

УДК 612.621.31-055.2:796.015.6

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-3-274-282

**ГЛЮКОКОРТИКОИДНАЯ АКТИВНОСТЬ КОРЫ
НАДПОЧЕЧНИКОВ В ОРГАНИЗМЕ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ
СПОРТСМЕНОВ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ**

Юферев В. С., Погодина С. В.

*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Республика
Крым, Симферополь, Россия
E-mail: sveta_pogodina@mail.ru*

Обследованы спортсменки со средней продолжительностью менструального цикла 28–30 дней 37–45 и 16–26 лет. Проведены иммуноферментный анализ содержания гонадотропных и половых гормонов, иммунохроматографический *in vitro* тест на овуляцию, статистический анализ данных. У спортсменок с ановуляторным менструальным циклом диапазон глюкокортикоидной реакции на пороговые физические нагрузки сужается, что ограничивает их компенсаторно-приспособительные возможности. Прием орального противозачаточного препарата Мерсилон обуславливает повышение глюкокортикоидной активности, выходящей за пределы нормальных значений, что является компенсаторно-приспособительной реакцией в системе стероидогенеза.

Ключевые слова: глюкокортикоидная активность, диапазон реакции, спортсменки женщины, физические нагрузки, особенности репродуктивной функции, ановуляторный менструальный цикл, контрацептивы.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение роли эндокринных функций в формировании приспособительных механизмов в организме спортсменок является одной из важнейших проблем, как спортивной физиологии, так и спортивной тренировки женщин [1, 2]. Условия физического стресса в сочетании с эндогенными факторами, детерминирующими особенности функционирования репродуктивной системы организма женщин, в определенных возрастных группах могут обусловить напряжение механизмов саморегуляции и компенсации гомеостатических функций [3, 4], одним из которых выступит повышение или понижение реактивности гормонального звена адаптации [5]. Большое значение при этом придается механизму активации коры надпочечников, продуцирующей гормон – кортизол, обладающий выраженным эрготропным эффектом [6–8]. Компенсаторные изменения активности коры надпочечников необходимые для удовлетворения метаболической потребности и возможные только лишь при согласованной координированной деятельности регулирующих нервных центров позволяют в течение определенного отрезка

времени сохранить продуктивность работы на необходимом уровне [9, 10]. В связи с этим изучение адаптационных изменений свойств глюкокортикоидной активности в организме высококвалифицированных спортсменок в аспекте дифференциации функций репродуктивной системы позволяет получить дополнительные физиологические характеристики свойств реактивности стресс-реализующей системы и выделить группы спортсменок с напряжением компенсаторных механизмов на уровне гормонального звена адаптации к определенным пороговым нагрузкам.

