

УДК 612.621.31-055.2:796.015.6

## ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И УРОВНЯ СЕКРЕЦИИ ЭСТРОГЕНОВ И ГЛЮКОКОРТИКОИДОВ В РАЗЛИЧНЫХ ФАЗАХ МЕНСТРУАЛЬНОГО ЦИКЛА СПОРТСМЕНОК

*Юферев В.С.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: yuvser@live.ru*

Исследовали уровни секреции и особенности взаимодействия глюкокортикоидов и эстрогенов в течение менструального цикла спортсменок и при выполнении физической работы различной мощности. Наибольший уровень секреции кортизола отмечен в период менструации, наименьший непосредственно перед менструацией. Эстрадиоловый пик отмечен в фазу овуляции. Во время выполнения физической работы отмечено повышение уровня тонической секреции эстрадиола и кортизола в фазе овуляции, а также снижение уровня секреции кортизола в предменструальной фазе в 100% случаев с одновременным повышением уровня секреции эстрадиола, что может рассматриваться как компенсаторная реакция в направлении стероидогенеза для усиления глюкокортикоидной функции. Выявленные два типа реакций, связанных со снижением и повышением уровня тонической секреции эстрадиола в сравнении с покоем во время использования физических нагрузок в других фазах цикла свидетельствуют о различной степени утомления спортсменок и могут быть использованы в качестве критерия, определяющего степень этого утомления в различные фазы менструального цикла.

**Ключевые слова:** взаимодействие стероидных гормонов, уровень секреции, физические нагрузки, женщины-спортсменки.

### ВВЕДЕНИЕ

В литературе имеется достаточное количество работ, раскрывающих значение гормонов коры надпочечников в различных адаптационных реакциях [1, 2]. Однако участие глюкокортикоидов в приспособительных реакциях, связанных с мышечной деятельностью у спортсменок в различных фазах менструального цикла освещено не достаточно полно, особенно в отношении взаимосвязи глюкокортикоидов и овариальных гормонов [3, 4]. Вместе с тем, материалы о роли эстрогенов и гормонов коры надпочечников, их взаимодействии и участии в приспособительных реакциях при физических нагрузках различной интенсивности помогут расширить знания о механизмах адаптации женщин-спортсменок и компенсаторных процессах, а также разработать ряд практических рекомендаций [5]. В этой связи **целью работы** явилось изучение уровня секреции и особенностей взаимодействия глюкокортикоидов и эстрогенов при мышечной деятельности спортсменок в различных фазах менструального цикла.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 12 легкоатлетов-добровольцев в возрасте 18-20 лет с 28-32-дневным менструальным циклом, имеющих квалификацию 1 взрослого разряда и кандидата в мастера спорта. В исследованиях принимали участие спортсменки не принимающие противозачаточные препараты. Исследования проводили в различных фазах МЦ, а именно: 1 фаза – менструальная (1, 2 день от начала МЦ), 2 фаза постменструальная (8-9 день от начала МЦ), 3 фаза овуляторная (13-16 день от начала МЦ), 4 фаза постовуляторная (20-22 день от начала МЦ), 5 фаза предменструальная, (26-27 день от начала МЦ). Овуляцию определяли по тесту «Овуплан». Концентрацию эстрадиола и кортизола в сыворотке крови определяли методом твердофазного иммуноферментного анализа с использованием наборов СтериодИФА-кортизол-01 и ESTRADIOL ELISA KIT. Все исследуемые показатели изучали как в состоянии покоя, так и при выполнении физической работы ступенчато-возрастающей мощности (W) на велоэргометре. [6]. Во время эксперимента все испытуемые освобождались от тренировок. Полученные результаты обработаны статистически.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для экспериментального изучения адаптационных и компенсаторных механизмов в деятельности репродуктивной и стресс-реализующей систем, формирующихся при систематическом воздействии неблагоприятных факторов искусственно созданной человеком окружающей среды, а в частности при воздействии больших и значительных физических нагрузок в спорте, необходимы сведения о связи и взаимоотношениях глюкокортикоидов и овариальных гормонов у женщин спортсменок. Результаты исследований, проведенные в этом направлении, показали, что секреция эстрогенов в течение менструального цикла испытуемых в покое находилась в пределах нормы, принятой в литературе. Так, величина концентрации эстрадиола в сыворотке крови зарегистрированная нами в фазу овуляции была равной  $112,525 \pm 12,245$  пг/мл, концентрации этого гормона в менструальной и предменструальной фазах была равной соответственно  $79,157 \pm 11,403$  и  $58,185 \pm 9,149$  пг/мл.

