ), свободному тироксину (FT_4) и трийодтиронину (T_3). Концентрацию гормонов определяли радиоиммунным методом с помощью тест-наборов США, Франции, Италии и ФРГ. Кровь брали из вены задней конечности животного в покое до нагрузки, а также на 3, 5, 7, 10, 20, 30 минутах и далее через каждые 30 минут работы, а также во время отдыха, начиная с 15 минуты, через каждые 15 мин в течение часа.

Гипотиреоз вызывали кормлением животных мерказолилом (1-метил-2-меркаптоимидазол) в дозе 0,01 мг/кг в течение 20 дней.

В первой серии опытов животные удерживали груз, равный 40% от максимально выдерживаемого (МВГ) в течение 30 минут /5/. Во второй серии животные удерживали груз, равный 60% от МВГ в течение 1 часа. Контрольными данными служили исследования влияния статических нагрузок 40 и 60% от МВГ у собак в норме.

Результаты исследования и обсуждение

Развитие гипофункции щитовидной железы сопровождалось фазовыми изменениями со стороны изучаемого гормонального фона. На 10 сутки скормливания мерказолила отмечалось повышение концентрации ТТГ в плазме крови с одновременным снижением T_3 и FT_3 , концентрация кортикотропина и кортизола изменялась недостоверно (табл. I). На 20 сутки имели место более значительные изменения гормонального фона, которые выражались не только в усилении ранее отмеченных процессов, но и снижении концентрации кортикотропина и кортизола (таблица I), как это типично для больных гипотиреозом /3, 9/.

Воздействие на животных однократных статических нагрузок 40% от МВГ в состоянии гипотиреоза приводило к повышению функциональной активности эндокринных желез. Характерной

Таблица I

Влияние скармливания мерказолила на функциональную активность гипофиза, надпочечников и щитовидной железы у собак

Показатели	Контроль*	Экспериментальная группа	
		10 сутки	20 сутки
ТТГ мМЕ/мл	4,8±0,52	3,95±0,47	5,5±0,48
T ₃ нг/мл	0,72±0,03	0,52±0,03	0,21±0,03
rT ₄ мг/дл	3,08±0,5	2,15±0,3	0,62±0,06
АКТГ пг/мл	21,6±2,08	18,0±1,2	8,5±1,45
Кортизол нг/мл	13,8±1,6	14,16±0,97	6,8±1,27

* контрольные данные служат исходным гормональным фоном животных до скармливания мерказолила.

особенностью этих изменений в сравнении с контрольной группой животных были более выраженные по силе реакции со стороны тиреотропной функции гипофиза (табл. 2, 3; рис. I). Так, на 3 минуте статической нагрузки концентрация тиреотропина в опытной группе животных повышалась на 20% ($P < 0,04$) более, чем в контрольной группе, на 20 минуте - на 11,3% ($P < 0,1$), а на 30 минуте - на 48,7% ($P < 0,005$). Несмотря на высокий исходный уровень тиреотропина у животных опытной группы, концентрация T₃ и rT₄ во время работы резко снижалась (табл. 2), в контрольной группе снижение концентрации T₃ и rT₄ в начале работы было менее выражено, а на 20 и 30 минутах содержание этих гормонов в плазме крови даже повышалось (табл. 3; рис. I). Следовательно, судя по динамике гормональных сдвигов гипофиз-тиреоидной системы, во время статической нагрузки имело место быстрое включение этой системы в процесс адаптации к мышечной деятельности. Снижение же концентрации в плазме крови T₃ и rT₄, по-видимому было обусловлено, по данным ряда авторов /11, 12/, повышенной элиминацией и деградацией этих гормонов. В опытной группе ускоренно реагировала на статическую нагрузку и гипофиз-адреноренкортикальная система (рис. I).

Так, концентрация кортикотропина и кортизола в ответ

на статическую нагрузку в подопытной группе достоверно повышалась ($P < 0,01$) на протяжении всей нагрузки. У животных в контроле эти изменения были недостоверны. Процесс восстановления после статической нагрузки тоже был различен в контрольной и подопытной группах (табл. 2, 3; рис. 1).

Реакция гипофиз-адренокортикальной и гипофиз-тиреоидной систем у собак подопытной группы во время 60%-ной статической нагрузки была во многом сходна по динамике с тем, что наблюдалась у животных в контроле, но изменения были более выражены (рис. 2). Это проявилось не только в срочной активации выброса гипофизом в кровь кортикотропина и тиреотропина, но и в сохранении реципрокных отношений между гормонами гипофиз-адренокортикальной и гипофиз-тиреоидной систем во время работы (табл. 4, 5).

Значительное же снижение во время статической нагрузки 60% от МВГ в плазме крови концентраций T_3 и rT_4 у животных в состоянии гипотиреоза свидетельствует, по-видимому, о высоком запросе работающих мышц на эти гормоны /8/, а также об усиленной их деградации /12/.

Процесс восстановления в подопытной группе после статической нагрузки 60% от МВГ характеризовался более высокой концентрацией тиреотропина в плазме в первые 45 минут отдыха по сравнению с животными в контроле. В этот период отмечен также подъем концентрации rT_4 , превышающий исходные цифры до работы. В целом же процесс восстановления концентраций в плазме T_3 и rT_4 у животных подопытной группы был более затянут, чем у контрольных животных (табл. 4, 5).

Полученные данные свидетельствуют о том, что экспериментальный гипотиреоз, выразившийся в снижении в плазме крови rT_4 и T_3 , сопровождался компенсаторной реакцией в виде усиления гипофизарной секреции тиреотропина для стимуляции щитовидной железы, что ранее отмечалось другими авторами /1, 3/. Недостаточность гормонов щитовидной железы приводит к изменению функциональной активности гипофиз-адренокортикальной системы. Гипофиз-адренокортикальная и гипофиз-тиреоидная системы быстро реагируют на статическую нагрузку.

Проведенные исследования позволяют предположить, что более выраженная реакция гипофиз-адренокортикальной системы на статические нагрузки 40 и 60% от МВГ у животных с гипотиреозом обусловлена компенсаторной перестройкой организма в процессе его адаптации.

