

Сведения об авторах:

Башта Денис Игоревич, врач отделения хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции; тел.: 89283034527; e-mail: [surgeondenis@mail.ru](mailto:surgeonidenis@mail.ru)

Романов Александр Борисович, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник; тел.: 89137172652; e-mail: abromanov@mail.ru

Байчоров Энвер Хусейнович, доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой хирургии и эндохирургии с курсом сосудистой хирургии и ангиологии; тел.: (8652)724552; e-mail: endo@sfpo.ru

Колесников Владимир Николаевич, кандидат медицинских наук, главный врач; тел.: (8652)365148; e-mail: kardio@stv.runnet.ru

Виленский Леонид Исаакович, зав. отделением хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции; тел.: 89064639163; e-mail: kardio@stv.runnet.ru

Трухачев Владимир Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, доктор экономических наук, профессор, академик РАН, ректор; тел.: (8652)352282; e-mail: rector@stgau.ru

Криворучко Александр Юрьевич, доктор биологических наук, руководитель Научно-диагностического и лечебного ветеринарного центра; тел.: (8652)286742; e-mail: rcvm@yandex.ru

Данников Сергей Петрович, кандидат биологических наук, ассистент кафедры физиологии, хирургии и акушерства; тел.: 89620012350; e-mail: ds.as@mail.ru

© Коллектив авторов, 2017

УДК 612.62.064.45.613

DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2017.12122>

ISSN – 2073-8137

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАДПОЧЕЧНИКОВ САМОК КРЫС В УСЛОВИЯХ АДАПТАЦИИ К ИНТЕНСИВНЫМ МЫШЕЧНЫМ НАГРУЗКАМ И ПРИЕМА СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ

Н. Г. Беляев ¹, Д. Г. Пономаренко ², Л. И. Губарева ¹, И. М. Лисова ¹

¹ Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

² Ставропольский противочумный институт, Россия

MORPHOFUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF ADRENALS OF FEMALE RATS IN THE CONDITIONS OF ADAPTATION TO THE INTENSIVE MUSCULAR LOAD AND WHEY PROTEIN INTAKE

Belyaev N. G. ¹, Ponomarenko D. G. ², Gubareva L. I. ¹, Lisova I. M. ¹

¹ North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

² Stavropol Plague Control Research Institute, Russia

Проведена оценка морфофункционального состояния коры надпочечников самок крыс, выполнявших мышечные нагрузки на фоне приема сывороточных белков. Эксперимент проведен на половозрелых крысах-самках линии Вистар с массой тела 122,8±4,3 г. Для моделирования мышечной нагрузки использовался тредбан. Пищевой рацион крыс II группы не отличался от крыс I (контрольной) группы. Крысам III группы в основной рацион кормления был включен сывороточный белок из расчета 3,3 г на 100 г массы тела. Белок растворяли в 20 мл молока.

Установлено, что интенсивные физические нагрузки инициируют формирование адаптивных и патологических изменений морфофункциональных параметров надпочечников. У крыс, находящихся на обычном пищевом рационе, регистрировали склеротизацию надпочечников и гипертрофию клубочковой, пучковой и сетчатой зон коры. Наиболее выраженная гипертрофия определялась в пучковой зоне: количество вакуолизированных клеток было снижено. В результате вычисления ядерно-цитоплазматического отношения в клетках пучковой зоны коры надпочечников было установлено повышение размеров общей площади ядер эндокриноцитов и снижение суммарной площади цитоплазмы клеток. Выявленная гипертрофия коркового слоя надпочечников связана с реакцией микрососудистого русла: гиперемией, расширением просвета сосудов, отеком ткани. Прием белков сыворотки молока способствует снижению негативного влияния стресса от интенсивных физических нагрузок, нивелированию или минимизации патологических изменений при адаптации.