Секреция кортизола у испытуемых в покое также находилась в пределах физиологической нормы (с учетом ежедневных физических воздействий), и в течение менструального цикла варьировала в пределах от  $582,664 \pm 139,046$  до  $780,934 \pm 131,126$  нмоль/л.

Для более подробного изучения динамики секреции исследуемых гормонов в различных фазах МЦ спортсменок и в связи с большим индивидуальным разбросом полученных данных, а также для удобства отображения полученных величин и нивелирования влияния на эти величины различных внешних факторов нами применялся метод приведения величин к относительным единицам [7], которые рассчитывали по формуле:

$$s_n = y_n / x$$

где  $s_n$  – условная единица варианты;

$x$  – наибольшее значение варианты, принятое за единицу;

$y_n$  – значения варианты.

В результате проведенных расчетов были получены различные уровни секреции исследуемых гормонов в течение МЦ (рис. 1).

Так в покое, в фазу менструации уровень секреции кортизола, выраженный нами в условных единицах, составил  $1,162 \pm 0,277$  усл.ед., в фазе овуляции составил  $0,624 \pm 0,033$  усл.ед., и в предменструальной фазе составил соответственно  $0,345 \pm 0,099$  усл.ед.

При выполнении ступенчато-возрастающей нагрузки на велоэргометре выявлено несовпадение уровней секреции данного гормона в постменструальной фазе на 3 ступени нагрузки ( $W=150$  Вт), (соответственно равен  $0,889 \pm 0,206$ , покой  $0,571 \pm 0,112$  усл.ед.) и в фазу овуляции уже на 1 ступени нагрузки ( $W=50$  Вт), (соответственно равен  $0,887 \pm 0,045$ , покой  $0,624 \pm 0,033$  усл.ед.) в сравнении с покоем. Более того, из рисунка 1 видно, что не зависимо от применения физических нагрузок различной мощности уровень секреции кортизола в фазу менструации превышает таковой в предменструальной фазе.

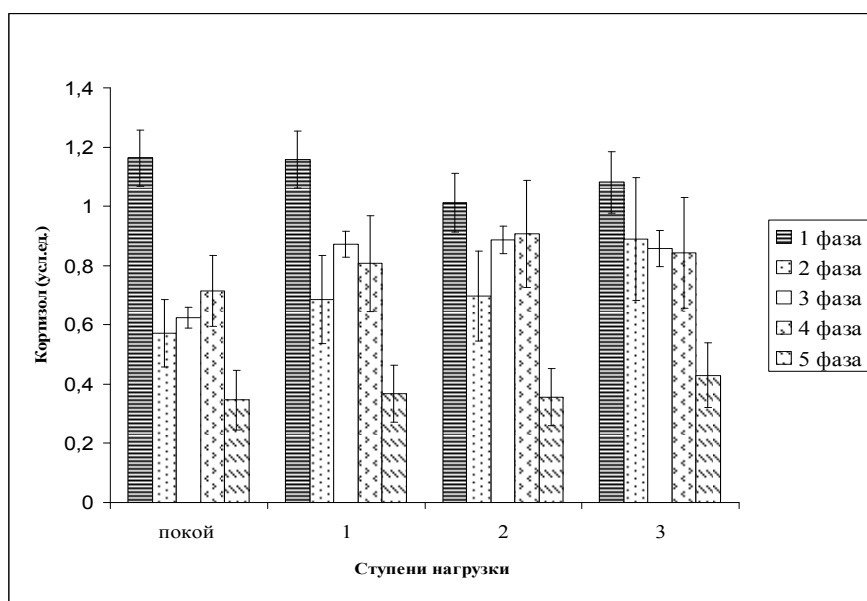


Рис. 1. Динамика секреции кортизола в различных фазах МЦ спортсменок при выполнении ступенчато-возрастающей физической нагрузки.

При исследовании динамики секреции эстрадиола во время выполнения физической работы различной мощности нами выявлено достоверное увеличение этого стероида в фазу овуляции в сравнении с покоем, причем только на 1 ступени нагрузки ( $W=50$  Вт), (соответственно равен  $1,204 \pm 0,064$ , покой  $1,136 \pm 0,008$  усл.ед.). При этом уровень эстрадиола в данной фазе МЦ являлся наибольшим в сравнении с менструальной и предменструальной фазами (рис. 2).

Изучение индивидуальных типов взаимодействий эстрогенов и глюкокортикоидов при выполнении физической работы различной мощности позволило выявить ряд тенденций, позволяющих судить о компенсаторных механизмах при взаимодействии системы гонады-надпочечники. Так уровень секреции кортизола у испытуемых имел тенденцию к снижению, особенно при выполнении физической работы высокой мощности. В большей степени это выражалось в предменструальной фазе, где уровень секреции кортизола в сравнении с покоем снижался в 100% случаев, и в меньшей степени в овуляторной фазе, где уровень секреции кортизола снизился в 75% случаев (табл. 1).

