

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ BIOLOGICAL SCIENCES

УДК 612.017:796

ББК 28.071.2

П 43

Погодина С.В.

Кандидат биологических наук, доцент, зав. кафедрой спорта и физического воспитания Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, Симферополь, e-mail: sveta_pogodina@mail.ru

Возрастные и адаптационные изменения глюкокортикоидной активности коры надпочечников в организме высококвалифицированных спортсменов (Рецензирована)

Аннотация. Выраженность адаптационных и возрастных особенностей глюкокортикоидной активности в организме высококвалифицированных спортсменов показана в характере глюкокортикоидных ответов и в величине диапазона глюкокортикоидной реакции.

Ключевые слова: диапазон глюкокортикоидной реакции, компенсаторно-приспособительные возможности, высококвалифицированные спортсмены, специфика долговременной адаптации, физические нагрузки.

Pogodina S.V.

Candidate of Biology, Associate Professor, Head of the Department of Sport and Physical Training of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol, e-mail: sveta_pogodina@mail.ru

Age and adaptive changes in glucocorticoid activity of suprarenal cortex in the body of highly skilled male athletes

Abstract. The severity of age-appropriate adaptive features of glucocorticoid activity in an organism of highly skilled athletes is shown in the character of the glucocorticoid response and in the size range of the glucocorticoid response.

Keywords: range of glucocorticoid response, compensatory-adaptive ability, highly skilled athletes, specifics of long-term adaptation, physical exertion.

Процесс адаптации организма высококвалифицированных спортсменов к напряженным физическим нагрузкам актуализирует значимость изучения физиологических механизмов формирования оптимальных компенсаторно-приспособительных реакций, обеспечивающих достаточный для интенсивной мышечной деятельности уровень функциональных резервов и возможностей [1, 2]. Решающую роль в эффективном приспособлении и компенсации функций при увеличении энергозатрат во время физических нагрузок играет оптимальная реактивность стресс-реализующих систем организма, что способствует своевременной мобилизации энергетических резервов [3]. Показано, что кинетика стресс-реализующих реакций в организме высококвалифицированных спортсменов детерминирована выраженными адаптационными изменениями свойств реактивности стресс-реализующих систем, обусловленными спецификой мышечной деятельности [4]. Тем не менее физиологические особенности этих свойств в организме высококвалифицированных спортсменов недостаточно изучены в возрастном аспекте [2], тогда как очевидным является то, что данная категория спортсменов включает в себя различные возрастные группы. В связи с последним наибольший интерес для изучения представляет собой следующее противоречие. С одной стороны, организм высококвалифицированных спортсменов имеет приобретенные в результате долговременной адаптации оптимальные свойства реактивности основных физиологических систем, ответственных за адаптацию, позволяющие противостоять факторам утомления [5]. С другой – условия пороговых нагрузок в определенных возрастных группах могут обусловить напряжение механизмов саморегуляции и компенсации гомеостатических функций [6], одним из которых выступит повышение или понижение реактивности нейро-гормонального звена адаптации [7].

Большое значение при этом придается механизму активации коры надпочечников, продуцирующей гормон – кортизол, обладающий выраженным эрготропным эффектом [8–10].

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 [11, 12]. В связи с этим изучение адаптационных изменений свойств глюкокортикоидной активности в организме высококвалифицированных спортсменов в аспекте возрастной дифференциации позволяет получить дополнительные физиологические характеристики свойств реактивности стресс-реализующей системы и выделить возрастные группы с напряжением компенсаторных механизмов на уровне гормонального звена адаптации к определенным пороговым нагрузкам.

Целью работы явилось изучение адаптационных изменений глюкокортикоидной активности в организме высококвалифицированных спортсменов различных возрастных групп.

Методы. В исследованиях приняли участие высококвалифицированные спортсмены мужского пола юношеского (16–21 лет, $n=123$), первого зрелого (22–34 года, $n=82$) и второго зрелого возраста (35–46 лет, $n=86$). Контингент мужчин был сформирован из числа спортсменов, представителей видов спорта с преимущественным характером циклической тренировочной нагрузки, направленной на развитие аэробной выносливости (условно обозначены группа «выносливость») и силовой выносливости (группа «сила»). Исключены спортсмены, принимающие анаболические препараты. Контрольные возрастные группы составили относительно здоровые нетренированные мужчины ($n=195$).