Гипофиз-адренокортикальная система является ведущей в

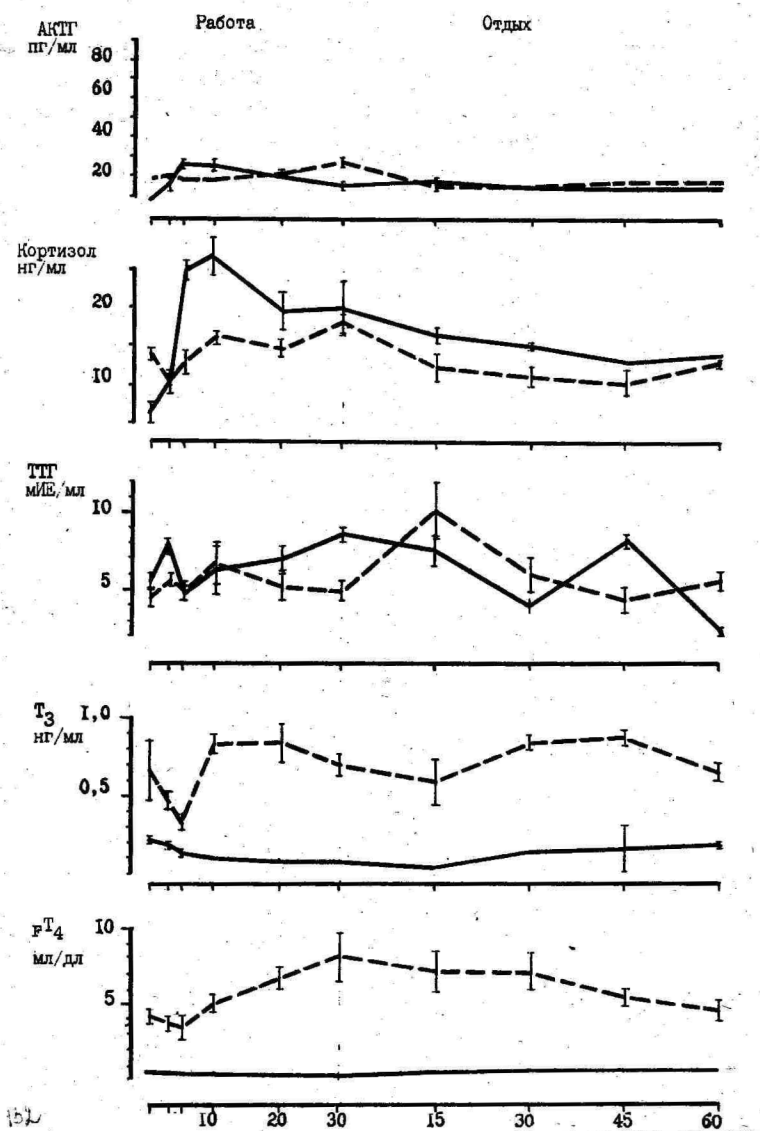


Рис. 1. Изменения концентрации гормонов в плазме крови здоровых собак (---) и на фоне гипотиреоза (—) при статической нагрузке от МВГ.

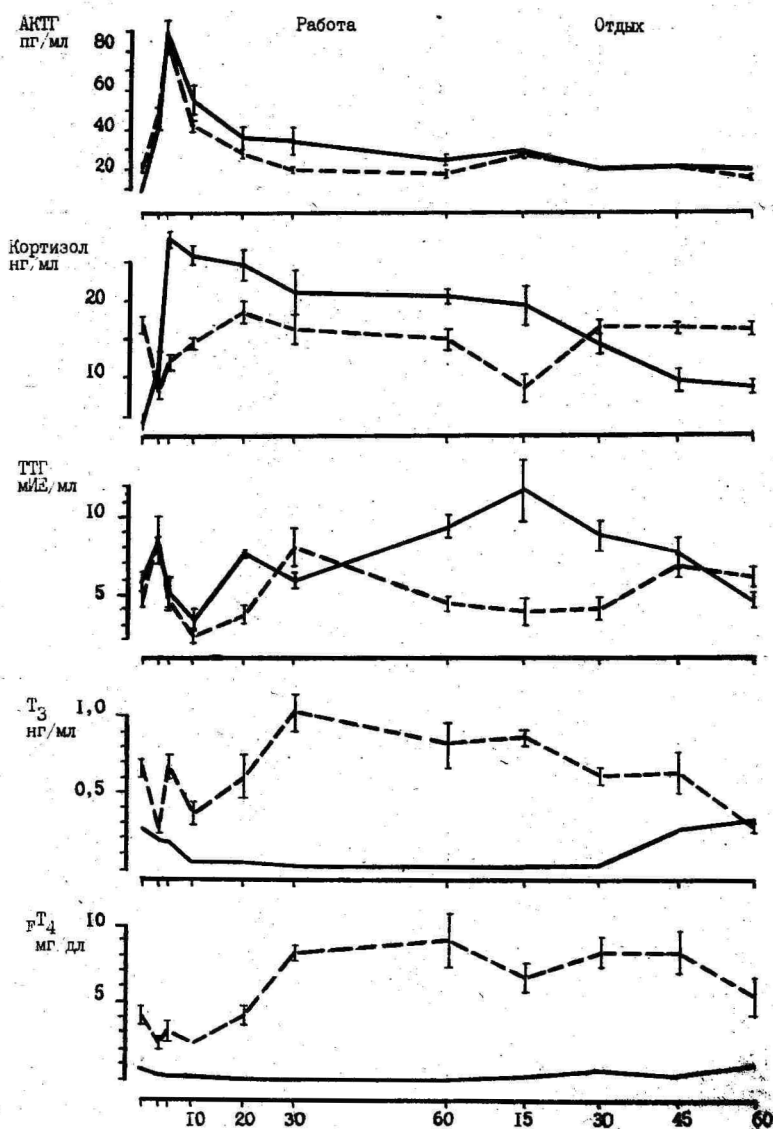


Рис. 2. Изменения концентрации гормонов в плазме крови здоровых собак (---) и на фоне гипотиреоза (—) при статической нагрузке от МВГ.

Таблица 2

Изменение инкреции гормонов у собак под влиянием СН 40% от МВГ

Показатели	До работы	Работа (в мин)					Отдых (в мин)			
		3	5	10	20	30	15	30	45	60
АКТГ пг/мл	18,45±1,04	20,4± 1,2	17,2± 0,84	18,05± 1,6	21,64± 2,4	26,6± 2,02*	15,07± 1,8	14,4± 1,45	16,8± 1,2	17,7± 0,94
Кортизол нг/мл	13,8±0,76	10,2± 0,6*	12,4± 1,6	16,03± 0,86	14,46± 1,24	17,8± 1,2*	12,30± 1,8	10,83± 1,45	9,70± 1,82	12,74± 0,68
ТТГ мМЕ/мл	4,46±0,8	5,6± 0,4	4,88± 0,68	6,60± 1,4	5,06± 0,84	4,80± 0,8	10,08± 1,8*	6,02± 1,2	4,3± 0,86	5,4± 0,60
Т ₃ нг/мл	0,67±0,2	0,44± 0,06*	0,32± 0,05*	0,82± 0,06*	0,84± 0,12	0,7± 0,08	0,58± 0,16	0,86± 0,04*	0,88± 0,06	0,65± 0,06
FT ₄ мг/дл	4,12±0,6	3,8± 0,6	3,6± 0,8	5,05± 0,64	6,8± 0,86*	8,07± 1,6*	7,05± 1,4	7,0± 1,2	5,4± 0,53	4,6± 0,8

Примечание: * Различия с уровнем до работы достоверны.

Таблица 3

Изменение инкреции эндокринных желез у собак под влиянием СН 40% от МВГ
на фоне гипофункции тиреоидной железы

Показатели	До работы	Работа (в мин)					Отдых (в мин)			
		3	5	10	20	30	15	30	45	60
АКТГ пг/мл	8,5 \pm 1,45	16,5 \pm 2,8 $\overline{**}$	28,6 \pm 2,47 $\overline{**}$	25,17 \pm 2,91 $\overline{**}$	19,6 \pm 1,34 $\overline{**}$	16,15 \pm 1,7 $\overline{**}$	17,4 \pm 1,8	14,8 \pm 0,8 $\overline{**}$	14,4 \pm 0,67 $\overline{**}$	14,2 \pm 0,8 $\overline{**}$
Кортизол нг/мл	6,8 \pm 1,27	10,4 \pm 1,6	24,9 \pm 1,29 $\overline{**}$	27,27 \pm 2,38 $\overline{**}$	19,4 \pm 2,6 $\overline{**}$	19,9 \pm 3,5 $\overline{**}$	16,2 \pm 0,9 $\overline{**}$	15,1 \pm 0,5 $\overline{**}$	12,9 \pm 0,1 $\overline{**}$	13,6 \pm 0,1 $\overline{**}$
ТТГ мМЕ/мл	5,5 \pm 0,48	8,0 \pm 0,5 $\overline{**}$	4,7 \pm 0,5	6,1 \pm 1,5	6,85 \pm 0,77	8,6 \pm 0,5 $\overline{**}$	7,45 \pm 1,1	4,0 \pm 0,4 $\overline{**}$	8,12 \pm 0,46 $\overline{**}$	2,4 \pm 0,27 $\overline{**}$
T ₃ нг/мл	0,21 \pm 0,03	0,18 \pm 0,03	0,12 \pm 0,02 $\overline{**}$	0,08 \pm 0,001 $\overline{**}$	0,08 \pm 0,001 $\overline{**}$	0,06 \pm 0,001 $\overline{**}$	0,03 \pm 0,001 $\overline{**}$	0,12 \pm 0,002 $\overline{**}$	0,15 \pm 0,008	0,18 \pm 0,015
F ^T ₄ мг/дл	0,62 \pm 0,06	0,45 \pm 0,08	0,35 \pm 0,07 $\overline{**}$	0,25 \pm 0,05 $\overline{**}$	0,22 \pm 0,05 $\overline{**}$	0,18 \pm 0,001 $\overline{**}$	0,42 \pm 0,04 $\overline{**}$	0,52 \pm 0,03	0,65 \pm 0,02	0,67 \pm 0,02