В то же время уровень секреции эстрадиола имел тенденцию к снижению в менструальной и постменструальной фазах. Тогда как повышение уровня секреции этого гормона в сравнении с покоем, в период овуляции и перед менструацией отмечено нами на 3 степени нагрузки, (соответственно в фазе овуляции отмечено в 67% случаев, а в предменструальной фазе в 83% случаев).

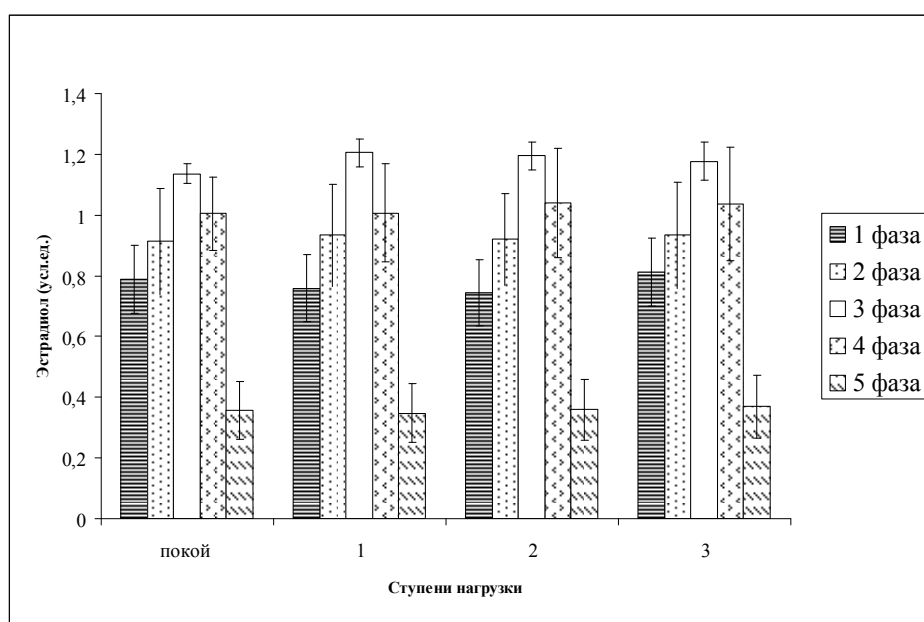


Рис. 2. Динамика секреции эстрадиола в различных фазах МЦ спортсменок при выполнении ступенчато-возрастающей физической нагрузки

Проведенные исследования по определению особенностей взаимодействия и уровня секреции кортизола и эстрадиола в различных фазах менструального цикла спортсменок выявили ряд закономерных сдвигов, которые можно отнести к компенсаторным и адапционным проявлениям, происходящим как под влиянием циклических изменений в организме женщин-спортсменок, так и под воздействием физических нагрузок.

Известно, что в первые дни менструации напряжение жизненных функций в организме женщины критически падает из-за низкого уровня эстрогенов [8]. В свою очередь снижение функции яичников и отрицательный обратный связи с гипоталамусом в менструальной фазе влечет за собой повышение активности гипоталамических структур мозга, в связи с чем, усиливается секреция передней долей гипофиза не только половых тропных гормонов, но и АКТГ [9]. В связи с этим, выявленный нами высокий уровень секреции кортизола у испытуемых в период менструации может свидетельствовать о гиперактивности гипоталамических структур, обусловленных физиологической гипоэстрогенией в данной фазе МЦ.

**Таблица 1**

**Изменение секреции эстрадиола и кортизола у испытуемых (n=12) при выполнении ступенчато-возрастающей нагрузки на велоэргометре в течение МЦ**

Фазы цикла	Стероиды	После 1 ступени нагрузки		После 2 ступени нагрузки		После 3 ступени нагрузки	
		увеличение (кол-во случаев, %)	уменьшение (кол-во случаев, %)	увеличение (кол-во случаев, %)	уменьшение (кол-во случаев, %)	увеличение (кол-во случаев, %)	уменьшение (кол-во случаев, %)
1	кортизол	33	67	17	83	17	83
	эстрадиол	33	67	42	58	42	58
2	кортизол	8	92	17	83	8	92
	эстрадиол	42	58	42	58	42	58
3	кортизол	33	67	25	75	17	83
	эстрадиол	58	42	58	42	67	33
4	кортизол	17	83	8	92	17	83
	эстрадиол	42	58	50	50	67	33
5	кортизол	17	83	0	100	0	100
	эстрадиол	42	58	50	50	83	17