Концентрацию кортизола в сыворотке крови определяли методом твердофазного иммуноферментного анализа с использованием набора «Стериод-ИФА-кортизол-01» (ЗАО «Алкор Био», Россия) с помощью иммуноферментного полуавтоматического планшетного фотометра “Stat Fax 2100, Awareness Technology” (США) и термостата (инкубатор)-шейкера для планшетов (на 2 планшета) “Stat Fax 2200, Awareness Technology” (США). Референсные значения для кортизола – 150–760 нмоль/л. Содержание кортизола в венозной крови определяли в исходном состоянии. Также, учитывая специфичность физической нагрузки, характерную для групп высококвалифицированных спортсменов, ее направленность на преимущественную тренировку выносливости (аэробной и силовой), гормональные пробы осуществлялись в условиях работы аэробного характера при выполнении велоэргометрического теста ступенчато-возрастающей мощности на велоэргометре “Ketler”. Работа на ступенях нагрузки выполнялась при скорости педалирования 60 об./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. Частота сердечных сокращений (ЧСС) на уровне малой, средней и субмаксимальной мощности – соответственно 130–140, 150–160, 170–180 уд/мин [13]. Объем легочной вентиляции исследовали спиропневмотахометрическим методом с помощью прибора «Spirobank – G» итальянской фирмы «MIR» и приводили к условиям ВTPS. Напряжение кислорода в выдыхаемом воздухе ($P_{E}O_2$, мм рт.ст.) определяли с использованием термохимического газосигнализатора кислорода «Щит-3» (Украина), показатель корректировался с учетом условий STPD. Далее расчетным методом определяли скорость потребления кислорода (V_{O_2} , мл/мин). 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 тренировочного процесса. Все спортсмены дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании, что было одобрено комитетом по биоэтике Крымского федерального университета.

Результаты. В серии наблюдений, проведенных в возрастных группах высококвалифицированных спортсменов и нетренированных лиц мужского пола, выявлены статистиче-

ски значимые различия содержания кортизола в организме на уровне средней (W_2) и субмаксимальной (W_3) мощности работы. В юношеском возрасте (рис. 1) в группах «выносливость» и «сила» увеличение мощности работы на соответствующих ступенях нагрузки не вызывало повышение содержания кортизола в крови, то есть ответы кортизола имели ареактивный характер. В группе нетренированных юношей наблюдали снижение глюкокортикоидной активности в отношении продукции кортизола на уровне работы субмаксимальной мощности. В первом периоде зрелого возраста повышение глюкокортикоидной активности, увеличение содержания кортизола в группе «выносливость» наблюдали на уровне субмаксимальной мощности работы, тогда как в группе «сила» увеличение содержания кортизола в организме наступало уже при работе средней мощности.