Ключевые слова: крысы-самки, мышечная нагрузка, надпочечники, микроморфометрические исследования, сывороточный белок

Objective: to estimate the morphological and functional state of the cortex of the adrenal glands of female rats, performing muscle load while taking whey protein. The experiment was carried out on adult female rats, line Vistar weighing 122.8±4.3 g. For the muscular load simulation treadmill was used. Ration of the II group rats did not differ from rats of I (control) group. Ration of rats of the III group included whey protein at the dose of 3.3 g per 100 g of body weight. Whey protein was dissolved in 20 ml of milk.

It was found that intensive muscular loads initiated adaptive and pathological changes of morphological and functional parameters of the adrenal glands in female rats. In rats on a normal diet, sclerotization of the adrenal glands and hypertrophy of the glomerular, fascicular and reticular zones of the cortex were recorded. The most pronounced hypertrophy was determined in the bundle zone: the number of vacuolated cells was reduced. As a result of calculating the nuclear-cytoplasmic ratio in the cells of the fasciculus of the adrenal cortex, an increase in the size of the total area of the nuclei of endocrine cells and a decrease in the total area of the cytoplasm of the cells were established. The revealed hypertrophy of the cortical layer of the adrenal glands is associated with the reaction of the microvascular bed: hyperemia, dilatation of the lumen of the vessels, edema of the tissue. The intake of milk whey proteins helps reduce the negative impact of stress of intense physical exertion, leveling or minimizing pathological changes in adaptation.

Key words: female rats, muscular load, adrenal cortex, micromorphometric study, milk whey protein

Вопросы адаптации к интенсивным физическим нагрузкам вышли за рамки сугубо «спортивной» проблемы. Исследование закономерности реагирования и адаптации сигнальных систем организма в ответ на чрезмерную мышечную работу, поиск новых подходов и средств предупреждения её негативного влияния являются весьма актуальными для современной физиологии и медицины [1, 6, 10].

В этом плане особый интерес представляет оценка особенностей адаптации женского организма к мышечным нагрузкам. Актуальность данной проблемы определяется расширением сферы спортивной деятельности современных женщин и появлением работ, указывающих на возникновение негативных изменений в женском организме в процессе адаптации к спортивным нагрузкам [11, 17].

По данным ряда исследователей, адекватным маркером оценки эффективности реализации приспособительных процессов и уровня адаптационного потенциала организма в условиях воздействия стрессирующего фактора, в том числе мышечных нагрузок, являются показатели морфофункционального состояния надпочечников [8, 12, 14].

Особую актуальность приобретают вопросы профилактики или максимальной минимизации патологических для организма последствий стресса от интенсивных физических нагрузок. Специалисты в области физиологии спорта и спортивной медицины находятся в постоянном поиске новых, более совершенных подходов к управлению механизмами адаптации к стрессорным мышечным нагрузкам, средств и методов коррекции последствий стресса с учетом возрастных, половых и функциональных возможностей атлетов в различных видах спорта [4, 5, 16].

В настоящее время в питании спортсменов активно используются биологические добавки, разрабатываемые с применением компонентов из молока. Высокоценный в биологическом отношении состав сывороточного протеина и его особенность – быстро и легко усваиваться – по праву подтверждают мнение ряда исследователей о том, что сывороточный молочный белок является наиболее перспективным среди множества других источников белка для спортсменов [3, 7, 15]. Однако остаются до конца не раскрытыми вопросы использования сывороточных белков в качестве адаптогенов и средств, способных к нивелированию негативных последствий стресса для женского организма.

Цель исследования: оценить морфофункциональное состояние коры надпочечников самок крыс, пищевой рацион которых был обогащен сывороточными белками, при выполнении мышечных нагрузок.

