

ИНДЕКС ТЕСТОСТЕРОН/КОРТИЗОЛ КАК ЭНДОКРИННЫЙ МАРКЕР ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВИСЦЕРАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОСЛЕ МЫШЕЧНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

А.В. Грязных

Курганский государственный университет, г. Курган

Изучена динамика восстановления интегративного анаболического индекса тестостерон/кортизол в условиях острой гиперкинезии у спортсменов и лиц, не занимающихся спортом. Исследована взаимосвязь между индексом восстановления (тестостерон/кортизол) и внешнесекреторной функцией поджелудочной железы.

Ключевые слова: гормональная регуляция, восстановление, физическая нагрузка, тестостерон, кортизол, спортсмены, панкреатическая секреция.

Механизм воздействия на внутренние органы и обменные процессы во многом объясняет теория моторно-висцеральных рефлексов, созданная М.Р. Могендовичем. Согласно ей ведущая роль в осуществлении влияний со стороны опорно-двигательного аппарата на различные функции принадлежит нервной системе. Однако в последние годы установлено участие в этих влияниях и ряда желез внутренней секреции, в особенности гипофизарно-надпочечниковой системы.

В ряде исследований [1, 3, 5, 10] убедительно показано, что у спортсменов во время тренировочных и соревновательных нагрузок усиливаются симпатoadреналовая и гипофиз-адренкортикальная активности. В этом случае наблюдается активация тренировочной нагрузкой механизмов общей адаптации, которая приводит к изменениям в гормональном спектре, обеспечивающим мобилизацию как энергетического, так и пластического резерва организма, его восстановление [2, 12].

Внешнесекреторная деятельность поджелудочной железы регулируется нейрогуморальными механизмами с участием гормонов эндокринных желез [6, 7, 9]. Работ, посвященных изучению механизмов гормональной регуляции желудочно-кишечного тракта, прежде всего, внешнесекреторной активности поджелудочной железы в условиях восстановления после мышечного напряжения у лиц с различным уровнем и спецификой повседневной двигательной активности, практически нет. В большей степени это и определило цель и направление настоящего исследования.

Материалы и методы исследований. В исследовании приняли участие мужчины в возрасте от 18 до 22 лет. По условиям работы все обследуемые разделены на три группы. Контрольную группу ($n = 8$) составили лица, не занимающиеся спортом, во вторую группу ($n = 8$) вошли спортсмены высокой квалификации, развивающие преимущественно скоростно-силовые качества (еди-

ноборцы), в третью группу ($n = 8$) – спортсмены, развивающие качество выносливости (лыжники, биатлонисты). В качестве модели острого мышечного напряжения предлагалась часовая велоэргометрическая нагрузка на уровне 60–70 % от МПК. Для изучения динамики восстановления рассматриваемых показателей исследование проводилось в четыре этапа. Первый этап – состояние физиологического покоя (фоновые данные), второй этап – воздействие физической нагрузки, третий и четвертый этапы – восстановление продолжительностью 1 и 2 часа соответственно. Методом иммуноферментного анализа в сыворотке крови натощак и через 15 минут после введения стимулятора панкреатической секреции определяли содержание кортизола и тестостерона. С целью определения восстановления висцеральных функций исследовали эффекты последствия мышечного напряжения внешнесекреторной функции поджелудочной железы. Для этого методом фракционного гастродуоденального зондирования определяли секрецию бикарбонатов, ферментов в условиях базальной секреции и стимулированной 0,5 % раствором соляной кислоты в объеме 30 мл. Все исследования проводились при наличии письменного согласия обследуемых и с учетом биоэтических норм. Статистический анализ проводили с использованием t -критерия Стьюдента. Для сравнения переменных в каждой обследуемой группе по отношению к фоновым данным применяли парные критерии. Взаимосвязь параметров оценивали путем расчета коэффициента корреляции (r) Пирсона при уровне безошибочного прогноза более 95 % ($p < 0,05$).

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ полученных данных показал отсутствие различий в содержании гормона, обладающего анаболическим действием (тестостерона), в состоянии покоя между группами обследуемых (см. таблицу).