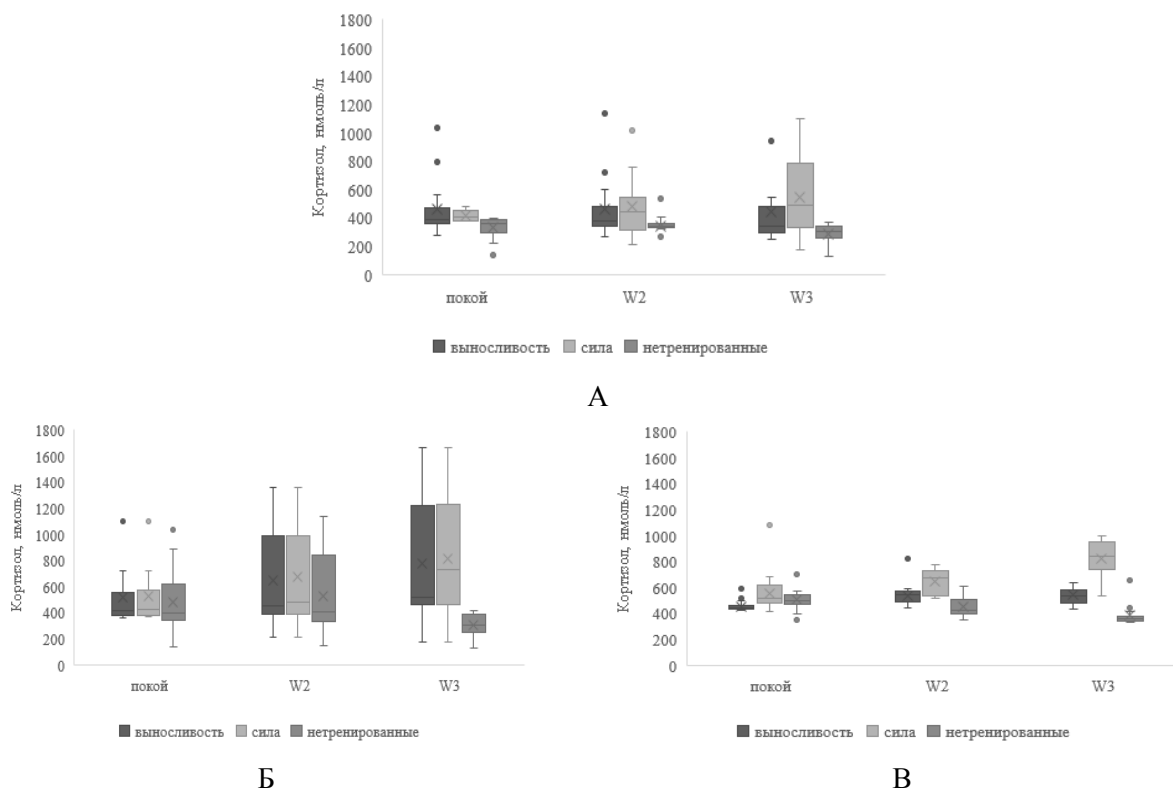


Рис. 1 (А, Б, В). Содержание кортизола в организме высококвалифицированных спортсменов и нетренированных лиц мужского пола в исходном состоянии и при выполнении физической работы различной мощности; А – юношеский возраст, Б – первый зрелый возраст, В – второй зрелый возраст
Примечание: \square – медиана; \square – 25–75%; \top – размах без выбросов; \circ – выбросы; * – крайние точки

То есть в группе «выносливость» повышение активности коры надпочечников в отношении продукции кортизола наблюдалось при более высоком уровне мощности работы в сравнении с группой «сила». В организме высококвалифицированных спортсменов второго зрелого возраста групп «выносливость» и «сила» повышение продукции кортизола установлено на сравнительно низком (относительно первого зрелого возраста) уровне мощности работы – на уровне средней мощности. При этом в группе «сила» повышение мощности работы до субмаксимальной приводило к усилению продукции кортизола, тогда как в группе «выносливость» усиление продукции кортизола на данной ступени мощности работы не наблюдалось. Обратная реакция в отношении ответов кортизола отмечена у нетренированных лиц второго периода зрелого возраста. В частности, у данной категории лиц по мере повышения мощности работы наблюдали снижение глюкокортикоидной активности, уменьшение содержания кортизола в организме. Установленные нами различия в динамике глюкокортикоидных реакций выявлены на фоне отсутствия возрастных различий в уровне глюкокортикоидной активности в покое и при выполнении определенной мощности физической работы, как в группах высококвалифицированных спортсменов, так и в организме нетренированных лиц мужского пола.

Известно, что содержание кортизола в организме человека варьирует в достаточно широком диапазоне и является одним из параметров, реагирующих на нарушение гомеостатического равновесия, вызванного различными факторами [14]. Величина данного диапазона позволяет судить о пластичности механизмов гомеостатической регуляции, приобретающей новые интегративные свойства при воздействии различных внешних условий [15]. В то же время поддержание оптимального диапазона реакции может обеспечить необходимую метаболическую потребность, в зависимости от вариативности ситуативных условий [16]. То есть фактически диапазон реакции является основой компенсаторно-приспособительных возможностей организма, а изменение диапазона реакции в определенном направлении является критерием их адекватности и целесообразности. В связи с этим нами были изучены особенности диапазонов фоновой глюкокортикоидной активности и глюкокортикоидных реакций на основе величины статистического показателя интерквартильного размаха (IQR), отражающего уровень отклонений величины кортизола в организме в 50% случаев.