Материал и методы. Объектом исследования служили самки белых крыс линии Вистар в возрасте 3 месяцев, с массой тела $122,8 \pm 4,3$ г. По принципу аналогов животные были разделены на 3 группы, по 10

особей в каждой. Крысы I группы служили контролем и содержались в обычных условиях вивария. Животные экспериментальных групп (II и III) в течение 8 недель выполняли дозированные интенсивные физические нагрузки на тредбане – движущейся ленте. Тренировки осуществлялись в соответствии с модифицированной методикой Н. Г. Беляева [2]. Методика предусматривала подготовительный период (1–4 недели), переходный (5–6 недели), период интенсивных нагрузок (7–8 недели). Пищевой рацион крыс II группы не отличался от крыс контрольной группы. Крысам III группы в основной рацион кормления был включен сывороточный белок из расчета 3,3 г на 100 г массы тела. Белок растворяли в 20 мл молока. Энергетическая ценность пищевого рациона во всех трех группах была одинакова. Исследования проводились с соблюдением норм гуманного отношения к лабораторным животным.

По окончании 8-недельных физических нагрузок крыс выводили из эксперимента путем быстро проводимой декапитации после кратковременной ингаляционной анестезии хлороформом. При вскрытии животных производили забор надпочечников для проведения гистоморфометрических исследований. Надпочечники фиксировали в 10 % нейтральном формалине с последующей подготовкой материала и заливкой в парафин. Изготавливали гистологические срезы и окрашивали гематоксилином Караца и эозином [9].

Учитывая, что изменение абсолютных размеров основных структурных компонентов (площади ядра и цитоплазмы) и ядерно-цитоплазматического отношения (ЯЦО) в гормонсинтезирующих клетках является объективным критерием, свидетельствующим об их секреторной активности, были проведены кариометрические исследования и морфометрия цитоплазмы эндокриноцитов с последующим расчетом ЯЦО клеток пучковой зоны. Морфометрию микроструктуры надпочечников проводили с помощью компьютерной программы PhotoM 1.31. Для этого с помощью тринокулярного оптического микроскопа ЛОМО Микмед-6 (Россия) и фотокамеры со специальной насадкой Canon ED 1000 (Япония) получали панораму окрашенных гистосрезов. После калибровки линейкой объект-микрометра производили автоматические замеры толщины клубочковой, пучковой и сетчатой зон коркового вещества надпочечников.

ЯЦО кортикальных эндокриноцитов определяли по формуле

$$\text{ЯЦО} = \text{Ся} / \text{Сц} \times 100 \%,$$

где Ся – площадь ядра клетки; Сц – площадь цитоплазмы.

Статистический анализ полученных результатов проводили с помощью программы Microsoft Excel 2010. Для выявления статистической значимости различий результатов в группах сравнения использовали t-критерий Стьюдента, достоверной считали разницу при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение. При анализе результатов гистологических исследований у крыс контрольной группы (рис., А) установлено, что граница коркового и мозгового плато хорошо визуализируется, соединительнотканная капсула выражена. Кортикальный слой надпочечных желез имеет четкое деление на клубочковую, пучковую и сетчатую зоны.