Целью работы явилось изучение адаптационных изменений глюкокортикоидной активности в организме высококвалифицированных спортсменок при различном уровне функционирования репродуктивной системы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследованы подгруппы высококвалифицированных спортсменок (представители видов спорта, связанных с преимущественным развитием аэробной выносливости) с овуляторным менструальным циклом (ОМЦ), (16–26 лет, n=32) и ановуляторным менструальным циклом (АМЦ), (37–45 лет, n=18). Спортсменки имели постоянный менструальный цикл и не принимали противозачаточных препаратов. Также обследована подгруппа высококвалифицированных спортсменок, принимающих противозачаточный препарат Мерсилон (n=9). Концентрацию кортизола и эстрадиола в сыворотке крови определяли методом твердофазного иммуноферментного анализа с использованием наборов Стериод ИФА-кортизол-01, (ЗАО «АлкорБио», Россия) и EstradiolELISAKit (TheCalbiotech, Inc (СВІ), США) с помощью иммуноферментного полуавтоматического планшетного фотометра StatFax 2100, AwarenessTechnology (США) и термостата (инкубатор) – шейкера для планшетов (на 2 планшета) StatFax 2200, Awareness Technology (США). Референсные значения для эстрадиола 10-370 пг/мл, кортизола 150-760 нмоль/л. Иммунохроматографический тест на овуляцию OVUPLAN LUX использовался для ее определения. Показатели содержания гормонов в организме спортсменок изучались в динамике менструального цикла (МЦ): в период менструации (1–3 день от начала МЦ); в межменструальный период (8–9, 20–22 дни от начала МЦ); в период овуляции (13–16 день от начала МЦ); предменструальный период (26–27 день от начала МЦ). Содержание гормонов в венозной крови, определяли в исходном состоянии и при выполнении велоэргометрического теста ступенчато-возрастающей мощности на велоэргометре Ketler. Работа на ступенях нагрузки выполнялась при скорости педалирования 60об/мин в течение 3–4 минут и предусматривала режим малой ($W_1=100-120$ Вт), средней ($W_2=150-180$ Вт) и субмаксимальной ($W_3=200-250$ Вт) мощности. ЧСС на уровне малой, средней и субмаксимальной мощности соответственно 130–140, 150–160, 170–180 уд/мин. Для расчета уровня потребления кислорода (VO_2 , мл/мин) определяли объем легочной вентиляции с помощью спиропневмотахометрического метода используя прибор «Spirobank – G» (производство Италия) и напряжение кислорода в выдыхаемом воздухе (P_{EO_2} , мм рт.ст.) используя термохимический газосигнализатор кислорода «Щит-3» (Украина). Объемные и газовые параметры корректировались с учетом

условий BTPS и STPD. Все изучаемые в работе показатели регистрировались в течение 30 секунд в конце последней минуты каждой ступени нагрузки. Результаты обработаны параметрическими и непараметрическими методами математической статистики в программе "OriginPro 8.5.1". Для определения статистически значимых различий использовали t-критерий Стьюдента, T-критерий Вилкоксона и U-критерий Манна-Уитни. Статистически значимые различия считались при $p < 0,05$. Наблюдения проводились во втягивающих мезоциклах подготовительного периода годового тренировочного процесса при условии добровольного информированного согласия.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В организме высококвалифицированных спортсменок в динамике ОМЦ и АМЦ показаны преимущественно гиперэргические ответы кортизола при выполнении работы различной мощности (табл. 1). Гиперэргические ответы кортизола показаны в периодах сниженной эстрогенной насыщенности (в менструальном и предменструальном периодах).

Таблица 1.

Характер изменений в содержании кортизола и эстрадиола в организме высококвалифицированных спортсменок, (достоверное повышение -↑, достоверное снижение ↓)

Дни МЦ	ОМЦ						АМЦ					
	эстрадиол			кортизол			эстрадиол			кортизол		
	W ₁	W ₂	W ₃	W ₁	W ₂	W ₃	W ₁	W ₂	W ₃	W ₁	W ₂	W ₃
1-3	↓	↓			↓					↑	↑	
8-9							↓		↓		↓	↓
13-16	↑		↑			↓			↓		↓	
20-22			↑	↓	↓	↓					↓	↓
26-27				↑	↓					↓	↓	↓

Примечание: значимые различия показаны по отношению к исходному уровню.

В организме высококвалифицированных спортсменок, имеющих АМЦ, показана сравнительно большая чувствительность ответов кортизола на уровне средней и субмаксимальной мощности работы. В динамике ОМЦ на фоне гиперэргических ответов кортизола отмечается повышение гонадной активности, тогда как в динамике АМЦ наблюдается снижение гонадной активности. Также обращает на себя внимание относительная устойчивость к нагрузке ответов эстрадиола у спортсменок с АМЦ. Тогда как у спортсменок с ОМЦ выражена относительная устойчивость ответов кортизола. Изучение особенностей диапазона глюкокортикоидной реакции в организме высококвалифицированных спортсменок позволило установить его выраженное сужение в динамике АМЦ относительно спортсменок с ОМЦ (IQR кортизол (нмоль/л ОМЦ min – 150, max – 500; АМЦ min –