На рисунке 2 показано, что значения IQR в группах высококвалифицированных спортсменов и нетренированных лиц мужского пола юношеского и второго зрелого возраста значительно меньше в отношении первого зрелого возраста, причем как в исходном состоянии покоя, так и при выполнении физической работы различной мощности. В то же время в группах высококвалифицированных спортсменов юношеского и второго зрелого возраста выражены особенности диапазона глюкокортикоидной реакции в зависимости от специфики долговременной адаптации. В группах «выносливость» диапазон глюкокортикоидной реакции на уровне средней и субмаксимальной мощности нагрузки имеет узкие границы в сравнении с группой «сила». Это свидетельствует об ограничении адаптационного уровня глюкокортикоидов, его относительной устойчивости в данных возрастных группах высококвалифицированных спортсменов, тренирующих аэробную выносливость, что очевидно связано с однородностью глюкокортикоидных ответов, обусловленных длительным воздействием аэробной нагрузки [11]. В свою очередь сравнительно широкий диапазон глюкокортикоидной реакции в группе «сила» обусловлен большей необходимостью варьирования характером реакции в определенных направлениях в связи с воздействием напряженного силового компонента работы [17]. Группа нетренированных лиц мужского пола имеет сравнительно меньший диапазон глюкокортикоидной активности в состоянии покоя и при выполнении работы различной мощности очевидно по причине отсутствия адаптационного фундамента и структурного следа адаптации, формирующего определенный потенциал реакции [8]. Как уже было отмечено выше, в организме высококвалифицированных спортсменов динамика глюкокортикоидной активности (ее усиление или ослабление) должна быть адекватной в отношении метаболической потребности организма в течение определенного отрезка времени выполняемой работы.

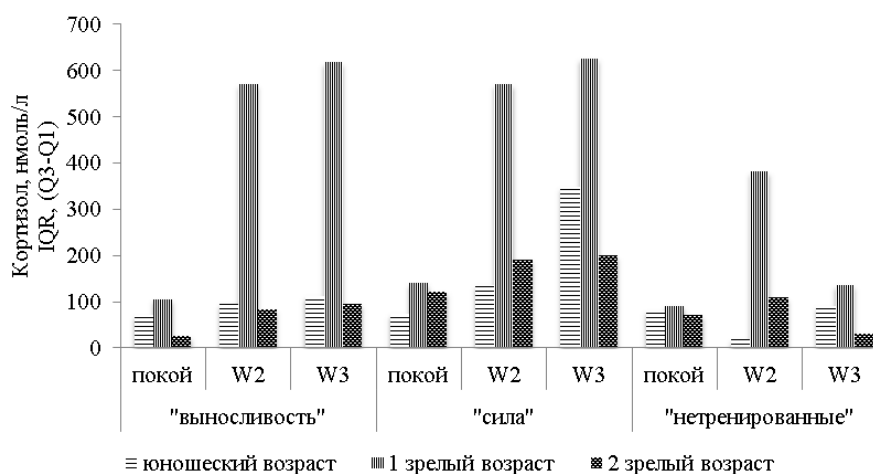


Рис. 2. Значения интерквартильного размаха величины содержания кортизола (нмоль/л) в организме высококвалифицированных спортсменов и нетренированных лиц мужского пола в исходном состоянии покоя и при выполнении работы средней (W_2) и субмаксимальной (W_3) мощности

Такая согласованность реакции является свидетельством эффективной координации стресс-реализующих систем, что позволяет тренированному организму сохранить продуктивность работы на необходимом уровне [12]. В связи с этим динамику глюкокортикоидной реакции сопоставляли с динамикой потребления кислорода на уровне различной мощности работы (рис. 3). Установлено, что в организме высококвалифицированных спортсменов юношеского возраста группы «выносливость» кислородный запрос при работе средней и субмаксимальной мощности был значимо ниже в сравнении с группой «сила». В первом зрелом возрасте в группе «выносливость» кислородный запрос при работе субмаксимальной мощности значимо увеличивается в сравнении с аналогичной группой юношеского возраста. Тогда как в группе «сила» первого зрелого возраста значимого увеличения кислородного запроса в сравнении с юношами группы «сила» не наблюдается. Тем не менее, динамика потребления кислорода в группах «выносливость» и «сила» в первом зрелом возрасте имеет линейную зависимость от повышения мощности работы. Во втором зрелом возрасте в группе «выносливость» при работе субмаксимальной мощности величина кислородного запроса повышается, однако величина $\dot{V}O_2$ является значимо ниже в сравнении с первым зрелым возрастом. В группе «сила» при выполнении работы средней и субмаксимальной мощности кислородный запрос имеет относительно равную величину, то есть тенденции в повышении уровня $\dot{V}O_2$ при работе субмаксимальной мощности у данной группы высококвалифицированных спортсменов не отмечается. У категории нетренированных лиц выражено значительное увеличение кислородного запроса при выполнении малой мощности работы ($\dot{V}O_2$ превышает уровень спортсменов), особенно в юношеском и в первом зрелом возрасте, что является свидетельством избыточности реакции. Во втором зрелом возрасте отмечается выраженное ограничение $\dot{V}O_2$ при работе средней и особенно субмаксимальной мощности.