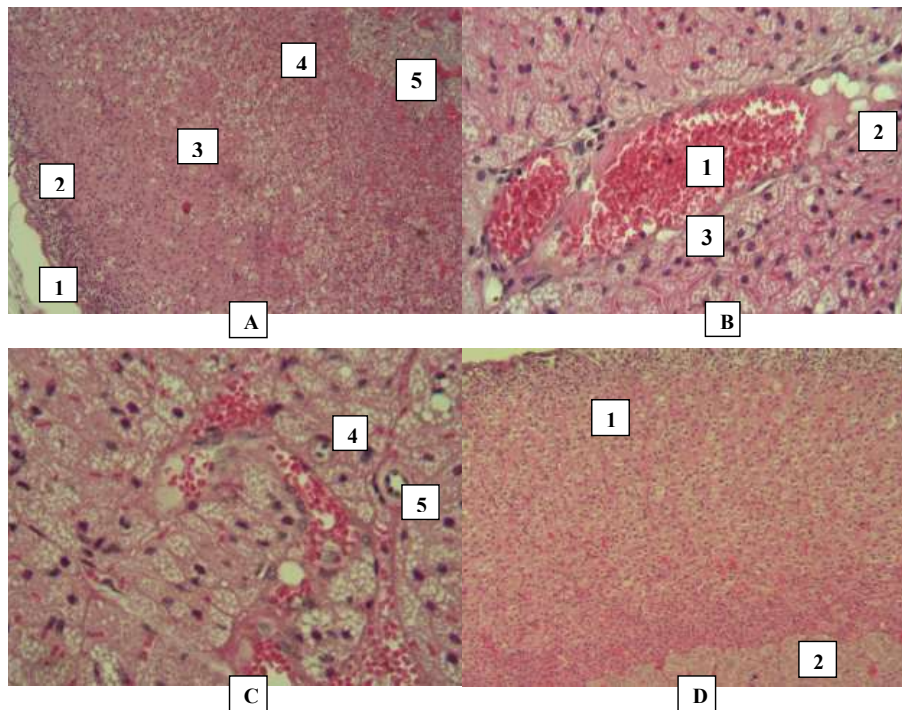


Рис. Надпочечники крыс-самки: I группа – А × 100 (1 – соединительнотканная капсула, 2 – клубочковая, 3 – пучковая, 4 – сетчатая зоны коркового вещества, 5 – мозговое вещество); II группа – В, С × 400 (1 – застойная гиперемия, стаз, 2 – частичный гемолиз эритроцитов, явления сепарации крови, 3 – периваскулярные отеки, 4 – гиперемия и набухание стенки сосудов, некроз, десквамация эндотелия, 5 – у части сосудов выявлена пролиферация клеток интимы); III группа – D × 100 (1 – гиперемия коркового и 2 – мозгового вещества).

Окраска гематоксилином и эозином

Клубочковая зона представлена небольшими клетками с равномерно окрашенной цитоплазмой, которые формируют гроздевидные, concentрические фигуры. Клетки этого слоя преимущественно мономорфны, округлой формы с эксцентрично расположенным округло-овальным ядром. Визуализируются единичные клетки, более крупные с полиморфным ядром.

Пучковая зона более объемна, преимущественно формирует корковое плато, которое представлено разнонаправленно ветвящимися синусоидами, между которыми расположены тяжи эозинофильных, более крупных клеток округлой, призматической и многогранной форм. Большая часть клеток вакуолизирована, ядра чаще однородные гиперхромные. Встречаются единичные клетки с маргинацией хроматина, выявляются фигуры митоза.

Граница пучковой и сетчатой зон визуализируется. Сетчатая зона коркового плато отделена от мозгового выраженной соединительнотканной прослойкой. Сетчатая зона представлена переплетающимися в разных направлениях мелкими кровеносными сосудами, умеренного наполнения – капиллярами, между которыми располагаются выраженные эпителиальные волокна и интенсивно окрашенные округлые и угловатые клетки с более мелким гиперхромным ядром.

Мозговое вещество сформировано обширной сосудистой сетью интенсивного кровенаполнения, па-

ренхиматозные клетки крупные, преимущественно округлые и многогранные, образуют плотные клеточные тяжи, ядро крупное и светлое, цитоплазма большей части клеток вакуолизированная, выявляется мелкоточечная гранулярность.

В экспериментальных группах гистологическое строение надпочечников было в целом сходным с гистоструктурой желез контрольной группы. Однако у крыс II группы установлено визуальное увеличение размеров клеток преимущественно пучковой зоны, ядра клеток этой зоны более интенсивно окрашивались, количество вакуолизированных (оптически пустых) клеток было заметно снижено. При анализе микроархитектоники надпочечников крыс II группы установлены выраженные сосудисто-стромальные изменения патологического характера. Выявлены гемодинамические нарушения в виде застойной гиперемии, агрегации эритроцитов, явления стаза и сепарации крови. В некоторых сосудах, преимущественно мозгового вещества, установлено набухание и активная десквамация эндотелия интимы, утолщение ретикулярных волокон и активная пролиферация соединительнотканых компонентов стромы (рис., В, С).