Таблица 4

Изменения инкреции гормонов под влиянием СН 60% от МВГ у собак

Показатели	До работы	Работа (в мин)						Отдых (в мин)			
		3	5	10	20	30	60	15	30	45	60
АКТГ пг/мл	20,04±2,0	48,4± 2,8 ^ж	86,80± 3,2 ^ж	42,0± 3,0 ^ж	28,08± 2,4 ^ж	18,60± 1,4	16,80± 2,0	26,02± 1,4 ^ж	18,3± 1,26	18,80± 1,20	12,90± 1,6 ^ж
Кортизол нг/мл	16,8±0,92	8,06± 1,08 ^ж	12,08± 1,03 ^ж	14,0± 0,8 ^ж	18,4± 1,6	16,08± 2,3	14,86± 1,6	8,24± 1,8 ^ж	16,08± 0,9	16,04± 0,8	15,80± 0,90
ТТГ мМЕ/мл	4,6±0,6	8,8± 1,4 ^ж	4,46± 0,62	2,26± 0,68 ^ж	3,60± 0,8	8,04± 1,2 ^ж	4,2± 0,65	3,85± 0,9	4,05± 0,8	6,82± 0,8	6,05± 0,8
Т ₃ нг/мл	0,68±0,04	0,25± 0,04 ^ж	0,68± 0,08	0,34± 0,08 ^ж	0,60± 0,14	1,08± 0,12	0,82± 0,16	0,85± 0,06	0,61± 0,06	0,62± 0,14	0,25± 0,04
FT ₄ мг/дл	4,06±0,6	2,3± 0,4	3,2± 0,8	2,4± 0,18 ^ж	4,06± 0,8	8,2± 0,64 ^ж	9,06± 1,80 ^ж	6,4± 1,05	8,17± 0,95 ^ж	8,2± 1,7	5,4± 1,35

Таблица 5

Изменение инкреции эндокринных желез у собак под влиянием СН 60% от МВГ
на фоне гипофункции тиреоидной железы

Показатели	До работы	Работа (в мин)						Отдых (в мин)			
		3	5	10	20	30	60	15	30	45	60
АКТГ пг/мл	8,0±1,2	42,04± 2,6 ^ж	88,2± 6,8 ^ж	53,3± 8,6 ^ж	35,2± 6,25 ^ж	33,5± 7,6 ^ж	24,2± 3,3 ^ж	28,7± 1,6 ^ж	18,4± 1,6 ^ж	18,3± 0,57 ^ж	17,1± 0,52 ^ж
Кортизол нг/мл	4,15±0,97	11,5± 2,0 ^ж	28,0± 0,9 ^ж	25,8± 1,35 ^ж	24,4± 2,17 ^ж	21,12± 2,9 ^ж	20,62± 0,93 ^ж	18,7± 2,70 ^ж	13,8± 1,27 ^ж	9,3± 1,6 ^ж	7,9± 0,9 ^ж
ТТГ мМЕ/мл	5,95±0,47	8,6± 0,50 ^ж	4,9± 1,0	3,5± 0,7 ^ж	7,47± 0,2 ^ж	5,9± 0,4	9,1± 0,8 ^ж	11,7± 2,3 ^ж	8,6± 1,2 ^ж	7,6± 1,1	4,3± 0,48
T ₃ нг/мл	0,27±0,1	0,19± 0,01 ^ж	0,17± 0,01 ^ж	0,065± 0,002 ^ж	0,045± 0,002 ^ж	0,025± 0,006 ^ж	0,018± 0,003 ^ж	0,025± 0,003 ^ж	0,035± 0,005 ^ж	0,25± 0,02	0,30± 0,02
T ₄ мг/дл	0,75±0,018	0,40± 0,2 ^ж	0,25± 0,003 ^ж	0,3± 0,02 ^ж	0,17± 0,02 ^ж	0,14± 0,01 ^ж	0,18± 0,03 ^ж	0,37± 0,07 ^ж	0,76± 0,01	0,47± 0,02 ^ж	1,2± 0,2

процессах адаптации к мышечной деятельности. Гипофиз-тиреоидная система играет роль дублирующего звена в перестройке организма при мышечной деятельности.

Фазовые изменения концентрации тиреотропина, T_3 и rT_4 при статической нагрузке в условиях нормы и гипофункции щитовидной железы у собак свидетельствуют об активном участии гипофиз-тиреоидной системы в процессе адаптации к мышечной деятельности.

Использованная литература

1. Алешин Б.В. Гистофизиология гипоталамо-гипофизарной системы. - М., 1971. - 440 с.
2. Алешин Б.В., Губский В.И. Гипоталамус и щитовидная железа. - М., 1983. - 184 с.
3. Гольбер Л.М., Кандрор В.И. Патологическая физиология щитовидной железы // Многотомное руководство по патологической физиологии. - М., 1966. - Т. 4. - С. 219-279.
4. Крюков Ю.Я. Функциональное состояние гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы при гипотиреозе: Автореф. дис. канд. мед. наук. - Донецк, 1973.
5. Муравьев А.В. Сопоставление влияния тренировок статическими и динамическими мышечными нагрузками на состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. - Ярославль, 1974.
6. Полтырев С.С., Русин В.Я., Барашков В.А. и др. Неспецифическая сопротивляемость при мышечной тренировке белых крыс в условиях гипотиреоза и тиреотоксикоза // Эндокринные механизмы регуляции приспособления организма к мышечной деятельности. - Тарту, 1971. - С. 271-281.
7. Тапбергенев С.О. Тиреоидные гормоны и активность митохондриальной с-оксиредуктазы // Пробл. эндокринологии. - 1982. - Т. 18, № 2. - С. 49-53.
8. Томсон К.Э. Влияние мышечной деятельности на тиреоидный гомеостаз организма // Эндокринные механизмы регуляции адаптации организма к мышечной деятельности. - Тарту, 1980. - Вып. 9. - С. 95-117.

9. Bacci V., Schussler G.C., Kaplan T.B. The relationship between serum triiodothyronine and thyrotropin during systemic illness // J. Clin. Endocr. Metabol. - 1982. - Vol. 54. N 6. - P. 1229-1235.
10. Simon O., Bergner H., Münchmeyer R. Effect of thyroid hormones on tissue protein turnover // Acta Biol. Med. Germ. - 1981. - Vol. 40. N 10-11. - P. 1235-1238.
11. Terjung R.L., Tipton C.M. Plasma thyroxine and thyroid stimulating hormone levels during submaximal exercise in human // Amer. J. Physiol. - 1971. - Vol. 220. - P. 1840-1845.
12. Winder W.W., Heninger R.W. Effect of exercise on degradation of thyroxine in the rat // Amer. J. Physiol. - 1973. - Vol. 224. N 3. - P. 572-575.