Содержание гормонов в сыворотке крови у обследуемых с различным уровнем и спецификой повседневной двигательной активности в состоянии относительного мышечного покоя ($M \pm m$) ($n = 24$)

Гормоны	Контрольная группа		Борцы		Лыжники	
	Натощак	Стимуляция	Натощак	Стимуляция	Натощак	Стимуляция
Кортизол (К), нг/мл	233 $\pm$ 18,5	132 $\pm$ 13,2	252 $\pm$ 27,4	170 $\pm$ 8,49*	302 $\pm$ 31	209 $\pm$ 23,09*
Тестостерон (Т), нг/мл	9,35 $\pm$ 0,67	8,11 $\pm$ 0,46	8,66 $\pm$ 0,57	7,57 $\pm$ 0,43	10,11 $\pm$ 0,4	7,91 $\pm$ 0,54
Индекс Т/К	0,0411 $\pm$ 0,003	0,0706 $\pm$ 0,014	0,0356 $\pm$ 0,0021	0,0448 $\pm$ 0,0028	0,0361 $\pm$ 0,0041	0,0401 $\pm$ 0,0042

Примечание. * – различия достоверны по отношению к контрольной группе ($p < 0,05$); ** – ($p < 0,01$); *** – ($p < 0,001$).

В то же время нами установлена значимо более высокая концентрация кортизола ($p < 0,05$) у спортсменов по отношению с обследуемым контрольной группы [11]. С целью изучения особенностей метаболических процессов у обследуемых с различной адаптированностью к мышечным нагрузкам и для уточнения реакции протекания анаболических/катаболических процессов определяли индекс тестостерон/кортизол. Несмотря на отсутствие достоверных различий отмечается тенденция к снижению данного показателя у обследуемых спортсменов по отношению к неспортсменам.

Анализ гормонального фона у обследуемых с различным уровнем и спецификой повседневной двигательной активности в условиях действия субмаксимальной мышечной нагрузки выявил специфические особенности.

Исследователи, изучая реакцию системы гипоталамус-гипофиз-надпочечники на действие физических нагрузок, отмечают разнонаправленность изменений содержания гормонов этой системы [4, 15, 17]. В отношении кортизола более высокие показатели (в межгрупповом аспекте) характерны только для спортсменов-лыжников. Для всех групп обследуемых установлена тенденция к снижению концентрации кортизола натощак (рис. 1).

В условиях стимуляции поджелудочной железы отмечается увеличение содержания кортизола у обследуемых. Причем значимым ($p < 0,05$) увеличение содержания кортизола в крови было только у лиц контрольной группы.

Изменения в содержании кортизола в крови у обследуемых объясняются полифазностью реакции гипоталамусно-надпочечниковой системы при длительной физической нагрузке [1, 13]. Обнаруженное угнетение данной регуляторной системы при утомлении представляет собой целенаправленную реакцию, необходимую для предотвращения чрезмерного истощения ресурсов организма.

Половые гормоны, несмотря на свою специфическую миссию в репродуктивных процессах, в общебиологическом аспекте чрезвычайно значимы при обеспечении процессов пролиферации и анаболизма [1, 5, 8, 14, 16]. Эти данные соотносятся с результатами настоящего исследования, показывающими повышение содержания тестосте-

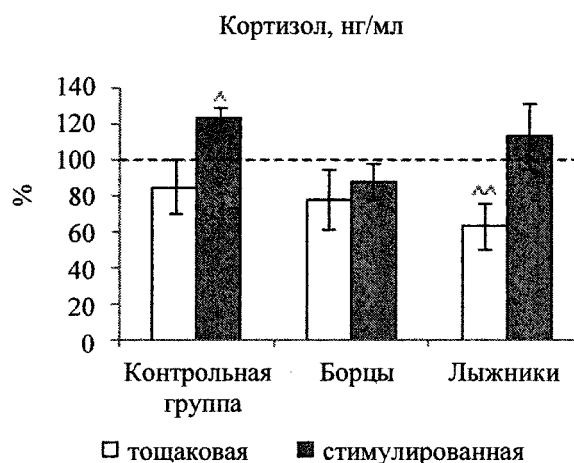


Рис. 1. Влияние велоэргометрической нагрузки на концентрацию кортизола в сыворотке крови у спортсменов различной специализации и лиц, не занимающихся спортом (за 100 % приняты показатели в условиях покоя): [^] – различия достоверны по отношению к аналогичным данным физиологического покоя ($p < 0,05$); ^{^^} – ($p < 0,01$)

рона натощак у обследуемых контрольной группы ($p < 0,05$).