При патоморфологическом анализе микроархитектоники надпочечников крыс III группы наблюдали гиперемию сосудов коркового, мозгового плато и набухание эндотелиоцитов внутреннего слоя кровеносных сосудов (рис., D).

Анализ результатов гистоморфометрического исследования выявил увеличение толщины структурно-функциональных зон надпочечников – клубочковой, пучковой и сетчатой при адаптации к интенсивным многократным физическим нагрузкам, в том числе в условиях приема сывороточного белка. У животных II группы установлено статистически значимое увеличение толщины клубочковой и пучковой зон коркового вещества надпочечников на 18,1 % (на 7,7 мкм) и 15,5 % (на 50,0 мкм) соответственно по сравнению с контрольной группой. У животных III группы статистически значимого увеличения зон не установлено, однако средние показатели толщины были выше, чем в контроле. Заслуживает внимания тот факт, что у крыс II группы толщина пучковой зоны была на 7,5 % (на 26,3 мкм) больше по сравнению с III группой.

В результате вычисления ЯЦО в кортикальных клетках пучковой зоны надпочечников было установлено повышение размеров общей площади ядер эндокриноцитов и снижение суммарной площади цитоплазмы указанных клеток в III группе животных по сравнению с контролем на 37,0 % (16,1 мкм²) и на 12,0 % (120,6 мкм²) соответственно. Во II группе крыс наблюдали аналогичную тенденцию, но с более выраженными изменениями: суммарная площадь ядер пучковой зоны надпочечников относительно контроля увеличилась на 44,6 % (на 19,4 мкм²) (табл.).

Таблица

Морфометрические показатели и ядерно-цитоплазматическое отношение у эндокриноцитов пучковой зоны коркового вещества надпочечников крыс в группах сравнения

Показатель	До начала тренировок	I группа (контроль)	II группа	III группа
Общая S ядер кл., мкм ² P ₁ P ₂	46,3±3,18	43,5±2,22 >0,1	62,9±3,48 <0,05 <0,001	59,6±4,01 <0,05 <0,01
Общая S цитоплазмы кл., мкм ² P ₁ P ₂	1115,4±37,8	1127,3±55,2 >0,1	1018,1±32,5 >0,1 <0,001	1006,7±46,2 >0,1 <0,001
ЯЦО, % P ₁ P ₂	4,15±0,24	3,85±0,21 >0,1	6,39±0,64 <0,001 <0,001	6,91±0,38 <0,001 <0,001

Примечание: n – во всех случаях равно 7; P₁ – достоверность отличий по сравнению с данными на начало эксперимента; P₂ – достоверность отличий по сравнению с контролем.

Достаточно информативными явились данные об изменении ЯЦО в клетках пучковой зоны надпочечников животных экспериментальных групп. В частности, было выявлено статистически значимое повышение ЯЦО в группах крыс, выполнявших многократные интенсивные мышечные нагрузки.

Так, у крыс II группы ЯЦО составляло 6,39±0,64 %, у крыс III группы – 6,91±0,38 %, что в 1,66 и 1,79 раза соответственно превышало контрольные значения (3,85±0,21 %) (см. табл.).

Индикатором негативного влияния факторов среды обитания является формирование в органах-мишенях пограничных и патологических изменений, указывающих на превалирование процессов декомпенсации, которые, в свою очередь, могут привести к увеличению сроков адаптации, более интенсивному расходованию энергетических и других валеологических резервов или иметь выраженный дезадаптивный характер.

При изучении гистологической картины надпочечников крыс, выполнявших многократные физические нагрузки на фоне приема сывороточного протеина, выявлена выраженная реакция микроциркуляторного русла, проявляющаяся гиперемией сосудов коркового и мозгового слоев надпочечников, изменениями структуры микроциркуляторного русла надпочечников. Учитывая общий принцип функционирования органов и систем макроорганизма, можно предположить, что интенсивное кровоснабжение, вероятно, вызвано компенсаторно-адаптивной реакцией сосудистого аппарата на увеличение потребности желез в питательных веществах и кислороде, которое связано с повышением их функциональной активности.