Как уже было сказано выше уровень двигательной активности, также оказывает влияние на характер приспособительных реакций системы гонады-надпочечники. Показано, что физические нагрузки, не вызывающие состояния утомления приводят к достоверному снижению эстрогенов, в свою очередь при признаках утомления наблюдается резкое повышение экскреции эстрогенов в основном за счет фракций эстрогена, что может свидетельствовать о вовлечении в эту реакцию эстрогенов надпочечникового происхождения [8]. В этой связи, выявленное нами повышение уровня секреции эстрадиола в фазе овуляции уже на первой ступени нагрузки

может свидетельствовать о том, что физические воздействия, применяемые в данной фазе, вызывают большую степень утомления, нежели в другие фазы цикла. Более того, повышение уровня секреции кортизола в постменструальной фазе на 3 ступени нагрузки, и в фазе овуляции уже при физической работе мощностью 50Вт связано с увеличением напряжения нейроэндокринной системы в связи с овуляцией [3]. Также по видимому повышение секреции эстрогенов, характерное для данной фазы МЦ способствует повышению функциональной активности коры надпочечников [8]. Причем данная активность начинает повышаться уже в постменструальной фазе при использовании физических нагрузок большой мощности.

О характере взаимодействия эстрогенов и глюкокортикоидов при мышечной деятельности спортсменок в течение МЦ также можно судить и по характеру индивидуальных приспособительных реакций системы гонады-надпочечники. Нами показано, что в большинстве случаев, при использовании физических нагрузок различной мощности наблюдается снижение уровня секреции кортизола, которое в большей степени выражено в предменструальной фазе цикла, что свидетельствует о глюкокортикоидной недостаточности, нередко возникающей при утомлении [1, 2]. Очевидно, это можно связать с периодом подготовки спортсменок, в котором проводились исследования, и для которого характерным явилось применение больших и значительных физических нагрузок. Однако снижение уровня секреции кортизола в предменструальной фазе МЦ выявленное нами в 100% случаев свидетельствует о повышенной утомляемости и преобладании в ЦНС процессов торможения, характерных для предменструального синдрома [3]. В то же время, выявленная нами тенденция к повышению уровня секреции эстрадиола в предменструальной фазе можно рассматривать как компенсаторную реакцию в связи с неудовлетворенной потребностью организма в глюкокортикоидах, необходимых для регуляции энергетического обмена при интенсивной мышечной деятельности [4]. В свою очередь присутствие двух выраженных типов реакций, связанных как со снижением, так и с повышением уровня секреции эстрадиола во время использования физических нагрузок в других фазах цикла, может свидетельствовать о разной степени утомления спортсменок [8, 10]. В связи с чем, уровень тонической секреции эстрогенов при срочной адаптации к физическим нагрузкам может быть использован в качестве критерия, определяющего степень утомления спортсменок в различных фазах МЦ.

### **ВЫВОДЫ**

1. Наибольший уровень секреции кортизола у спортсменок наблюдается во время менструации, что свидетельствует об усилении активности гипоталамических структур мозга, обусловленных физиологической гипозэстрогенией и отрицательной обратной связи с гипоталамусом в данной фазе МЦ. В свою очередь наименьший уровень секреции кортизола выявлен в предменструальной фазе, для которой характерно преобладание процессов торможения в ЦНС.

2. Во время срочной адаптации спортсменок на физические воздействия наблюдается повышение уровня секреции эстрадиола и кортизола в фазе овуляции, что свидетельствует как, о большей степени утомления испытуемых, нежели в другие фазы цикла, связанной с увеличением напряжения нейроэндокринной системы в период овуляции, так и о повышении функциональной активности коры надпочечников на фоне овуляторного эстрадиолового пика. Причем повышение данной активности начинает проявляться уже в постменструальной фазе при выполнении физической работы высокой мощности.
3. Снижение уровня секреции кортизола в предменструальной фазе МЦ при использовании физических нагрузок различной мощности выявленное нами в 100% случаев, свидетельствует о повышенной утомляемости и преобладании в ЦНС процессов торможения, характерных для предменструального синдрома. В свою очередь повышение уровня секреции эстрадиола перед менструацией может рассматриваться как компенсаторная реакция в направлении стероидогенеза для усиления глюкокортикоидной функции.
4. Выявленные два типа реакций, связанных со снижением и повышением уровня секреции эстрадиола в сравнении с покоем во время использования физических нагрузок в других фазах цикла свидетельствуют о различной степени утомления спортсменок. В связи с чем, уровень тонической секреции эстрогенов при срочной адаптации к физическим нагрузкам может быть использован в качестве критерия, определяющего степень утомления спортсменок в различные сроки тренировок и соревнований.