Кроме того, после нагрузки натощак отмечается усиление анаболического индекса тестостерон/кортизол (рис. 2).

В большинстве случаев начальный этап восстановительного периода характеризуется повышением адренкортикальной активности [1, 5, 8, 15, 17].

В условиях восстановительного периода нами обнаружено существенное увеличение ($p < 0,05$) концентрации кортизола у обследуемых контрольной группы. Если через 1 час отдыха увеличение достигало $151 \pm 10,71$ % натощак и $175 \pm 5,9$ % в условиях стимуляции и было максимальным за весь период исследования, то через два часа превышение фоновых данных (и показателей, полученных сразу после действия мышечной нагрузки) составило $113 \pm 5,7$ % и $127 \pm 2,3$ % соответственно. Для спортсменов также характерно увеличение концентрации кортизола в восстановительном периоде, но только в условиях стимулированной секреции (рис. 3).

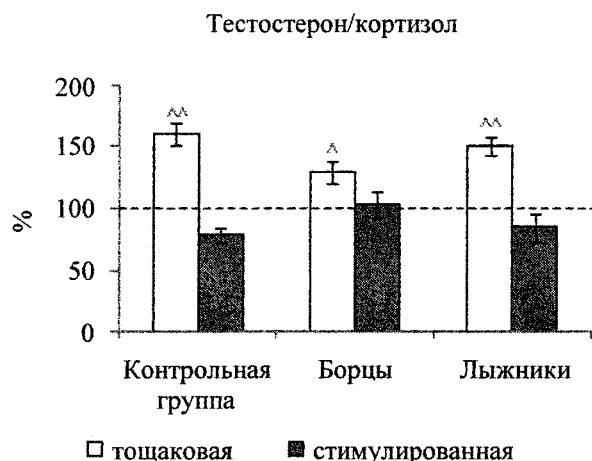


Рис. 2. Влияние велоэргометрической нагрузки на индекс тестостерон/кортизол в сыворотке крови у спортсменов различной специализации и лиц, не занимающихся спортом (за 100 % приняты показатели в условиях покоя): ^ – различия достоверны по отношению к аналогичным данным физиологического покоя ($p < 0,05$); ^^ – ($p < 0,01$)

Для борцов установлено достоверное увеличение содержания кортизола в сыворотке крови после двух часов отдыха, для лыжников – после часового периода восстановления.

Установлено, что после длительной работы наступает резко выраженное снижение уровня тестостерона в крови [1, 8, 16]. Восстановительный период до нормализации уровня тестостерона в крови может длиться до нескольких суток.

В наших исследованиях установлено достоверное снижение содержания тестостерона в крови у борцов через 1 час после действия нагрузки (рис. 4).

Через 2 часа отдыха значимых изменений по отношению к фону не выявлено. У обследуемых контрольной группы и лыжников также не обнаружено значимых изменений содержания тестостерона в сыворотке крови во время всего восстановительного периода.

В качестве потенциального показателя временного неполного восстановления после мышечной нагрузки [5] оправдано использование отно-