25, max – 140). Установлено, что при выполнении работы средней мощности диапазон глюкокортикоидной реакции повышался по мере увеличения эстрогенной насыщенности в динамике ОМЦ. Очевидно, что именно на уровне средней мощности работы глюкокортикоидная реакция является наиболее чувствительной к циклическим изменениям гормонального фона. Особенности глюкокортикоидной активности в условиях приема оральных контрацептивов изучалась для выявления адаптационного уровня глюкокортикоидов при содержании эстрадиола ниже нормальных значений. Установлено, что при приеме оральных контрацептивов в период с 9–16 день от начала МЦ содержание эстрадиола в организме высококвалифицированных спортсменок снижалось до 0 пг/мл. В этот же период в организме высококвалифицированных спортсменок в исходном состоянии покоя выявлено выраженное повышение содержания кортизола свыше 1750 нмоль/л, что говорит о превышении нормальных значений этого гормона (рис. 3). Содержание кортизола при выполнении пороговых нагрузок соответствовало значениям исходного уровня. Уменьшение дозы противозачаточного препарата после предполагаемого периода овуляции приводило к снижению содержания кортизола в организме до уровня нормы. Таким образом, прием оральных контрацептивов и связанное с ним падение уровня эстрогенов ниже нормальных значений, обуславливало гиперреактивный ответ кортизола, повышение активности глюкокортикоидной функции. При сопоставлении динамики глюкокортикоидной реакции с динамикой потребления кислорода во всех группах испытуемых было установлено значимое увеличение потребления кислорода по мере повышения мощности работы, и к 13–16 дню от начала МЦ (уровень VO_2 , мл·мин⁻¹ на 13–16 день: ОМЦ – при W_1 – 1942,12±17,24, при W_3 – 3140,08±14,79, $p<0,05$; АМЦ – при W_1 – 2000,96±17,43, при W_3 – 3398,37±17,10, $p<0,05$). При этом содержание эстрогенов в организме высококвалифицированных спортсменок, имеющих ОМЦ к этому периоду достигало значений, характерных для овуляторного пика (103,8 [90,00; 183,3] пг/мл), а в организме высококвалифицированных спортсменок, имеющих АМЦ, не превышало значений (93,4 [83,0; 97,5] пг/мл, $p=0,00338$).

Очевидно, что увеличение кислородного запроса в период с 13-16 день от начала МЦ связано с реакцией вентиляторного звена на нейрогормональные изменения в организме, имеющие циклический характер. Данные изменения могут не зависеть от гонадной активности и длительно поддерживаться на супрагипофизарном уровне [11, 12], а также опосредованно влиять на вентиляторную функцию [13]. В группе высококвалифицированных спортсменок, принимающих оральные контрацептивы значительное повышение уровня потребления кислорода отмечено при выполнении физической работы средней мощности (3638,32±31,87 мл·мин⁻¹, $p<0,001$), что свидетельствовало о значительном усилении энерготрат при сравнительно низком пороговом уровне работы. Субмаксимальная мощность работы приводила к значительному снижению потребления кислорода до 3276,32±24,02 мл·мин⁻¹, ($p<0,01$), очевидно в связи с падением вентиляторной функции.