THE RESPONSE OF PITUITARY-ADRENOCORTICAL AND PITUITARY-
 THYROID SYSTEMS TO PHYSICAL EXERCISE UNDER THE HYPOFUNC-
 TION OF THE THYROID GLAND IN DOGS

L. Shitov, E. Shitova, B. Belyaev, V. Zdanovich

S u m m a r y

In experiments with dogs it was shown that hypofunction of the thyroid gland, induced with mercazolilum, resulted in an increase in thyrotropin concentration in the blood plasma and in a decrease in thyroxine, triiodothyronine, corticotropin and cortisol. The increase in thyrotropin production was noted under the influence of static exercise of different intensity and duration. The decrease in functional potentialities of the thyroid gland was accompanied by a compensatory response of the pituitary-adrenocortical system.

ОТНОШЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ β -ЭНДОРФИНА В КРОВИ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ К АЭРОБНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Ж.Л. Тендзегольскис, А.А. Виру, Т.А. Смирнова,
К.М. Карелсон, Т.А. Дримяэ

Кафедра спортивной физиологии, лаборатория гормональной
регуляции мышечной деятельности и кафедра физического
воспитания и спорта Тартуского государственного
университета

Динамика концентрации β -эндорфина в плазме крови изучалась у 10 мужчин (21-39 лет) во время выполнения 2-часовой работы на велоэргометре. Исследуемым относительно высокой аэробной работоспособности (МПК от 55 до 71 мл.мин⁻¹.кг⁻¹) была свойственна высокая концентрация β -эндорфина в крови в конце работы. Если работа выполнялась на уровне 55-73% от МПК, то это было связано с двухпиковой динамикой. При работе на уровне 44-48% от МПК уровень нейропептида не повышался в начале работы. Это наблюдалось по мере продолжения работы. Для лиц с менее высокой аэробной работоспособностью было характерно увеличение концентрации β -эндорфина в течение первых 30 мин, сменяющееся снижением до уровня ниже исходного.

Достаточно большой объем результатов исследований позволяет считать, что при выполнении кратковременных интенсивных упражнений совместно с активацией гипофизарно-адренокортикальной системы наступает увеличение концентрации β -эндорфина в плазме крови /5, 6/. Во время выполнения длительной мышечной работы наблюдались различные изменения: у половины исследуемых уровень этого нейропептида повышался в крови в течение первых 30 мин, сменяясь к концу работы снижением ниже исходного уровня, у других исследуемых повышение наблюдалось лишь к концу 2-часовой работы и вместо повышения происходило снижение /1/. Настоящая серия наблюдений была выполнена для дальнейшего уточнения особенностей изменений β -эндорфина в крови при длительной работе, главное внимание при этом сосредоточивалось на аэробной работоспособности исследуемого.

Методика

Исследуемыми были 10 мужчин (возраст 21-39 лет, рост 170-184 см, вес 61-82 кг). Предварительное определение максимального потребления кислорода (МПК) с помощью ступенчато повышающихся нагрузок с 1-минутным финишным спуртом /3/ свидетельствовало о наличии больших различий в аэробной работоспособности между исследуемыми (МПК варьировалось от 39 до 71 мл·мин⁻¹·кг⁻¹). Исследуемые выполняли на велоэргометре 2-часовую работу. Им предлагали поддержать мощность работы, соответствующую 60% от уровня МПК. Определение потребления кислорода во время работы показало, что на самом деле 5 исследуемых использовали лишь 44-56%, а 5 исследуемых 64-76% от своих аэробных возможностей. Частота сердечных сокращений во время работы колебалась в пределах 150-180 ударов в мин.

За 30 мин до начала работы исследуемым вводили в локтевую вену полиэтиленовую канюлю. Пробы венозной крови брали до работы, на 30-й, 60-й и 120-й минуте работы, а также через 1 час после окончания работы. В плазме крови радиоиммуннологически определяли концентрацию β -эндорфина, используя набор реактивов фирмы "Immuo Nuclear Corporation".

Результаты исследования и их обсуждение

Как в предыдущей работе /1/, так и в настоящей материал выявил несколько вариантов динамики изменений концентрации β -эндорфина в плазме крови. Наиболее характерные варианты динамики следующие: 1) двухпиковая кривая с существенным увеличением концентрации нейропептида на 30-ой и 120-ой минуте работы, 2) повышение концентрации нейропептида лишь к концу работы, 3) увеличение концентрации в течение первых 30 мин, сменяющееся снижением до уровня ниже исходного.

Исследуемым, характеризующимся высоким уровнем МПК (от 55 до 71 мл·мин⁻¹·кг⁻¹) была свойственна и высокая концентрация β -эндорфина в крови в конце работы. У этих 5 исследуемых она превышала исходный уровень в среднем на 184%. Из них трое работали на уровне 55-73% от МПК и у них высокая концентрация β -эндорфина в конце работы была связана с двухпиковой динамикой (рис. 1а). Двое исследуемых с высокой аэробной работоспособностью работали на уровне 44-48% от МПК.

У них концентрация β -эндорфина увеличивалась не в начале, а в конце работы (рис. 1б).

Лишь один из исследуемых с менее высокой аэробной работоспособностью выявил двухпиковую динамику. У троих наблюдалось первоначальное повышение, сменяющееся снижением до уровня ниже исходного. У одного исследуемого, работающего на уровне 48% от МПК, концентрация β -эндорфина в крови была в течение всей работы ниже исходного уровня (рис. 1в).

Результаты некоторых предшествующих исследований показали, что в тренированном организме имеются более широкие возможности обеспечить высокий уровень продукции эндорфинов /2, 4/. Очевидно, отражением этого является и отмеченный в настоящем исследовании факт, что высокий уровень β -эндорфина в крови в конце 2-часовой работы сочетается с высоким уровнем аэробной работоспособности. Вместе с тем становилось очевидным, что первоначальное увеличение концентрации β -эндорфина наступает лишь тогда, когда работа выполняется на уровне выше 55% от МПК.

Через 1 час после окончания работы в большинстве случаев уровень β -эндорфина в крови был ниже, чем в конце работы.

Использованная литература

1. Виру А.А., Тендзегольскис Ж.Л., Смирнова Т.А. и др. Динамика изменений содержания β -эндорфина в крови при длительной работе // Уч. зап. Тарт. ун-та, 1985. - Вып. 702. - С. 35-40.
2. Вяльятага Э.Х. Содержание α - и β -эндорфинов в плазме крови крыс при предварительной адаптации к физическим нагрузкам и иммобилизационном стрессе // XXIII Республиканская научно-методическая конференция по проблемам физкультуры. - Таллин, 1985. - С. 108-109.
3. Пярнат Я.П. Деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем и сдвиги кислотно-щелочного баланса в условиях возрастающих нагрузок: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. - Тарту, 1970. - 26 с.
4. Carr D.B., Bullen B.A., Skrinar G.S., Arnold M.A., Rosenblatt M., Beitins I.Z., Martin J.B., McArthur J.W. Physical conditioning facilitates the exercise induced secretion of β -endorphin and β -lipotropin in women // New Engl. J. Med. - 1981. - Vol. 305. - P.560-563.

5. Harber V.J., Sutton J.R. Endorphins and exercise //Sports Medicine. - 1984. - Vol. 2. - P. 154-171.
6. Viru A. Hormones in muscular activity. Vol. I: Hormonal Ensemble in Exercise. - Boca Raton: CRC Press, 1985. - 195 p.