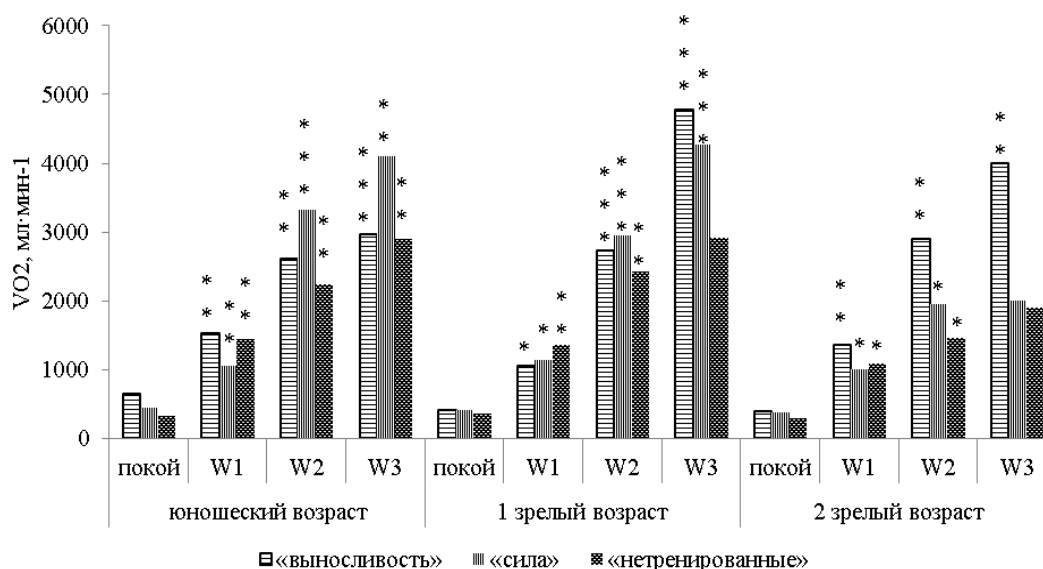


Рис. 3. Потребление кислорода при выполнении работы малой (W_1), средней (W_2) и субмаксимальной (W_3) мощности в возрастных группах высококвалифицированных спортсменов и нетренированных лиц мужского пола

Примечание: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$; статистически значимые различия показаны по отношению к фоновым показателям

Обсуждение. Среди факторов, определяющих активность глюкокортикоидной функции, весьма существенное значение придается параметрам нагрузки [8, 5, 18], уровню энергетических трат [16, 12], тренированности [19], возрасту [14, 2]. В свою очередь специфика мышечной деятельности определяет особенности глюкокортикоидных ответов в аспекте мобилизации и использования определенных источников энергии для удовлетворения метаболических потребностей [6]. Также в последнее время большое значение придается адекватности нагрузки метаболическим потребностям [12]. Показано, что в организме высококвалифицированных спортсменов малая нагрузка угнетает глюкокортикоидную активность, в свою очередь напряженная работа сопровождается ее значительным усилением [11]. То есть результатом адекватных реакций является согласованность глюкокортикоидной активности с энерготратами в определенных режимах работы, что является критерием эффективности ме-

ханизма саморегуляции стресс-реализующих функций.

Также показано, что потенциал компенсаторно-приспособительных возможностей организма оценивается его способностью изменять уровень деятельности физиологических систем в соответствии с требованиями среды [16, 15]. С этих позиций наиболее адекватная глюкокортикоидная реакция в организме испытуемых мужского пола (усиление продукции кортизола при выполнении субмаксимальной работы) отмечается у высококвалифицированных спортсменов первого зрелого возраста. Также в данной возрастной группе отмечен широкий диапазон глюкокортикоидной реакции, что при изменении условий адаптации позволяет варьировать уровнем глюкокортикоидной активности в необходимом направлении. В условиях интенсивных тренировок, что характерно для высококвалифицированных спортсменов, механизм саморегуляции работает более напряженно, что и приводит к выявлению у части испытуемых определенной гомеостатической недостаточности, и в свою очередь требует адекватности компенсаторных механизмов [6].