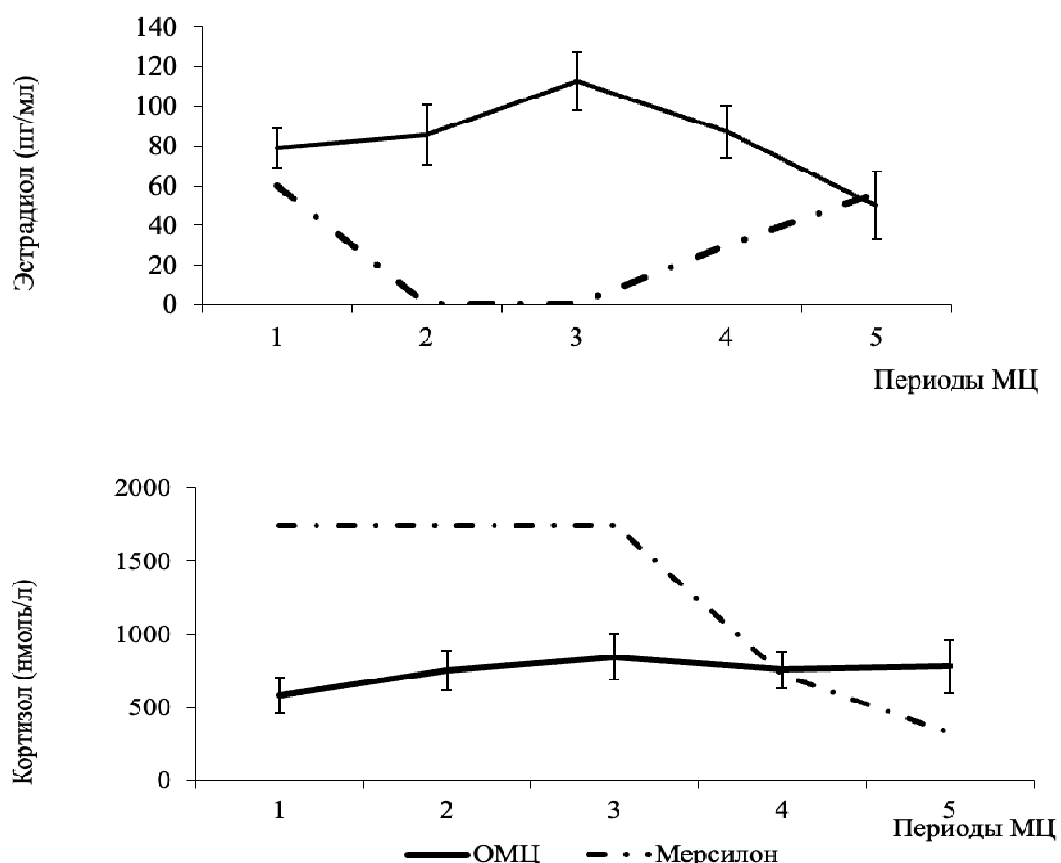


Рис. 3. Содержание кортизола и эстрадиола в организме высококвалифицированных спортсменок в исходном состоянии покоя в динамике ОМЦ (прямая линия) и в условиях приема контрацептивов (пунктирная линия).

Среди факторов, определяющих активность глюкокортикоидной функции весьма существенное значение придается параметрам нагрузки, уровню энергетических трат, тренированности [6], возрасту и полу [14]. В женском организме выявлена тесная функциональная взаимосвязь между надпочечниками и гонадами, которые составляют собой единую стероид-синтезирующую систему [15]. Также общепринятым является мнение о том, что гипоталамо-гипофизарно-адреналовая система женщин является более возбудимой, а амплитуда гормонального ответа высокой, что в значительной мере связано с влиянием эстрогенов [4]. Нами показано, что при повышении потребления кислорода по мере увеличения мощности физической работы наблюдали преимущественно гиперэргические ответы кортизола в организме высококвалифицированных спортсменок с ОМЦ и АМЦ, что очевидно связано с кумулятивным снижением реактивности коры надпочечников на данную пороговую нагрузку.

Гиперергические ответы были выявлены в периодах МЦ, где имеет место снижение уровня эстрогенов (во время менструации и в предменструальный период), а также при падении уровня эстрогенов ниже нормальных значений (в связи с приемом оральных контрацептивов). Гиперергические ответы в большей степени являлись необходимыми для компенсаторного усиления функций стероидогенеза при снижении эстрогенной насыщенности. Глюкокортикоидная активность в данном случае, выполняет роль компенсаторного механизма, поддерживающего, необходимый для саморегуляции гомеостаза, оптимальный стероидогенез. В случае с высококвалифицированными спортсменками, принимающими оральные контрацептивы выраженная гиперергическая глюкокортикоидная реакция на падение уровня эстрадиола ниже границы нормы свидетельствует об адаптационном напряжении в гормональном звене стресс-реакции. В свою очередь избыточность метаболических трат в данной группе высококвалифицированных спортсменок, на сравнительно низком уровне пороговой нагрузки отражает формирование напряжения и на уровне системы внешнего дыхания. Следовательно, падение уровня эстрогенов ниже допустимого может значительно снизить толерантность к физическим нагрузкам, на уровне ведущих стресс-реализующих звеньев – гормонального и вентиляторного.