RELATIONSHIP OF ALTERATIONS OF β -ENDORPHIN IN BLOOD DURING
PROLONGED EXERCISE TO AEROBIC WORKING CAPACITY

Z. Tendzegolskis, A. Viru, T. Smirnova,
K. Karelson, T. Jürimäe

S u m m a r y

The dynamics of β -endorphin concentration in the blood was studied in 10 persons (21-39 years old) during 2-hour bicycle ergometer exercise. The persons with a comparative by high level of aerobic working capacity ($\dot{V}_{O_2 \max}$ 55 to 71 ml. min⁻¹. kg⁻¹) revealed high concentrations² of β -endorphin at the end of exercise. When the exercise was performed at levels of 55 to 73 % of $V_{O_2 \max}$, it was connected with a biphasic increase of neuropeptide level. During exercise at 44 to 48 % of $V_{O_2 \max}$ the level of neuropeptide was not increased after the²first 30 min and the increase appeared in the course of further continuation of exercise. In persons with lower aerobic working capacity ($V_{O_2 \max}$ 39 to 53 ml. min⁻¹. kg⁻¹) the level of β -endorphin² augmented during the first 30 min and then diminished to levels below the initial.

АДАПТАЦИЯ МЫШЕЧНЫХ КЛЕТОК С ВЫСОКИМ ОКИСЛИТЕЛЬНОМ ПОТЕНЦИАЛОМ К ТРЕНИРОВКЕ НА ВЫНОСЛИВОСТЬ

Т.П. Сэне, М.М. Умова, К.П. Алев, А.Я. Пэхме
Тартуский государственный университет

При тренировке на выносливость в быстрых красных мышечных волокнах интенсивность синтеза белка увеличивается на 57,9%. При этом биосинтез миофибрилярных белков увеличивается на 19,3% и саркоплазматических на 84,6%. Активность РНК повышается на 62,2%. Процессы деструктивного характера в этих мышцах заключаются в расширении терминальных цистерн саркоплазматической сети, локальном набухании трубочек Т-системы, просветлении матрикса и рыхлом расположении крист митохондрий, а также в выявлении первичных и вторичных лизосом, аутофагосом, мультивезикулярных и остаточных телец в саркоплазме. К процессам восстановительного характера относятся большие скопления митохондрий под плазматической мембраной и миосателлиты на разных стадиях развития.

Скелетные мышечные волокна различаются по скорости сокращения и метаболизму /8, 10/. Первый критерий имеет высокую положительную корреляцию с миозиновой АТФазной активностью и делит мышцы на быстрые и медленные. Быстрые волокна делятся в свою очередь по метаболическим различиям на гликолитические и оксидативно-гликолитические. Последние имеют высокую миозиновую АТФазную активность и хорошо развитую саркоплазматическую сеть, как и гликолитические волокна, но различаются в основном по содержанию митохондрий и активности оксидательных ферментов /1, 4, 14/. Медленным волокнам присущи оксидативный метаболизм и низкая миозиновая АТФазная активность. Поскольку быстрые и медленные волокна имеют различия в иннервации /10/, то активация их мотонейронов зависит от интенсивности физической активности /6, 7/. По интенсивности гликогенолиза в различных типах скелетных мышц при беге со скоростью 35 м/мин (70% от МПК) можно предполагать, что оксидативно-гликолитические или так называемые быстрые

красные волокна в основном включаются в работу при данной интенсивности бега /4/.

Целью настоящей работы было выяснение функциональных и структурных изменений в быстрых красных мышечных волокнах при тренировке на выносливость.

Методика

Опыты проводились на крысах линии Вистар в возрасте 16-17 недель, находившихся на режиме содержания, описанном нами ранее /4/. Тренировку на выносливость проводили бегом на тротбане со скоростью 35 м/мин /4/. ^{14}C -лейцин вводили животным по 100 мкКи на 100 г массы тела. Быстрые красные волокна брали из м. quadriceps femoris. Содержание цитохромов aa_3 в этих волокнах составляло $35,5 \pm 2,9$ нмоль на 1 г сырой ткани и содержание миоглобина $3,20 \pm 0,25$ мг на 1 г сырой ткани. Методика определения саркоплазматических и актомиозиновых белков описана нами ранее /16/. Содержание белка определяли по Лоури /12/ или биуретовым методом /11/, РНК и ДНК — по Цаневу и Маркову /5/, цитохромов aa_3 /15/ и тироксина радиоиммунологически. Кроме абсолютного содержания РНК и ДНК выражали в единицах /13/.

$$\text{Единица РНК} = \frac{\text{содержание РНК (мг)}}{\text{содержание белка (мг)}}$$

$$\text{Единица ДНК} = \frac{\text{содержание белка (мг)}}{\text{содержание ДНК (мг)}}$$

Через 1 сутки после бега брали кусочки из красной — быстрой мышцы. Материал фиксировали по Паладе в O_3O_4 . Ультратонкие срезы контрастировали уранилацетатом и цитратом свинца и исследовали в электронном микроскопе JEM-100С.

Результаты исследований

У крыс, адаптированных к бегу 35 м/мин, интенсивность синтеза белка в быстрых красных мышечных клетках превышает таковой показатель у нетренированных животных на 57,9% (рис. 1). При этом синтез миофибриллярных белков увеличивается на 19,3% и саркоплазматических — на 84,6% (рис. 1). Синтез белка на единицу РНК увеличивается на 62,2% (от 3026 до 4909 имп/Ед. РНК). Синтез белка на единицу ДНК увеличивается на 19,8%. При этом синтез саркоплазматических белков на еди-

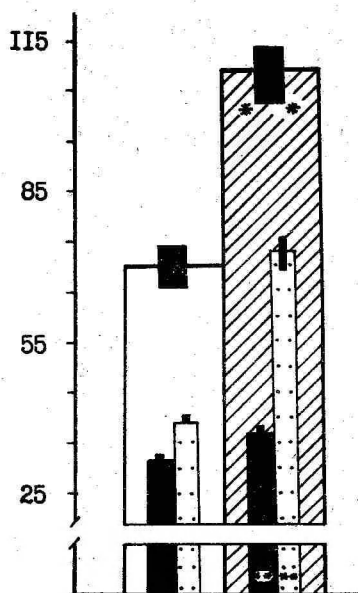


Рис. 1. Включение ^{14}C -лейцина в миофибриллярный, саркоплазматический и общий белок.

По оси ординат: количество импульсов в минуту на г сырой ткани. По оси абсцисс: группы животных и фракции белка. Широкие столбы - общий белок (белый - контрольная группа, заштрихованный - бег со скоростью 35 м/мин), сплошные столбики - миофибриллярные белки, столбики, обозначенные точками - саркоплазматические белки. Достоверные различия по отношению к контролю обозначены звездочками (две звездочки - $p < 0,01$).

нищу ДНК увеличивается на 42,7%. Единица РНК в быстрых красных мышцах у контрольных животных составляет $5,54 \pm 0,22$, а у тренированных - $5,32 \pm 0,20$. Единица ДНК составляет соответственно 700 ± 70 и 910 ± 105 . Содержание цитохромов aa_3 на ДНК составляет у контрольных животных $117,8 \pm 20,5$ и у подопытных - $166,03 \pm 23,0$ нмоль/мг. Содержание миофибриллярных белков на ДНК увеличивается на 25,8%. Соотношение РНК/ДНК в этих мышечных волокнах составляет у контрольных животных $3,77 \pm 0,30$ и у тренированных $4,85 \pm 0,33$. Синтез саркоплазматиче-

ских белков у тренированных животных превышает таковой показатель у контрольных животных как непосредственно после бега, так и спустя сутки (рис. 2) Синтез актомиозина также оказался повышенным через сутки после тренировки (рис. 2). Содержание тироксина в плазме крови контрольных и тренированных животных составляет соответственно $9,20 \pm 0,30$ и $11,15 \pm 0,72$ мкг/100 мл.