Выявленная нами в организме высококвалифицированных спортсменов юношеского возраста ареактивность коры надпочечников на всех ступенях мощности нагрузки, при относительно низком кислородном запросе, очевидно является целесообразной и связана, с одной стороны, с низким уровнем пороговой нагрузки, а с другой стороны, с высокой экономичностью функций систем энергообеспечения, что характерно для высококвалифицированных спортсменов группы «выносливость». В свою очередь глюкокортикоидная ареактивность, выявленная у юношей группы «сила» при относительно высоком кислородном запросе, может быть связана с задержкой времени начала глюкокортикоидной реакции в связи с предотвращением быстрого истощения энергетических резервов организма. В свою очередь сужение диапазона глюкокортикоидной реакции в юношеском возрасте является свидетельством ограничения в изменении алгоритма реакции. Во втором зрелом возрасте повышение глюкокортикоидной активности на уровне сравнительно низкой мощности нагрузки свидетельствует о повышении пороговой нагрузки для высококвалифицированных спортсменов этого возраста. При этом в группе «сила» еще большее усиление глюкокортикоидной активности при выполнении работы субмаксимальной мощности является компенсаторным в связи с ограничением в уровне потребления кислорода и свидетельствует о резервах коры надпочечников для мобилизации энергетических резервов в необходимом направлении. В пользу достаточности компенсаторных возможностей говорит и выявленное расширение диапазона глюкокортикоидной реакции при выполнении работы субмаксимальной мощности в группе «сила» второго зрелого возраста. В группе «выносливость» второго зрелого возраста расширение диапазона глюкокортикоидной реакции отмечается на уровне работы средней мощности, при повышении мощности работы до субмаксимальной диапазон сужается. Данная тенденция свидетельствует об ограничении активности глюкокортикоидной функции на более высоком пороговом уровне нагрузки в группе «выносливость».

Известно, что адекватная реакция – это функция величины нагрузки и подготовленности организма к ней. Поэтому она не может быть одинаковой при разных нагрузках и у лиц с различным уровнем тренированности [13]. В группе нетренированных лиц независимо от возраста отмечалось угнетение глюкокортикоидной активности при выполнении работы субмаксимальной мощности. Учитывая, что уровень метаболической активности у данной категории лиц увеличивался в зависимости от повышения мощности работы, угнетение глюкокортикоидной реакции скорее являлось свидетельством развивающегося утомления по причине отсутствия адаптационного фундамента. И в связи с этим снижение активности глюкокортикоидной функции у нетренированных лиц можно рассматривать целесообразным компонентом защитной реакции, направленной на предотвращение фатального истощения энергетических резервов [8].

Выводы

1. У категории высококвалифицированных спортсменов мужского пола групп «выносливость» и «сила» установлены возрастные различия в кинетике (направленности) и диапазоне глюкокортикоидной реакции.

2. В организме высококвалифицированных спортсменов юношеского возраста отмечены ареактивные ответы кортизола на уровне пороговых нагрузок. В организме высококвалифицированных спортсменов первого и второго зрелого возраста отмечены гиперергические глюкокортикоидные реакции. В группах второго зрелого возраста повышение продукции кортизола установлено на сравнительно низком (относительно первого зрелого возраста) уровне мощности работы – на уровне средней мощности.

3. Наибольшая величина диапазона глюкокортикоидной реакции установлена в первом зрелом возрасте, что характерно как для всех групп высококвалифицированных спортсменов, так и для нетренированных лиц. Сужение диапазона наблюдается в юношеском и втором зрелом возрасте, что в большей степени проявляется в группе «выносливость».

4. Согласованность направленности глюкокортикоидной реакции с метаболическим запросом в организме высококвалифицированных спортсменов мужского пола установлена в первом зрелом возрасте. В юношеском возрасте в группе «сила» отмечается задержка начала глюкокортикоидной реакции. Во втором зрелом возрасте при выполнении работы субмаксимальной мощности показана недостаточность глюкокортикоидной реакции в группе «выносливость» и наличие компенсаторного резерва реакции в группе «сила».