Известно, что потенциал компенсаторно-приспособительных возможностей организма определяется его способностью изменять уровень деятельности физиологических систем в соответствии с требованиями среды. Широкие границы диапазона глюкокортикоидной реакции в динамике ОМЦ свидетельствуют о высоком потенциале компенсаторно-приспособительных возможностей организма высококвалифицированных спортсменок с нормальным уровнем функционирования репродуктивной системы. В свою очередь, выявленная нами тенденция расширения диапазона глюкокортикоидной реакции по мере увеличения содержания уровня эстрогенов при выполнении средней мощности работы, свидетельствует о необходимости строго дозировать данную мощность пороговой нагрузки в зависимости от периода ОМЦ. При снижении в женском организме половой функции взаимосвязь между репродуктивным и адаптационным гомеостазом повышается. Низкий диапазон глюкокортикоидной реакции в организме высококвалифицированных спортсменок, имеющих АМЦ является свидетельством ограничения компенсаторно-приспособительных возможностей на уровне эндокринного звена стресс-реакции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В организме высококвалифицированных спортсменок в динамике ОМЦ и АМЦ при выполнении пороговых нагрузок установлены преимущественно гиперергические глюкокортикоидные реакции, что связано со снижением реактивности коры надпочечников на пороговые нагрузки.
2. Гиперергические глюкокортикоидные реакции выявлены при падении эстрогенной насыщенности и являются компенсаторно-приспособительными в системе стероидогенеза. Падение эстрогенной насыщенности ниже нормальных

значений повышает степень адаптационного напряжения на уровне глюкокортикоидного и вентиляторного звеньев стресс-реакции.

3. В динамике ОМЦ установлен сравнительно широкий диапазон глюкокортикоидной реакции, который имеет высокую чувствительность к гормональным регулирующим влияниям на уровне средней пороговой мощности работы.