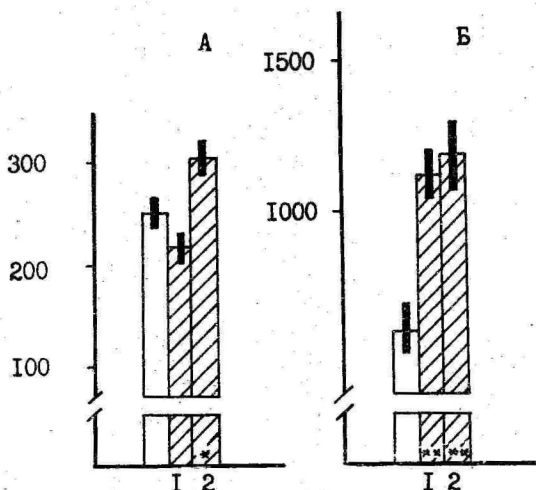


Рис. 2. Включение ^{14}C -лейцина в актомиозин и саркоплазму.

По оси ординат: количество импульсов в минуту на мг белка. По оси абсцисс: группы животных и фракции белка. Белые столбики - контрольные группы, заштрихованные - бег со скоростью 35 м/мин. I - непосредственно после нагрузки, 2 - 24 часа после нагрузки. А - актомиозин, Б - саркоплазма. Достоверные различия по отношению к контролю обозначены звездочками (одна звездочка - $p < 0,05$, две - $p < 0,01$).

Процессы деструктивного характера в быстрых красных мышечных волокнах заключаются в разрушении отдельных миофиб-

рилл, расширении терминальных цистерн саркоплазматической сети, локальном набухании трубочек Т-системы, просветлении матрикса и рыхлом расположении крист митохондрий. В митохондриях наблюдаются частичное разрушение крист, а также полная их деструкция и вакуолярное перерождение (рис. 3). В саркоплазме выявляются первичные и вторичные лизосомы, аутофагосомы, мультивезикулярные и остаточные тельца (рис. 4, 5). К процессам восстановительного характера мы относим наличие больших скоплений митохондрий под плазматической мембраной мышечных волокон. Митохондрии отличаются большим полиморфизмом. Межфибрилярные митохондрии могут образовывать разветвленную сеть, встречаются митохондрии с плотным матриксом. Наряду с крупными присутствуют мелкие округлые митохондрии с единичными кристами, в некоторых случаях наблюдается деление митохондрий по кристам. В периферической саркоплазме видны короткие каналцы гранулярной эндоплазматической сети, полисомы, пластинчатые комплексы (рис. 6). Под базальной мембраной мышечных волокон обнаруживаются миоцеллюлиты на разных стадиях развития (рис. 7). Большую их часть составляют крупные клетки, вытянутые вдоль мышечных волокон, содержащие в цитоплазме большое число оргanelл (рис. 8). Такие клетки обладают развитым рибосомальным аппаратом с многочисленными цепочками и розетками полисом, разветвленной гранулярной эндоплазматической сетью с расширенными каналцами, хорошо выраженным пластинчатым комплексом с мембранным и везикулярным компонентами. В них присутствуют также пиноцитозные пузырьки. В околоядерной зоне миоцеллюлитов нередко обнаруживаются короткие нити миофиламентов, группирующиеся в небольшие пучки. В эндотелиоцитах сосудов встречаются центриоли (рис. 9).

Обсуждение результатов

При тренировке интенсивность ниже МПК, направленной на развитие выносливости, повышается аэробный потенциал скелетных мышц /6, 7, 8/ и возникает изменения в их белковом обмене. Исходя из работ, показывавших, что вовлечение в работу различных волокон в смешанной мышце зависит от интенсивности нагрузки /6, 10/, охват быстрых красных мышц происходит именно при вышеуказанной интенсивности бега /4/. Обмен белка в красных-быстрых мышцах у тренированных животных характеризует повышенный синтез белка. Но в основ-



Рис. 3. Разрушение части митохондрий /МА/ в периферической зоне мышечного волокна /МВ/. Ув. 20 750 .



Рис. 4. Образование типа вторичной лизосомы /ВЛ/ в околоядерной зоне мышечного волокна /МВ/. Ув. 18 480.
 Ми - мышечное ядро, КГ - комплекс Гольджи, МХ - митохондрии



Рис. 5. Аутофагосома /АФ/ в терминали аксона /ТА/ аксомышечного синапса. Ув. 24 900.

ПсЗ - постсинаптическая зона аксомышечного синапса

ПС - постсинаптические складки

ОП - окаймленные пузырьки СП - гладкие синаптические пузырьки

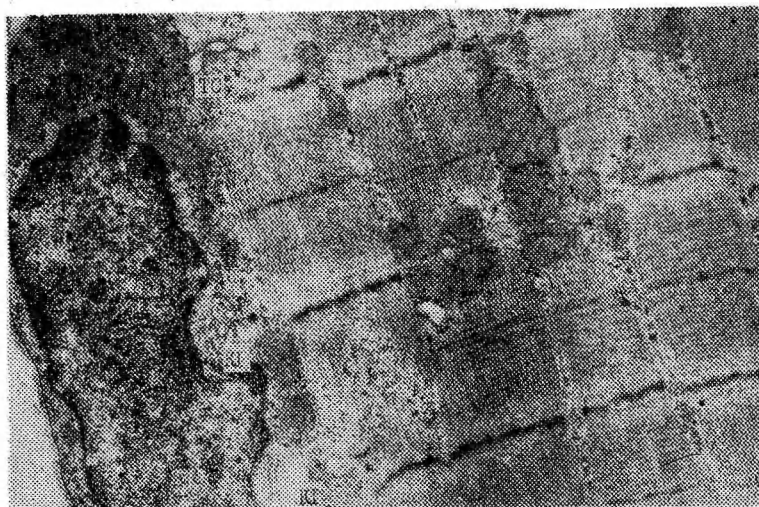


Рис. 6. Два комплекса Гольджи /КТ/ в околоядерной зоне мышечного волокна. Локальное расширение трубочки Т-системы /ТС/. Ув. 24 900.

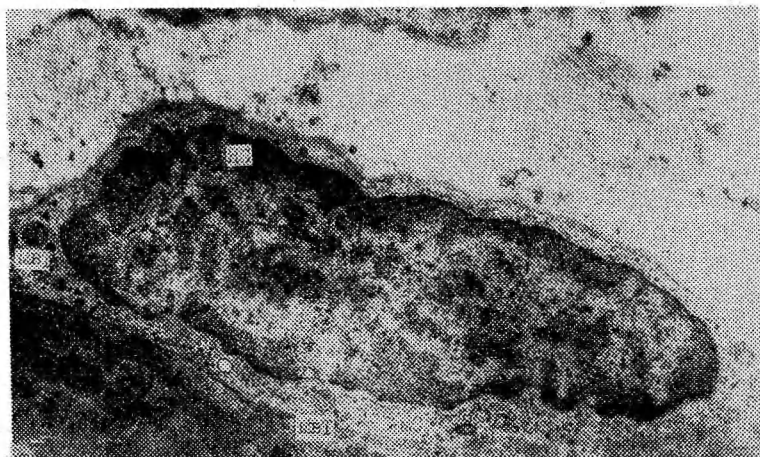


Рис. 7. Миосателлит /МС/ под базальной мембраной мышечного волокна /МВ/. Ув. 20 750. Яс- ядро миосателлита, МВТ - мультивезикулярное тельце.