Результаты патоморфологических исследований указывают на стресс-протекторное действие сывороточных белков, которое, вероятно, связано с наличием активных антиоксидантов – аскорбиновой кислоты, полифенолов (токоферолы α , β , γ , δ), ретинола, незаменимых аминокислот, ценнейших белков [13].

У крыс, выполнявших интенсивную физическую работу в течение 8 недель и находящихся на обычном пищевом рационе, патоморфологические изменения носили более глубокий и выраженный характер. Гистологически выявлены застойная гиперемия, агрегация эритроцитов, стаза и сепарации крови, очаговые периваскулярные отеки, плазматическое пропитывание и набухание ретикулярных волокон.

Данные изменения указывают на наличие длительных гемодинамических нарушений, изменений реологических свойств крови. Подобные изменения могут провоцировать образование ангиогенных некрозов (инфаркты), тромбоз и глубокую дисфункцию органа.

В результате анализа литературы можно предположить, что формирование патологических изменений у животных, подвергшихся интенсивным мышечным нагрузкам, обусловлено нарушением гомеостаза, возникновением гиперфункции клеточно-тканевых структур, увеличением количества метаболитов с высокой степенью токсичности [1, 6, 14].

Исследователи также указывают на формирование дополнительного окислительного стресса, который вызван интенсивной мышечной работой; при этом образуется большое количество активных форм кислорода, которые обладают высокой реакционной способностью и вредными эффектами и оказывают, в том числе, и гемотропное токсическое действие [6, 14].

Выявленная пролиферация и разрастания клеток соединительной ткани являются местной защитной реакцией в ответ на формирование хронических гемодинамических нарушений, сопровождающихся отеками, плазматическим пропитыванием, мезенхимальной дистрофией с исходом в фибриноидное набухание и некроз, или связано с длительной гиперфункцией эндокриноцитов, которая сопровождается усиленным разрушением паренхимы железы.

Установлено также, что у крыс, выполнявших интенсивные физические нагрузки и не получавших сывороточный протеин, значимо увеличивается толщина всех структурно-функциональных зон (клубочковая, пучковая, сетчатая зоны). У крыс, в рацион которых дополнительно вводили белки молочной сыворотки, имелась тенденция к увеличению пучковой зоны, однако ее толщина была меньше по сравнению с показателями II группы на 7,5 %.

Интенсивные физические нагрузки способствовали увеличению общей площади ядер клеток пучковой зоны и снижению суммарной площади их цитоплазмы, что инициировало повышение ЯЦО и свидетельствует в пользу усиления секреторной деятельности. Увеличение объемов клеток и реакция микроциркуляторного русла способствовали расширению пучковой зоны коркового вещества надпочечников экспериментальных крыс, однако, несмотря на статистически значимое увеличение ЯЦО, введение в рацион лабораторных животных белков молочной сыворотки нивелировало стресс-индуцированную гиперфункцию клеток, что проявлялось менее выраженной гипертрофией ядер эндокриноцитов.

Закключение. Таким образом, установлено, что интенсивные физические нагрузки являются стрессирующим фактором, инициирующим формирование адаптивных и патологических изменений морфофункциональных параметров надпочечников, которые выражались нарушением гемодинамики микроциркуляторного русла желез, дистрофическими изменениями сосудистого аппарата, явлениями склеротизации органа, увеличением площади ядер и ядерно-цитоплазматического отношения клеток пучковой зоны, свидетельствующих об увеличении их секреторной активности, гипертрофией надпочечников.

Прием сывороточных белков в качестве добавки к основному рациону кормления способствует снижению негативного влияния стресса от интенсивных физических нагрузок, нивелированию или минимизации патологических проявлений при адаптации к интенсивным физическим нагрузкам.