Список литературы

1. Иорданская Ф. А. Мужчина и женщина в спорте высших достижений (проблемы полового диморфизма) / Ф. А. Иорданская – М.: Советский спорт, 2012. – 256 с.
2. Соболева Т. С. О проблемах женского спорта / Т. С. Соболева // Теория и практика физической культуры. – 1999. – № 6. – С. 56–63.
3. Манухин И. Б. Ановуляция и инсулинорезистентность / И. Б. Манухин, М. А. Геворкян, Н. Б. Чагай // ГЭОТАР-Медиа. – 2006. – 416 с.
4. Резников А. Г. Эндокринологические аспекты стресса / А. Г. Резников // Международный эндокринологический журнал. – 2007. – № 4(10). – С. 11–17.
5. Типисова Е. В. Реактивность и компенсаторные реакции эндокринной системы у мужского населения Европейского Севера : Автореф. дисс. докт. биол. наук. / Е. В. Типисова – 2007 г. – 352 с.
6. Виру А. А. Функции коры надпочечников при мышечной деятельности / А. А. Виру – М.: Медицина, 1977. – 176 с.
7. Диденко С. Н. Показатели некоторых гормонов в слюне юных спортсменов, специализирующихся в гандболе / С. Н. Диденко, Г. Д. Алексаянц // Физическая культура, спорт – наука и практика. – 2015. – № 2. – С. 51–53.
8. Crewther В. Т. Effects of oral contraceptive use on the salivary testosterone and cortisol responses to training sessions and competitions in elite women athletes / В. Т. Crewther, D. Hamilton, K. Casto, L. P. Kilduff, C. J. Cook // *Physiology & Behavior*. – 2015. – Vol. 147. – P. 84–90.
9. Лысенко Е. Н. Физиологическая реактивность и особенности мобилизации функциональных возможностей высококвалифицированных спортсменов / Е. Н. Лысенко. // Материалы Всероссийской научно-практической конференции “Спортивная медицина. Здоровье и физическая культура. – Сочи, 2012. – С. 245–249.
10. Тамбовцева Р. В. Изменения гормональной регуляции обменных процессов у конькобежцев на разных этапах тренировочного цикла / Р. В. Тамбовцева, И. А. Никулина // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 5. – С. 52–55.
11. Guasti L. Autonomic function and baroreflex sensitivity during a normal ovulatory cycle in humans / L. Guasti, P. Grimoldi, L. T. Mainardi et al. // *ActaCardiol*. – 1999. – Vol. 54. – P. 209–213.
12. Hirshoren N. Menstrual cycle effects on the neurohumoral and autonomic nervous system regulating the cardiovascular system / N. Hirshoren, L. Tzoran, Y Makrienko et al. // *Clinical Endocrinology and Metabolism*. – 2002. – Vol. 87. – P. 1569–1575.
13. Шахлина Л. Я.-Г. Медико-биологические основы спортивной тренировки женщин / Л. Я.-Г. Шахлина – Киев.: Наукова думка, 2001. – 326 с.
14. Погодина С. В. Гендерные особенности стресс-реакций в организме спортсменов юношеского и зрелого возраста / С. В. Погодина, Г. Д. Алексаянц // Физическая культура, спорт – наука и практика. – 2015. – № 2. – С. 41–46.
15. Pogodina S. V. The heart rate variability and hemodynamic response of the female athletes in the age range of 17–45 years / S. V Pogodina., G. D. Aleksanyants // *Fundamental and applied sciences today*. – 2015. – Vol. 2. – P. 1–3.

GLUCOCORTICOID ACTIVITY OF THE ADRENAL CORTEX IN THE BODY OF HIGHLY QUALIFIED ATHLETES WITH DIFFERENT LEVELS OF FUNCTIONING OF THE REPRODUCTIVE SYSTEM*Yuferev V. S, Pogodina S. V.**Federal V.I. Vernadsky Crimean University, Simferopol, Russia
E-mail: sveta_pogodina@mail.ru*

Athletes with an average menstrual cycle duration of 28-30 days, 37-45 and 16-26 years old were examined. Enzyme immunoassay of gonadotropin and sex hormones, immunochromatographic in vitro ovulation test, and statistical data analysis were performed. In athletes with an anovulatory menstrual cycle, the range of glucocorticoid response to threshold physical activity narrows, which limits their compensatory and adaptive capabilities. Taking the oral contraceptive drug Mercilon causes an increase in glucocorticoid activity beyond normal values, which is a compensatory adaptive reaction in the steroidogenesis system. In the body of highly skilled athletes in the dynamics of ovarian and menstrual anovulatory menstrual cycle set gipoergicheskom glucocorticoid response. Range is expressed glucocorticoid response characteristics depending on the level of functioning of the reproductive system. The dynamics of the ovulatory menstrual cycle shows a relatively wide range of glucocorticoid response, thus increasing the level of compensatory and adaptive capabilities steroidogenesis system in the troubled periods of the menstrual cycle. In athletes with anovulatory menstrual cycle glucocorticoid response range is narrow, which limits the compensatory-adaptive possibilities. Admission Mersilon contraceptive drug has an effect on the range of glucocorticoid response, which is the estimated ovulation period exceeds the range of its normal physiological fluctuations. In the body of highly qualified athletes, in the dynamics of OMC and AMC, when performing threshold loads, mainly hypoallergenic glucocorticoid reactions were established, which is associated with a decrease in the reactivity of the adrenal cortex to threshold loads. Hyperergic glucocorticoid reactions were detected with a decrease in estrogen saturation and are compensatory and adaptive in the steroidogenesis system. A drop in estrogen saturation below normal values increases the degree of adaptive stress at the level of the glucocorticoid and ventilator links of the stress reaction. A relatively wide range of glucocorticoid reactions has been established in the dynamics of the OMC, which has a high sensitivity to hormonal regulatory influences at the level of the average threshold power of work.