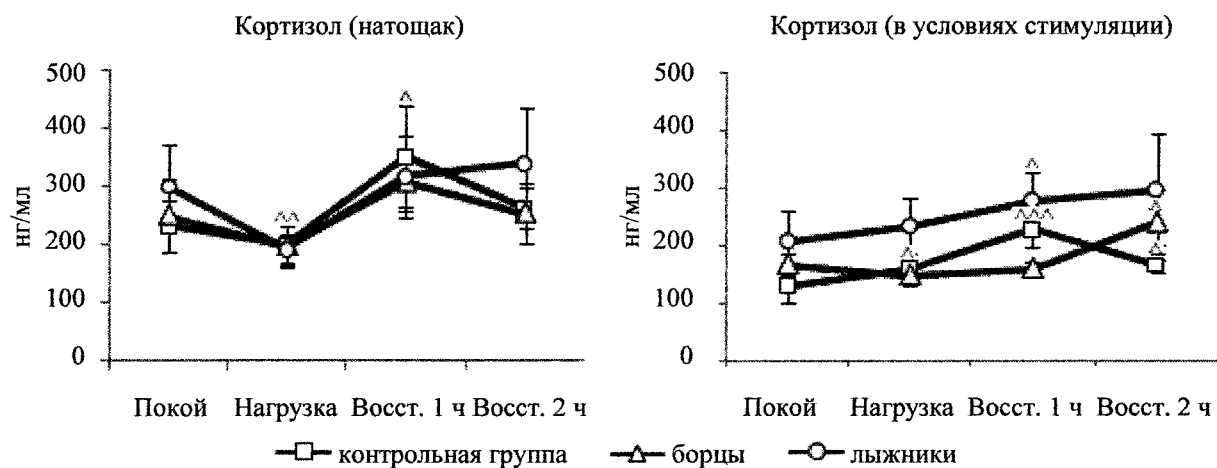


Рис. 3. Динамика восстановления концентрации кортизола у спортсменов различной специализации и лиц, не занимающихся спортом: ^ – различия достоверны по отношению к аналогичным данным физиологического покоя ($p < 0,05$); ^^ – ($p < 0,01$); ^^ – ($p < 0,001$)

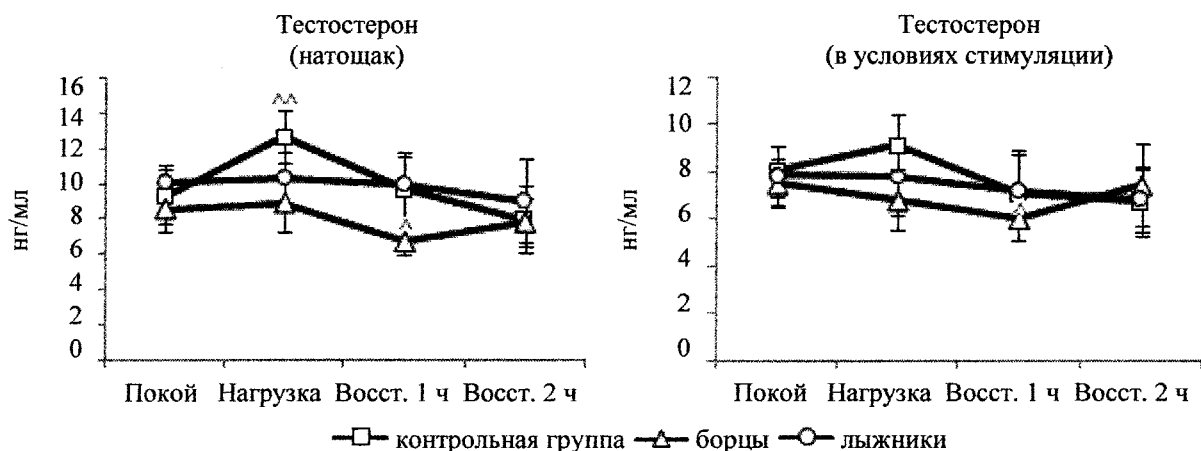


Рис. 4. Динамика восстановления концентрации тестостерона у спортсменов различной специализации и лиц, не занимающихся спортом: ^ – различия достоверны по отношению к аналогичным данным физиологического покоя ($p < 0,05$); ^^ – ($p < 0,01$); ^^ – ($p < 0,001$)

шения тестостерон/кортизол. Показано, что отношение гормонов катаболизма и анаболизма представляет собой потенциальный гормональный маркер неполного восстановления и синдрома [5]. Снижение концентрации тестостерона, повышение уровня кортизола и уменьшение отношения тестостерон/кортизол – показатели катаболической направленности обменных процессов, которые характеризуют способность организма спортсмена к восстановлению, синтезу белка и сохранению мышечной массы. Нами обнаружено значимое снижение данного индекса в восстановительном периоде у всех групп обследуемых (рис. 5).