Литература

1. Акарачкова, Е. С. Стресс и расстройства адаптации / Е. С. Акарачкова, О. В. Котова, С. В. Вершинина, И. В. Рябоконь // Лечащий врач. – Режим доступа: <http://www.lvrach.ru/2014/06/15435991> (дата обращения 02.08.2016).
2. Беляев, Н. Г. Кальциевый обмен и его гормональная регуляция в условиях хронического физического перенапряжения : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Беляев Н. Г. – Ставрополь : изд-во СГУ, 2004. – 37 с.
3. Васильева, Д. А. Применение пищевых добавок с компонентами молока для спортивного питания / Д. А. Васильева // Молодой ученый. – 2015. – № 4. – С. 139–142.
4. Володин, В. В. 20-гидроксиэкдизон – растительный адаптоген: анаболическое действие, возможное использование в спортивном питании / В. В. Володин, Ю. С. Сидорова, В. К. Мазо // Вопросы питания. – 2013. – № 6. – С. 24–30.
5. Гаврилова, Е. Биологически активные добавки в системе фармакологической поддержки тренировочного процесса хоккеистов высокой квалификации / Е. Гаврилова, Л. Гунина // Наука в олимпийском спорте. – 2014. – № 3. – С. 52–61.
6. Гунина, Л. Окислительный стресс и адаптация: метаболические аспекты влияния физических нагрузок / Л. Гунина // Наука в олимпийском спорте. – 2013. – № 4. – С. 19–25.
7. Зилова, И. С. Белковые компоненты в специализированных пищевых продуктах для питания спортсменов / И. С. Зилова // Вопросы питания. – 2014. – Т. 83, № 3. – С. 133.
8. Кольтюкова, Н. В. Структурные преобразования дистальной части аденогипофиза и надпочечников при многократных физических нагрузках / Н. В. Кольтюкова, М. Ю. Самарин // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2015. – Т. 4, № 3 (15). – С. 62.
9. Коржевский, Д. Э. Основы гистологической техники / Д. Э. Коржевский, А. В. Гиляров. – СПб. : СпецЛит, 2010. – 95 с.
10. Корнякова, В. В. Современное состояние вопроса прогнозирования физического утомления у спортсменов / В. В. Корнякова, И. В. Ашвиц, В. А. Муратов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 11–5. – С. 923–925.
11. Круглий, А. В. Влияние физических упражнений на сердечно-сосудистую систему женщин / А. В. Круглий, Е. И. Гончарова // Проблемы и перспективы современной науки. – 2016. – № 11. – С. 33–36.
12. Сивак, Н. Л. Морфофункциональные факторы, определяющие степень адаптации к физической нагрузке коры надпочечников у животных / Н. Л. Сивак // Медицинские науки. – 2010. – № 6. – С. 35–36.
13. Шидловская, В. П. Антиоксиданты молока их роль в оценке его качества / В. П. Шидловская, Е. А. Юрова // Молочная промышленность. – 2010. – № 2. – С. 24–26.
14. Brooks, K. Overtraining, exercise, and adrenal insufficiency / K. Brooks, J. Carter // J. Nov. Physiother. – 2013. – Vol. 3 (125). – Available at: <https://www.omicsgroup.org/journals/2165-7025/2165-7025-3-125.digital/2165-7025-3-125.html>.
15. Hulmi, J. J. The effects of whey protein with or without carbohydrates on resistance training adaptations / J. J. Hulmi, M. Laakso, A. A. Mero [et al.] // Int. Soc. Sports Nutr. – 2015. – Vol. 12. – P. 48. – Available at: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4681166/pdf/12970_2015_Article_109.pdf.
16. Shanely, R. A. Evaluation of Rhodiolarosea supplementation on skeletal muscle damage and inflammation in runners following a competitive marathon / R. A. Shanely, D. C. Nieman, K. A. Zwetsloot [et al.] // Brain, Behavior, and Immunity. – 2014. – Vol. 39. – P. 204–210.
17. Wiecek, M. Changes in oxidative stress and acid-base balance in men and women following maximal-intensity physical exercise / M. Wiecek, M. Maciejczyk, J. Szymura, Z. Szygula // Physiol Res. – 2015. – Vol. 64, № 1. – P. 93–102.