Рис. 8. Дифференцированный мисателлитоцит /МС/ под базальной мембраной мышечного волокна /МВ/. Ув. 33 200.



Рис. 9. Центриоль в эндотелиоците капилляра. Ув. 10 000.
 ПрК - просвет капилляра Ц - центриоль
 ЯЭ - ядро эндотелиоцита

ном это происходит при тренировке на выносливость за счет повышенного биосинтеза саркоплазматических белков. По мнению некоторых исследователей /13/, клеточный синтез белка характеризуется количеством цитоплазмы, которым "руководит" одно-клеточное ядро (единица ДНК). Поскольку единица ДНК при тренировке на выносливость увеличивается, то повышение интенсивности синтеза белка на вышеуказанную единицу действительно является хорошей характеристикой клеточного обмена белка при мышечной активности. Повышение синтеза белка на единицу РНК или так называемая активность РНК /13/ при тренировке на выносливость также подтверждает мнение о том, что тренировка на выносливость приводит к повышению синтеза мышечных белков. Все это хорошо согласуется с повышением содержания тироксина в плазме крови у тренированных животных, поскольку известно влияние тиреоидных гормонов на синтез мышечных белков /9, 17/.

Если синтез актомиозиновых белков непосредственно после тренировочной нагрузки снижается, то для саркоплазматических белков характерно повышение и после этой нагрузки. Через сутки синтез белков обеих вышеупомянутых фракций существенно повышается.

Внимания заслуживают выраженные процессы частичного распада структурных компонентов, которые сопровождаются процессами физиологической регенерации. Расширение трубочек Г-системы и терминальных цистерн саркоплазматической сети связано с интенсивной работой мышцы и, вероятно, носит обратимый характер /3/. Митохондрии со светлым набухшим матриксом и разрушающимися кристами рассматриваются некоторыми исследователями как свидетельство преобладания в клетках процессов распада. В наших же экспериментах, кроме митохондрий подобного типа, встречаются митохондрии с более плотным матриксом, мелкие митохондрии, отмечается их деление, а также образование крупных скоплений митохондрий под плазмолеммой мышечных волокон, что позволяет сделать вывод о наличии выраженных синтетических процессов в данном структурном аппарате мышечного волокна. Наличие в мышечных волокнах значительного числа лизосом и их производство является, вероятно, морфологическим выражением процесса активизации лизосомальной системы, ответственной за перестройку отработанных структурных элементов любой живой клетки. Наличие миофиламентов в клетках-сателлитах, тенденция к переходу части таких клеток в интерстициальное пространство рассматривается

нами как процесс превращения миосателлитоцитов в миообласты, т.е. как начало мюогенеза. Функциональное состояние миосателлитоцитов является отражением функционального состояния мышечных волокон, что подтверждается и в настоящей работе. Вопрос о происхождении клеток-сателлитов до сих пор не решен. Часть исследователей /2/ при обследовании спортсменов, а также в экспериментах на животных после истощающих физических нагрузок наблюдала образование клеток сателлитов путем отделения от мышечных волокон ядерно-саркоплазматических территорий. Поскольку миосателлитоциты в начальной стадии развития не содержат миофиламентов, вполне возможно, что при фракционировании мышечных белков на саркоплазматические и миофибриллярные они оказываются именно в первой фракции. В таком случае увеличение синтеза саркоплазматических белков в быстрых - красных мышцах у тренированных на выносливость животных может указывать также на усиленный миосателлитогенез.

Использованная литература

1. Иванов И.И., Коровкин Б.Ф., Пинаев Г.П. Биохимия мышц. - М.: Медицина, 1977.
2. Кондаленко В.Ф., Сергеев Ю. П. Системные свойства тканевых организаций. - М., 1977. - С. II5-II6.
3. Кроленко С.А. Т-система мышечных волокон. - Л., 1975. - С. 125.
4. Сэне Т.П., Массо Р.А., Алев К.П. Влияние повышенной функциональной активности на сократительную функцию скелетных мышц // Физiol. ж. СССР. - 1980. - Т. 66, № 3. - С. 354-361.
5. Цанев Р.Г., Марков Г.Г. К вопросу о количественном спектрофотометрическом определении нуклеиновой кислоты // Биохимия, -1960. - Т. 25. - С. 151-159.
6. Яковлев Н.Н., Яковлева Е.С. Влияние различных способов тренировки на белые и красные мышцы животных // Физiol. ж. СССР, -1971. - Т. 57, № 9. - С. 1287-1292.
7. Baldwin K., Winder W., Holloszy J. Adaptation of actomyosin ATPase in different types of muscles to endurance exercise // Amer. J. Physiol. - 1975. - Vol. 229. - P. 422-426.
8. Barnard R., Edgerton V., Furukawa T., Peter J. Histochemical, biochemical and contractile properties of red,

- white and intermediate fibres // Amer. J. Physiol. - 1971. - Vol. 220. - P. 410-414.
9. Flaim K., Li J., Jefferson L. Effects of thyroxine on protein turnover in rat skeletal muscle // Amer. J. Physiol. - 1978. - vol. 235. - P. 231-236.
 10. Hess A. Vertebrate slow muscle fibers // Physiol. Rev. - 1970. - Vol. 50. - P. 40-62.
 11. Jacobs E., Jacob U., Sanadi D., Bradley L. Uncoupling of oxidative phosphorylation by calcium ion // J. Biol. Chem. - 1956. - Vol. 223. - P. 147-156.
 12. Lowry O., Rosenbrough V., Farr A., Randall R. Protein measurement with the Folin phenole reagent // J. Biol. Chem. - 1951. - Vol. 193. - P. 265-275.
 13. Millward D., Waterlow J. Effect of nutrition on protein turnover in skeletal muscle // Fed. Proc. - 1978. - Vol. 37. - P. 2283-2290.
 14. Padykula H., Gauthier G. The ultrastructure of the neuromuscular junctions of mammalian red, white and intermediate skeletal muscle fibers // J. Cell. Biol. - 1970. - Vol. 40. - P. 27-41.
 15. Schollmeyer P., Kingenberg M. Über den Cytochrom-Gehalt tierischer Gewebe // Biochem. Z. - 1962. - Vol. 335. - P. 426-439.
 16. Seene T., Alev K. Effect of glucocorticoids on the turnover rate of actin and myosin heavy and light chains on different types of skeletal muscle fibres // J. Steroid. Biochem. - 1985. - Vol. 6. - P. 767-771.
 17. Winder W., Pitts R., Holloszy J., Kaiser K., Brooke M. Effects of thyroid hormone on different types of skeletal muscle // Plasticity of muscle. - Berlin-New York, 1980. - P. 581-591.

ADAPTATION OF OXYDATIVE-GLUCOLYTIC MUSCLE CELLS TO ENDURANCE TRAINING

T. Seene, M. Umnova, K. Alev, A. Pehme

S u m m a r y

Male Wistar rats were made to run on the treadmill at constant speed 35 m/min. The duration of the running was 5 min on the first day and 60 min at the end of running program in the sixth week. Regular muscular activity causes an elevation (57,9 %) of the synthesis rate of protein in fast-twitch red skeletal muscles. The synthesis rate of sarcoplasmic proteins was elevated 84,6 % that of myofibrillar proteins 19,3 % and activity RNA 62,2 %. The biphasic mechanism of muscle contractile activity was shown. The processes of destruction occurring in fast-twitch red muscle fibers were manifested by enlargement of T-system and sarcoplasmic reticulum elements, mitochondrial matrix swelling, cryst destruction, and destruction of individual myofibrils. The recovery processes included large accumulation of the mitochondria beneath the plasma membrane, the presence of small mitochondria, and transformation of myosatellitocytes to myoblast.