#### Список литературы

1. Виру А.А. Функции коры надпочечников при мышечной деятельности / Виру А.А. – М.: Медицина, 1977. – 176 с.
2. Виру А.А. Гормональные механизмы адаптации и тренировки / Виру А.А. – Л.: Наука, 1981. – 155 с.
3. Шахлина Л.Я.-Г. Медико-биологические основы спортивной тренировки женщин / Шахлина Л.Я.-Г. – Киев.: Наукова думка, 2001. – 326 с.
4. Синаюк Ю.Г. О взаимодействии стероидных гормонов при мышечной деятельности // Теория и практика физической культуры / Ю.Г. Синаюк, Т.К. Вытыщенко– 1972. – №12. – С. 33–36.
5. Динамика возбудимости нервной системы и уровень овариальной секреции в различные фазы эстрального цикла у белых крыс / В.А. Ловчиков, С.М. Липовский, Н.А. Стрельцова [и др.] // Физиологический журнал – 1978. – Т. 24, №1. – С.115–118.
6. Физиологическое тестирование спортсмена высокого класса / Под ред. Дж. Дункана Мак-Дугалла, Г.Е. Уинчера, Г.Дж. Грина. – К.: Олимпийская литература, 1998. – 432 с.
7. Калиткин Н.Н. «Численные методы» / Калиткин Н.Н. – М.: Наука, 1978. – 230 с.
8. Похоленчук Ю.Т. Современный женский спорт / Ю.Т. Похоленчук, Н.В. Свечникова– К.: Здоров'я, 1987. – 192 с.
9. Василенко В.Х. Миокардиострофия / Василенко В.Х., Фельдман С.Б., Хитров Н.К. – М.: Медицина, 1989. – 272 с.
10. Меерсон Ф.З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшеничникова– М.: Медицина, 1988. – 256 с.

**Юферев В.С. Особливості взаємодії та рівня секреції естрогенів та глюкокортикоїдів у різних фазах менструального циклу спортсменок / В.С. Юферев // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 219-226.**

Досліджували рівні секреції і особливості взаємодії глюкокортикоїдів і естрогену протягом менструального циклу спортсменок і при виконанні фізичної роботи різної потужності. Найбільший рівень секреції кортизолу визначено в період менструації, найменший безпосередньо перед менструацією. Естрадіоловий пік визначений у фазу овуляції. Під час застосування фізичних впливів відмічено підвищення рівня тонічної секреції естрадіолу та кортизолу у фазі овуляції, а також зниження рівня секреції кортизолу в предменструальній фазі у 100% випадків з одночасним підвищенням рівня секреції естрадіолу, що може розглядатися як компенсаторна реакція у напрямку стероїдогенезу для посилення глюкокортикоїдної функції. Виявлені два типи реакцій, пов'язаних зі зниженням і підвищенням рівня тонічної секреції естрадіолу в порівнянні зі спокоєм під час використання фізичних навантажень в інших фазах циклу свідчать про різного ступеня стомлення спортсменок і можуть бути використані в якості критерію, що визначає ступінь втоми у різні фази менструального циклу.

**Ключові слова:** взаємодія стероїдних гормонів, рівень секреції, фізичні навантаження, жінки-спортсменки.

**Yuferev V.S. Features of interaction and level of secretion of estrogen and glucocorticoids in various phases menstrual cycle sportswomen / V.S. Yuferev // Scientific Notes OF Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 219-226.**

Investigated levels of secretion and feature of interaction of glucocorticoids and an estrogen during a menstrual cycle of sportswomen and at performance of a physical activity of various capacity. The highest level of cortisol secretion observed during menstruation, and the smallest just before menstruation. Estradiol peak observed in the phase of ovulation. During the application of physical impact was an increase in the level of tonic secretion of estradiol and cortisol in the phase of ovulation, and reduced levels of cortisol in the premenstrual phase in 100% while increasing the level of estradiol secretion, which can be considered as a compensatory reaction in the direction of steroidogenesis to enhance glucocorticoid function. Identified two types of reactions associated with decreased and increased levels of tonic secretion of estradiol in comparison with the rest while using the exercise in other phases of the cycle showed varying degrees of fatigue athletes and can be used as a criterion for determining the degree of fatigue in the different phases of the menstrual cycle.

**Keywords:** interaction of steroid hormones secretion levels, exercise, female athletes.

*Поступила в редакцію 28.09.2010 г.*