References

1. Akarachkova Ye. S., Kotova O. V., Vershinina S. V., Ryabokon I. V. *Lechashchiy vrach. – Therapist*. Available at: <http://www.lvrach.ru/2014/06/15435991>.
2. Belyayev N. G. *Kal'tsiyevyy obmen i yego gormonal'naya regulyatsiya v usloviyakh khronicheskogo fizicheskogo perenapryazheniya: Avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk. Stavropol: «SSU», 2004.*
3. Vasilyeva D. A. *Molodoy uchenyy. – Young Scientist*. 2015;4:139-142.
4. Volodin V. V., Sidorova Yu. S., Mazo V. K. *Voprosy pitaniia. – Problems of Nutrition*. 2013;6:24-30.
5. Gavrilova Ye., Gunina L. *Nauka v olimpiyskom sporte. – Science in the Olympic sport*. 2014;3:52-61.
6. Gunina L. *Nauka v olimpiyskom sporte. – Science in the Olympic sport*. 2013;4:19-25.
7. Zilova I. S. *Voprosy pitaniia. – Problems of Nutrition*. 2014;83(3):133.
8. Koltyukova N. V., Samarina M. Yu. *Zhurnal anatomi i gistopatologii. – Journal of Anatomy and Histopathology*. 2015.4.3(15):62.
9. Korzhevskiy D. E., Gilyarov A. V. *Osnovy gistologicheskoy tekhniki*. SPb.: «SpetsLit», 2010.
10. Kornyakova V. V., Ashvits I. V., Muratov V. A. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. – International journal of applied and fundamental research*. 2016;11(5):923-925.
11. Krugliy A. V., Goncharova Ye. I. *Problemy i perspektivy sovremennoy nauki. – Problems and perspectives of modern science*. 2016;11:33-36.
12. Sivak N. L. *Meditsinskiye nauki. – Medical sciences*. 2010;6:35-36.
13. Shidlovskaya V. P., Yurova Ye. A. *Molochnaya promyshlennost'. – Milk industry*. 2010;2:24-26.
14. Brooks K. J. *Nov. Physiother*. 2013;3(125). Available at: <https://www.omicsgroup.org/journals/2165-7025/2165-7025-3-125.digital/2165-7025-3-125.html>.
15. Hulmi J. J., Laakso M., Mero A. A., Hakkinen K., Ahtiainen J. P., Peltonen H. J. *Int. Soc. Sports Nutr*. 2015;12:48. Available at: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4681166/pdf/12970_2015_Article_109.pdf.
16. Shanely R. A., Nieman D. C., Zwetsloot K. A., Knab A. M., Imagita H., Luo B., Davis B., Zubeldia J. M. *Brain, Behavior, and Immunity*. 2014;39:204-210.
17. Wiecek M., Maciejczyk M., Szymura J., Szygula Z. *Physiol Res*. 2015;64(1):93-102.

Сведения об авторах:

Беляев Николай Георгиевич, доктор биологических наук, профессор кафедры анатомии и физиологии;
тел.: 89624992200; e-mail: belyaey_nikolay@mail.ru

Пономаренко Дмитрий Григорьевич, кандидат биологических наук, зав. лабораторией бруцеллеза;
тел.: 89187472156; e-mail: ponomarenko.dg@gmail.com

Губарева Любовь Ивановна, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры, зав. научно-образовательной лабораторией «Экологическая психофизиология»; тел.: 89624992200; e-mail: l-gubareva@mail.ru

Лисова Ирина Михайловна, кандидат биологических наук, доцент кафедры;
тел.: 89054156788; e-mail: stavlim@mail.ru