Примечания:

1. Давыденко Д.Н. Адаптация и функциональные резервы организма // Вестник балтийской педагогической академии. 1998. Вып. 2. С. 15–31.
2. Функциональная экономизация у спортсменов различной специализации / И.Н. Солопов [и др.] // Проблемы оптимизации функциональной подготовленности спортсменов. Волгоград: ВГАФК, 2007. Вып. 3. С. 45–56.
3. Лысенко Е.Н. Физиологическая реактивность и особенности мобилизации функциональных возможностей высококвалифицированных спортсменов // Спортивная медицина. Здоровье и физическая культура: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Сочи, 2012. С. 245–249.
4. Лысенко Е.Н., Юшко Б. Мобилизация механизмов энергообеспечения у спортсменов с разной направленностью долговременной адаптации // Современный олимпийский спорт и спорт для всех: тр. IV Междунар. конгресса. Киев: Олимп. лит., 2000. 70 с.
5. Платонов В.Н. Адаптация в спорте. Киев: Здоров'я, 1988. 216 с.
6. Регуляция секреции глюкокортикоидов при спортивной деятельности / М.Н. Остроумова, Ю.В. Высочин, Э.В. Земцовский, Г.Г. Кузнецова, М.Л. Зильбер, О.К. Химич, В.Б. Кавелич, Л.Н. Крупская // Физиология человека. 1989. Т. 15, № 4. С. 68–78.
7. Типисова Е.В. Реактивность и компенсаторные реакции эндокринной системы у мужского населения Европейского Севера: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. 2007. 352 с.
8. Виру А.А. Функции коры надпочечников при мышечной деятельности. М.: Медицина, 1977. 176 с.
9. Philippe Touraine, Gaëlle Chenuc, Claudine Colin Self-perceived health status of patients with adrenal insufficiency receiving glucocorticoid replacement therapy – French data from a worldwide patient survey // Annales d'Endo-crinologie. 2015. Februari. Vol. 76. P. 9–12.
10. Steroid profiling reveals widespread local regulation of glucocorticoid levels during mouse development / M.D. Taves, A.W. Plumb, B.A. Sandkam, C. Ma,

References:

1. Davydenko D.N. Adaptation and functional reserves of the organism // Bulletin of the Baltic Pedagogical Academy. 1998. Iss. 2. P. 15–31.
2. Functional economization of athletes of different specializations / I.N. Solopov [etc.] // The Problem of Optimizing the Functional Qualification of Athletes. Volgograd: VGAFK, 2007. Iss. 3. P. 45–56.
3. Lysenko E.N. Physiological reactivity and features of mobilization of the functional capabilities of highly qualified athletes // Sports medicine. Health and physical education: materials of the Russian scient. and pract. conference. Sochi, 2012. P. 245–249.
4. Lysenko E.N., Yushko B. Mobilization of energy supply mechanisms of athletes with different directions of long-term adaptation // Modern Olympic sports and sport for all: proceedings of the 4th International Congress. Kiev: Olympic Literature, 2000. 70 pp.
5. Platonov V.N. Adaptation in sports. Kiev: Health, 1988. 216 pp.
6. Regulation of secretion of glucocorticoids in sporting activity / M.N. Ostroumova, Yu.V. Vysochin, E.V. Zemtsovskiy, G.G. Kuznetsova, M.L. Zilber, O.K. Khimich, V.B. Kavelich, L.N. Krupskaya // Human Physiology. 1989. Vol. 15, No. 4. P. 68–78.
7. Tipisova E.V. Reactivity and compensatory reactions of the endocrine system of male population of the European North: Diss. abstract for the Dr. of Biology degree. 2007. 352 pp.
8. Viru A.A. Functions of the adrenal cortex in muscular activity. M.: Medicine, 1977. 176 pp.
9. Philippe Touraine, Gaëlle Chenuc, Claudine Colin Self-perceived health status of patients with adrenal insufficiency receiving glucocorticoid replacement therapy – French data from a worldwide patient survey // Annales d'Endo-crinologie. 2015. Februari. Vol. 76. P. 9–12.
10. Steroid profiling reveals widespread local regulation of glucocorticoid levels during mouse development / M.D. Taves, A.W. Plumb, B.A. Sandkam, C. Ma,