Keywords: glucocorticoid activity, reactions range athletes women, physical activity, especially reproductive function, anovulatory menstrual cycle, contraceptive.

References

1. Iordanskaya F. A. *Muzhchina i zhenshchina v sporte vysshih dostizhenij (problemy polovogo dimorfizma)*, 256 (M.: Sovetskij sport, 2012).
2. Soboleva T. S. O problemah zhenskogo sporta, *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, 6, 56 (1999).
3. Manuhin I. B., Gevorkyan M. A., Chagaj N. B. *Anovulyaciya i insulinorezistentnost'*, 416 (GEOTAR-Media, 2006).

4. Reznikov A. G. Endokrinologicheskie aspekty stressa, *Mezhdunarodnyj endokrinologicheskij zhurnal*, **4(10)**, 11 (2007).
5. Tipisova E. V. *Reaktivnost' i kompensatornye reakcii endokrinnoj sistemy u muzhskogo naseleniya Evropejskogo Severa*, Avtoref. diss. dokt. biol. Nauk, 352 (2007).
6. Viru A. A. *Funkcii kory nadpochechnikov pri myshechnoj deyatel'nosti*, 176 s. (M.: Medicina, 1977).
7. Didenko S. N., Aleksanyanc G. D. Pokazateli nekotoryh gormonov v slyune yunyh sportsmenov, specializiruyushchihsya v gandbole, *Fizicheskaya kul'tura, sport – nauka i praktika*, **2**, 51 (2015).
8. Crewther B. T., Hamilton D., Casto K., Kilduff L. P., Cook C. J. Effects of oral contraceptive use on the salivary testosterone and cortisol responses to training sessions and competitions in elite women athletes, *Physiology & Behavior*, **147**, 84 (2015).
9. Lysenko E. N. *Fiziologicheskaya reaktivnost' i osobennosti mobilizacii funkcional'nyh vozmozhnostej vysokokvalificirovannyh sportsmenov*, Materialy Vserosijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii "Sportivnaya medicina. Zdorov'e i fizicheskayakul'tura, 245 (Sochi, 2012).
10. Tambovceva R. V., Nikulina I. A. Izmeneniya gormonal'noj regulyacii obmennyh procesov u kon'kobezhcev na raznyh etapah trenirovochnogo cikla, *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, **5**, 52 (2015).
11. Guasti L., Grimoldi P., Mainardi L. T., et al. Autonomic function and baroreflex sensitivity during a normal ovulatory cycle in humans, *ActaCardiol.*, **54**, 209 (1999).
12. Hirshoren N., Tzoran L., Makrienko Y. et al. Menstrual cycle effects on the neurohumoral and autonomic nervous system regulating the cardiovascular system, *Clinical Endocrinology and Metabolism*, **87**, 1569 (2002).
13. Shahlina L. Ya.-G. *Mediko-biologicheskie osnovy sportivnoj trenirovki zhenshchin*, 326 (Kiev.: Naukova dumka, 2001).
14. Pogodina S. V., Aleksanyanc G. D. Gendernye osobennosti stress-reakcij v organizme sportsmenov yunosheskogo i zrelogo vozrasta, *Fizicheskaya kul'tura, sport – nauka i praktika*, **2**, 41 (2015).
15. Pogodina S. V., Aleksanyants G. D. The heart rate variability and hemodynamic response of the female athletes in the age range of 17-45 years, *Fundamental and applied sciences today*, **2**, 1 (2015).