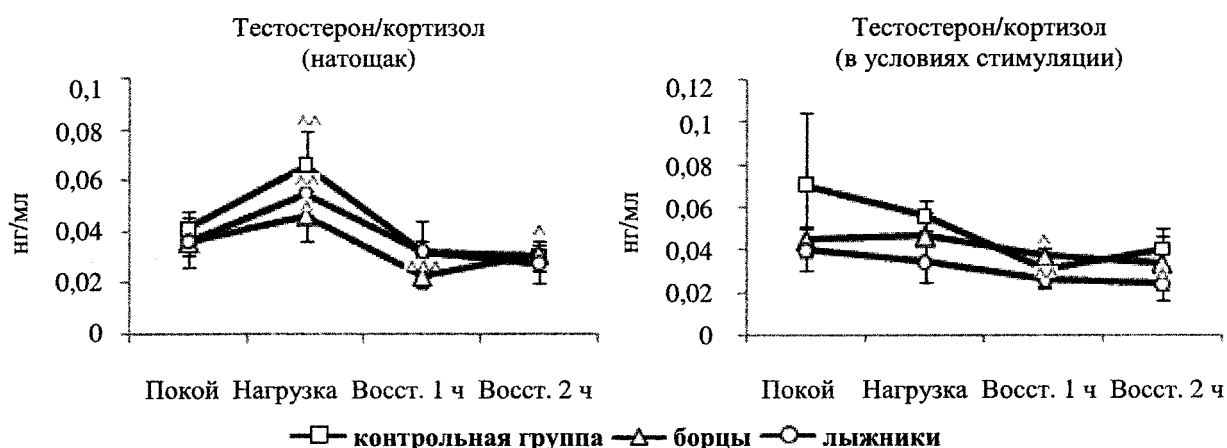


Рис. 5. Динамика восстановления индекса тестостерон/кортизол у спортсменов различной специализации и лиц, не занимающихся спортом: ^ – различия достоверны по отношению к аналогичным данным физиологического покоя ($p < 0,05$); ^^ – ($p < 0,01$); ^^^ – ($p < 0,001$)

Причем степень снижения была различной. Так, для борцов через 1 час после нагрузки снижение относительно фоновых значений отмечалось до $82 \pm 3,9 \%$ ($p < 0,05$), для лыжников – до $65 \pm 7,28 \%$ ($p < 0,01$), для обследуемых контрольной группы – до $43 \pm 10,8 \%$ ($p < 0,05$).

Снижение индекса восстановления тестостерон/кортизол указывает на существенность оказанной нагрузки на организм и неспособность в какой-то мере восстановиться после нее через 2 часа отдыха, а также на отсутствие выраженности анаболических реакций. При этом весьма существенную роль могут играть конкурентные отношения кортизола и тестостерона. При увеличении концентрации кортизола катаболические реакции преобладают над анаболическими. Возникает ситуация, когда влияние глюкокортикоидов предупреждает влияние андрогенов и определяет активацию катаболических реакций.

Таким образом, обобщая полученные данные о динамике изменений внешнесекреторной деятельности поджелудочной железы и сопряженных с ней гормональных сдвигах после действия мышечной нагрузки, у лиц с различным уровнем и спецификой повседневной двигательной активности в состоянии покоя отмечаются значимо низкие показатели, характеризующие выделение жидкой

части секрета, валовое выделение бикарбонатов и липазы у спортсменов. Наряду с этим у спортсменов в сыворотке крови через 15 минут после введения стимулятора обнаружена существенно большая (в межгрупповом аспекте) концентрация кортизола. В какой-то степени это может быть причиной как относительно невысокой функциональной активности поджелудочной железы, так и существенно высоких (в межгрупповом аспекте) значений амилазы у спортсменов. Мышечная нагрузка продолжительностью 60 минут оказала существенное и разнонаправленное влияние на внешнесекреторную деятельность поджелудочной

железы. Данные изменения происходили на фоне гормональных сдвигов. В целом отмечается ингибирующее влияние нагрузки на содержание гормонов катаболического ряда у обследуемых натощак и стимулирующее влияние на концентрацию кортизола при введении стимулятора панкреатической секреции. Кроме того, после нагрузки отмечается натощак увеличение анаболического индекса тестостерон/кортизол. Данные гормональные изменения соотносятся с существенным усилением внешнесекреторной активности поджелудочной железы у лыжников в условиях стимуляции и не столь однозначными изменениями у других групп обследуемых. В целом отмечается усиление ферментовыделения у борцов и обследуемых контрольной группы. При этом у обследуемых контрольной группы выделение жидкой части панкреатического секрета, индекс бикарбонаты/соляная кислота и выделение липазы в отношении фоновых показателей оказываются значимо меньшими.