- J.G. Van Der Gugten, D.T. Holmes, D.A. Close, N. Abraham, K.K. Soma // *Endocrinology*. 2014. P. 511-522.
11. Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам. М.: Медицина, 1988. 256 с.
12. Тамбовцева Р.В., Никулина И.А. Изменения гормональной регуляции обменных процессов у конько-бежцев на разных этапах тренировочного цикла // *Теория и практика физической культуры*. 2015. № 5. С. 52–55.
13. Белоцерковский З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов. М.: Сов. спорт, 2005. 312 с.
14. Кузина И.Н., Киликовский В.В., Смирнова О.В. Возрастные изменения концентрации гормонов кор-тикотропной оси в крови мужчин: связь с другими гормональными осями // *Физиология человека*. 2010. Т. 36, № 5. С. 101–109.
15. Шидловский В.А., Новосельцев В.Н. Мультипараметрическое обеспечение гомеостаза и гомеокинеза // *Принципы системной организации функций*. М.: Наука, 1973. С. 81–85.
16. Мищенко В.С., Виноградов В.Е., Томяк Т. Изменение реакций на тренировочные нагрузки, связанные с различиями физиологической реактивности при утомлении // *Современный олимпийский спорт и спорт для всех: труды VII Международного конгресса*. М.: СпортАкадемПресс, 2003. С. 109–110.
17. Acute and delayed effects of high-intensity interval resistance training organization on cortisol and testosterone production / A. di Blasio, P. Izzicupo, L. Tacconi, S. di Santo, M. Leogrande, I. Bucci, P. Ripari, A. di Baldassarre, G. Napolitano // *Sports Med. Phys. Fitness*. 2014. Vol. 56. P. 45–54.
18. Sex hormonal regulation and hormesis in aging and longevity: role of vitagenes / V. Calabrese, G. Scapagnini, S. Davinelli, G. Koverech, A. Koverech, C. de Pasquale, A.T. Salinaro, M. Scuto, E.J. Calabrese, A.R. Genazzani, *J Cell Commun Signal*. 2014. Vol. 8, No. 4. P. 369–384.
19. Бурова Д.И., Гулина М.А., Востриков Н.А. Влияние состояния тренированности на биохимическую адаптацию к мышечной деятельности // *Вятский медицинский вестник*. 2009. № 1. С. 110–111.
- J.G. Van Der Gugten, D.T. Holmes, D.A. Close, N. Abraham, K.K. Soma // *Endocrinology*. 2014. P. 511-522.
11. Meerson F.Z., Pshennikova M.G. Adaptation to stress situations and physical loads. M.: Medicine, 1988. 256 pp.
12. Tambovtseva R.V., Nikulina I.A. Changes of the hormonal regulation of metabolic processes of speed skaters at different phases of the training cycle // *Theory and Practice of Physical Culture*. 2015. No. 5. P. 52–55.
13. Belotserkovskiy Z.B. Ergometric and cardiological criteria for physical working capacity of athletes. M.: Sov. Sport, 2005. 312 pp.
14. Kuzina I.N., Kilikovskiy V.V., Smirnova O.V. Age-related changes of hormones concentration of the corticotrope axis in men's blood: the relationship with other hormonal axes // *Human Physiology*. 2010. Vol. 36, No. 5. P. 101–109.
15. Shidlovskiy V.A., Novoseltsev V.N. Multi-parametric ensuring of homeostasis and homeokinesis // *Principles of system organization of functions*. M.: Nauka, 1973. P. 81–85.
16. Mishchenko V.S., Vinogradov V.E., Tomyak T. Change of reactions to the training loads connected with distinctions of physiological reactivity at exhaustion // *Modern Olympic sports and sports for all: proceedings of the 7th Intern. Congress*. M.: SportAkademPress. 2003. P. 109–110.
17. Acute and delayed effects of high-intensity interval resistance training organization on cortisol and testosterone production / A. di Blasio, P. Izzicupo, L. Tacconi, S. di Santo, M. Leogrande, I. Bucci, P. Ripari, A. di Baldassarre, G. Napolitano // *Sports Med. Phys. Fitness*. 2014. Vol. 56. P. 45–54.
18. Sex hormonal regulation and hormesis in aging and longevity: role of vitagenes / V. Calabrese, G. Scapagnini, S. Davinelli, G. Koverech, A. Koverech, C. de Pasquale, A.T. Salinaro, M. Scuto, E.J. Calabrese, A.R. Genazzani, *J Cell Commun Signal*. 2014. Vol. 8, No. 4. P. 369–384.
19. Burova D.I., Gulina M.A., Vostrikov N.A. The influence of state of training on biochemical adaptation to muscular activity // *Vyatka Medical Bulletin*. 2009. No. 1. P. 110–111.