СОДЕРЖАНИЕ - CONTENTS

Ф.Г. Ситдииков, С.А. Чинкин, С.С. Чинкин. Содержание и синтез катехоламинов в надпочечниках крыс при различных уровнях мышечной активности	3
F. Sitdikov, A. Chinkin, S. Chinkin. Catecholamine content and synthesis in adrenals of rats on various levels of muscular activity. S u m m a r y	12
Г.Л. Шрейберг, С.Д. Галимов, Н.Н. Шаров, Н.С. Попов. Состояние адаптивных (симптоадреналовой и гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной) систем при суточном беге (сверхмарафон)	13
G. Sreiberg, S. Galimov, N. Sarov, M. Popov. The state of adaptation systems during long-lasting run. S u m m a r y	22
С.А. Хорева, Т.Г. Моргалева, Г.П. Никирагина. Изменения нейрогуморального гомеостаза у животных разного возраста при физической нагрузке	23
S. Horeva, T. Morgaleva, G. Nikiragina. Changes of neuro-humoral homeostasis in animals of Different ages during physical activity. S u m m a r y	28
П.К. Кырге, Э.Л. Вигел, Г.Н. Мянник, С.К. Тимпманн, М.А. Виру. Значение гомеостаза кальция и его энергетического обеспечения в механизме перехода кардиотонического действия катехоламинов в кардиотоксическое	29
P. Kõrge, E. Vigel, G. Männik, S. Timpmann, M. Viru. The role of Ca homeostasis and its energetical support in the mechanism of transforming the cardiogenic effect of catecholamines into cardiotoxic. S u m m a r y	43
А.А. Виру, К.М. Карелсон, Т.А. Смирнова, Т.А. Дримяз. Изменение концентрации кортизола, кортикотропина и соматотропина в крови при упражнениях анаэробно-аэробного характера	44

A. Viru, K. Karelson, T. Smirnova, T. Jürimäe. Alterations of cortisol, corticotropin and somatotropin concentrations in blood during exercises of anaerobic-aerobic character. S u m m a r y	49
Б.К. Андрухаева. Гормональная оценка степени адаптации организма юных спортсменов к тренировочной нагрузке	50
B. Andrukhaeva. Hormonal evaluation of young sportsmen's adaptation to physical exercise. S u m m a r y	6I
К.М. Карелсон, Т.А. Смирнова, Т.А. Юримяз, А.А. Виру. Гормональный ансамбль при выполнении силовых упражнений	62
K. Karelson, T. Smirnova, T. Jürimäe, A. Viru. Hormonal ensemble in strength exercise. S u m m a r y	65
В.Я. Русин, В.В. Насолодин, Т.П. Хрусталева, И.П. Гладких, С.М. Воронин. Экзогенный гидрокортизон в профилактике дизадаптации (перетренировки)	66
V. Russin, V. Nasolodin, T. Khrustalyova, Y. Gladkikh, S. Voronin. Exogenous hydrocortisone in the prevention of disadaptation. S u m m a r y	76
В.А. Эфендиева. Изменение содержания II-оксикортикостероидов, натрия и калия в плазме крови в восстановительном периоде после мышечной нагрузки у неполовозрелых крыс	77
V. Efhendieva. Change in content of 11-oxycorticosteroids, sodium and potassium in blood plasma during reconstructive period after muscular load in adolescent rats. S u m m a r y	85
К.М. Смирнов, А.А. Виру, Т.А. Смирнова, Р.Х. Ахметшин, А.А. Кольцов, С.А. Фаустов. Экскреция кортикостероидов и катехоламинов у человека в связи с профессией	86
K. Smirnov, A. Viru, T. Smirnova, R. Ahmechin, A. Koltsov, S. Faustov. The excretion of corticosteroids and catecholamines in man depending on profession. S u m m a r y	94
Р.А. Линкберг. Связь между глюкокортикоидной активностью надпочечников и функцией сердца у беременных в состоянии покоя и при умеренных физических нагрузках	95

- R. Linkberg. The relationship between glucocorticoid activity of adrenal cortex and heart function in pregnancy during rest and moderate physical exertions. Summary I03
- P.A. Линкберг. Влияние регулярной физической активности на уровень работоспособности и функциональное состояние миокарда у беременных I04
- R. Linkberg. The effect of regular physical activity on the physical work capacity and heart function during pregnancy. Summary I10
- A.A. Филаретов, Т.С. Богданова, Т.Т. Подвигина, Г.Т. Сраилова. Влияние иммобилизации на активность гипофизарно-адренокортикальной системы крыс в условиях введения женьшеня III
- A. Filaretov, T. Bogdanova, T. Podvagina, G. Srailova. The effect of immobilization on the rat pituitary-adrenocortical system during administration of zenshen. Summary I15
- A.П. Сорокин, А.Г. Кочетков, О.В. Бирюков, И.Г. Стельникова, Н.И. Петрова. Типологические особенности организации эндокринных желез и индивидуальная толерантность организма к двигательным нагрузкам .. I16
- A. Sorokin, A. Kochetkov, O. Birjukov, I. Stelnikova, N. Petrova. Typologic peculiarities in the organization of endocrine glands and individual tolerance of the organism to motor loads. Summary ... I26
- Л.А. Шитов, Е.М. Шитова, Б.А. Беляев, В.И. Зданович. Реакция гипофиз-адренокортикальной и гипофиз-тиреоидной систем на физическую нагрузку в условиях гипофункции щитовидной железы у собак I28
- L. Shitov, E. Shitova, B. Belyaev, V. Zdanovich. The response of pituitary-adrenocortical and pituitary-thyroid systems to physical exercise under the hypofunction of the thyroid gland in dogs. Summary I39
- Ж.Л. Теңдзегольскис, А.А. Виру, Т.А. Смирнова, К.М. Карелсон, Т.А. Юрияэ. Отношение изменений концентрации β -эндорфина в крови при длительной работе к аэробной работоспособности I40

Z. Tendzegolskis, A. Viru, T. Smirnova, K. Kurelson, T. Jürimë. Relationship of alterations of β -endo- rphin in blood during prolonged exercise to aerobic working capacity. S u m m a r y	143
Т.П. Сэне, М.М. Умнова, К.П. Алев, А.Я. Пехме. АДАПТАЦИЯ МЫШЕЧНЫХ КЛЕТОК С ВЫСОКИМ ОКИСЛИТЕЛЬНОМ ПОТЕНЦИАЛОМ К ТРЕНИРОВКЕ НА ВЫНОСЛИВОСТЬ	144
T. Seene, M. Umnova, K. Alev, A. Pehme. Adaptation of oxydative-glucolytic muscle cells to endurance training. S u m m a r y	156

Ученые записки Тартуского государственного университета.

Выпуск 773.

КАТЕХОЛАМИНЫ И КОРТИКОСТЕРОИДЫ ПРИ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.

Эндокринные механизмы приспособления организма к мышечной деятельности.

На русском языке.

Резюме на английском языке.

Тартуский государственный университет,
ЭССР, 202400, г.Тарту, ул.Вликобли, 18.

Ответственный редактор Т. Сэне.

Корректоры И. Пауска, А. Крийт.

Подписано к печати 05.02.1987.

МВ 00031.

Формат 60x90/16.

Бумага писчая.

Машинопись. Ротапринт.

Учетно-издательских листов 9,78. Печатных листов 10,0.

Тираж 500.

Заказ 50.

Цена 1 руб. 50 коп.

Типография ТГУ, ЭССР, 202400, г.Тарту, ул.Тийги, 78.