Заключение. В условиях восстановления отмечаются общие для всех групп обследуемых гормональные реакции, связанные с повышенным содержанием кортизола. В отношении индекса восстановления тестостерон/кортизол установлено существенное снижение данного показателя. Оценка при этом показателей, характеризующих

внешнесекреторную функцию поджелудочной железы, показала существенное усиление в условиях восстановления выделения жидкой части панкреатического секрета, бикарбонатной активности, содержания и валового выделения ферментов у лыжников. У обследуемых контрольной группы отмечается недовосстановление ряда показателей, характеризующих внешнесекреторную деятельность поджелудочной железы.

Исследование проведено в рамках реализации аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы» № 1.2.11.

Литература

1. Виру, А.А. Гормоны и спортивная работоспособность / А.А. Виру, П.К. Кырге. – М., 1983. – 159 с.
2. Исаев, А.П. Полифункциональная мобильность и вариабельность организма спортсменов олимпийского резерва в системе многолетней подготовки: моногр. / А.П. Исаев, В.В. Эрлих. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2010. – 502 с.
3. Кассиль, Г.Н. Внутренняя среда организма / Г.Н. Кассиль. – М.: Наука, 1978. – 224 с.
4. Косарева, О.О. Влияние физической нагрузки на связывание глюкокортикоидов в цитозоле жировой ткани / О.О. Косарева, В.А. Rogozkina // Российский физиологический журнал. – 2000. – Т. 86, № 12. – С. 1681–1686.
5. Кремер, У.Дж. Эндокринная система, спорт и двигательная активность: пер. с англ. / У. Дж. Кремер, А.Д. Рогол. – Киев: Олимпийская литература, 2008. – 600 с.
6. Кузнецов, А.П. Желудочно-кишечный тракт и стресс / А.П. Кузнецов, А.В. Речкалов, Л.Н. Смелышева. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2004. – 254 с.
7. Коротько, Г.Ф. Пищеварение – естественная технология / Г.Ф. Коротько. – Краснодар: Эдви, 2010. – 304 с.
8. Мельников, А.А. Реологические свойства крови, половые гормоны и кортизол у спортсменов / А.А. Мельников, А.Д. Видулов // Физиология человека. – 2004. – Т. 30, № 5. – С. 110–120.
9. Свистун, Т.И. Секреция пищеварительных желез во время мышечной деятельности / Т.И. Свистун. – Киев: Наукова думка, 1975. – 222 с.
10. Тигранян, Р.А. Стресс и его значение для организма / Р.А. Тигранян. – М.: Наука, 1988. – 175 с.
11. Стаценко, Е.А. Влияние тренировочных нагрузок и фармакологической поддержки на показатели иммунной и гормональной систем у высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта / Е.А. Стаценко // Медицинский журнал. – 2008. – № 1. – С. 64–66.
12. Alia, P. Profile, mean residence time of ACTH and cortisol responses after low and standard ACTH tests in healthy volunteers / P. Alia, C. Villabona, O. Gimenez // Clin. Endocrinol. – 2006. – V. 65, № 3. – P. 346–351.
13. Andersen, M. Different stress modalities result in distinct hormone responses by male rats / M. Andersen, M. Bignotto, R. Machado // Braz J. Med. and Bio. Res. – 2004. – V. 37, № 6. – P. 791–797.
14. Chandel, Anil. Testosterone concentration in young patients with diabetes. Dandona Pareshe / Anil Chandel, Dhindsa Sandep, Topiwala Shehzad // Diabetes Care. – 2008. – V. 31, № 10. – P. 2013–2017.
15. Filaire, E. Salivary cortisol, heart rate and blood lactate during a qualifying trial and an official race in motorcycling competition / E. Filaire, M. Filaire, C.J. Le Scanff // Sports Med. and Physiol. Fitness. – 2007. – V. 47, № 4. – P. 413–417.
16. Hardy, Matthew P. Stress hormone and male reproductive function / Matthew P. Hardy, Gao Hui-Bao, Dong Qiang // Cell and Tissue Res. – 2005. – V. 322, № 1. – P. 147–153.
17. Iellamo, F. The stress of competition dissociates neural and cortisol homeostasis in elite athletes / F. Iellamo, F. Pigozzi, A. Parisi // J. Sports Med. and Phys. Fitness. – 2003. – V. 43, № 4. – P. 539–545.

Поступила в редакцию 22 февраля 2011 г.