

Шайхелисламова М.В., Дикопольская Н.Б., Билалова Г.А., Зефирова Т.Л.

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ ДЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», 420008, Казань

*В статье представлены результаты комплексного исследования суточной экскреции кортизола (свободного и связанного), 17-кетостероидов и состояния гемодинамики у юных хоккеистов 11–15 лет с учётом стадий полового созревания, а также их сравнительная характеристика с показателями мальчиков контрольного класса, занимающихся физической культурой в объёме общеобразовательной школы. Показано, что на I–IV стадиях полового созревания наблюдается стабильно высокая экскреция свободного кортизола, существенно превышающая показатели мальчиков контрольного класса, а от IV к V стадии – одновременное и достоверное снижение всех изучаемых параметров функционального состояния коры надпочечников. I и II стадии полового созревания у спортсменов характеризуются максимальными значениями частоты сердечных сокращений, минутного объёма крови и диастолического артериального давления, с последующим их снижением к III стадии, при этом от IV к V стадии полового созревания наблюдается существенное повышение периферического сопротивления сосудов в отличие от детей, не занимающихся спортом, у которых пубертатные изменения в состоянии гемодинамики имеют противоположную направленность. Таким образом, адаптационные реакции физиологических систем у юных спортсменов преобладают над эволютивными процессами, связанными с пубертатом.*

**Ключевые слова:** хоккеисты 11–15 лет; кора надпочечников; гемодинамика; стадии полового созревания.

**Для цитирования:** Шайхелисламова М.В., Дикопольская Н.Б., Билалова Г.А., Зефирова Т.Л. Физиологические особенности полового созревания детей в условиях повышенных физических нагрузок. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(9): 864–868. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-9-864-868>

**Для корреспонденции:** Дикопольская Наталья Борисовна, канд. биол. наук, доц. каф. охраны здоровья человека Института фундаментальной медицины и биологии Казанского (Приволжского) федерального университета. E-mail: [bettydn@mail.ru](mailto:bettydn@mail.ru)

Shaikhelislamova M.V., Dikopolskaya N.B., Bilalova G.A., Zefirov, T.L.

### PHYSIOLOGICAL FEATURES OF PUBERTY OF CHILDREN IN CONDITIONS OF INCREASED PHYSICAL LOADS

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, 420008, Russian Federation

*The article presents the results of a comprehensive study of the daily excretion of cortisol (free and bound), 17-keto steroids and the state of hemodynamics in young hockey players of 11–15 years taking into account the stages of puberty, as well as their comparative characteristics with performance in control class boys engaged in physical culture in the volume of the comprehensive school. It is shown that at the I–IV stages of puberty observed consistently high urinary free cortisol, was significantly higher than in the control class boys, and from IV to V stage – simultaneous and significant decrease in all studied parameters of the functional state of the adrenal cortex was noted. The I and II stage of the puberty in athletes are characterized by maximum values of the heart rate, cardiac output, and diastolic blood pressure values, and their subsequent reduction to stage III, in this case from IV to V stage of puberty there is a significant increase in peripheral vascular resistance. In contrast, in children who are not involved in sports, pubertal changes in the state of hemodynamics have opposite directions. Thus the adaptive responses of the physiological systems in young athletes prevail over evolutionary processes associated with the puberty.*

**Key words:** 11–15 years old hockey players; adrenal cortex; hemodynamics; puberty stages.

**For citation:** Shaikhelislamova M.V., Dikopolskaya N.B., Bilalova G.A., Zefirov, T.L. Physiological features of puberty of children in conditions of increased physical loads. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)* 2018; 97(9): 864–868. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-9-864-868>

**For correspondence:** Natalia B. Dikopolskaya, MD, Ph.D., Associate professor, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, 420008, Russian Federation. E-mail: [bettydn@mail.ru](mailto:bettydn@mail.ru)

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgment.** The study had no sponsorship.

Received: 16 March 2017

Accepted: 24 April 2018

Физические нагрузки являются мощным активатором для эндокринной и сердечно-сосудистой систем растущего организма, стимулируя рост и половое созревание, способствуют усилению метаболических процессов [1]. Однако даже при систематических тренировках у детей не наблюдается экономизация функций, которая свойственна взрослым. Физическая работоспособность детей достигается за счёт значительного напряжения сердечно-сосудистой системы (ССС) и

деятельности эндокринных желёз. Мышечные нагрузки, не соответствующие возрастным функциональным возможностям детей и подростков, в том числе нерациональные занятия спортом, могут вызывать состояния тяжёлого стресса, нарушения нейроэндокринной регуляции кровообращения [2]. Это особенно важно в связи с широким развитием детского и юношеского спорта, его изначальной направленностью на сохранение здоровья подрастающего поколения.

Ключевую роль в гуморальной регуляции мышечной деятельности организма играет кора надпочечников (КН) [3]. Глюкокортикоиды обеспечивают переход срочных приспособительных реакций в полноценное развитие долговременной адаптации. При этом они не только мобилизуют пластические функции организма, создавая фонд свободных аминокислот в пользу образования жиров и углеводов, но и предупреждают избыточные тканевые реакции на стресс путём временного регуляторного угнетения синтеза гормонов [4]. Важную роль в восстановительном периоде после физической нагрузки играют андрогены КН, обладающие белково-анаболическим действием [2]. Кроме того, они могут выступать в качестве защитного механизма, снижающего высокий уровень глюкокортикоидов и опасность их катаболического действия на организм.

Бесспорно, что одной из ведущих систем, обеспечивающих приспособление растущего организма к физическим нагрузкам, является ССС, формирующаяся с возрастом и под влиянием тренирующего воздействия мышечной деятельности [5]. Однако особенности гемодинамики подростков, занимающихся спортом, авторы в подавляющем большинстве работ рассматривают лишь как показатель их тренированности [6], при этом не учитываются гормональные перестройки периода полового созревания, вследствие которых повышается симпатическая импульсация в нервно-мышечном аппарате сердца и кровеносных сосудов, снижается экономичность их функционирования при воздействии внешнесредовых факторов [1]. Хотя роль симпатической регуляции в периоды ростового «скачка», бесспорно, велика и возрастание её биологически целесообразно, повышенная лабильность нервных процессов, свойственная пубертату, снижение порога возбудимости вегетативной нервной системы и недостаточное участие парасимпатического отдела в компенсаторно-адаптационных реакциях организма [7] обуславливают возникающие в подростковом возрасте функциональные расстройства ССС в виде гипертонических состояний, экстрасистолии, синусовой аритмии [8], а также гормональные дисфункции [2]. В литературе отсутствуют данные о лонгитудинальных исследованиях КН и ССС юных хоккеистов на разных стадиях полового созревания, хотя бесспорным признаётся факт влияния уровня половой зрелости на физическую работоспособность и адаптационные возможности их организма [9].

Целью исследования явилось комплексное изучение особенностей глюкокортикоидной, андрогенной функции КН и состояния гемодинамики у хоккеистов 11–15 лет на разных стадиях полового созревания.

## Материал и методы

В исследовании принимали участие мальчики-спортсмены (60 человек), наблюдение за которыми велось в течение пяти лет непрерывно – с 11- до 15-летнего возраста включительно. Дети обучались в спортивных специализированных классах (СК) школы № 1 г. Казани и занимались хоккеем с шайбой на льду. Объём физической нагрузки был одинаков для мальчиков разного возраста и уже на начальном этапе тренировочного процесса (11 лет) составлял 12–14 часов в неделю, сочетался с регулярными соревнованиями. Для достоверного суждения о специфическом влиянии физической нагрузки на состояние КН и ССС параллельно обследовались мальчики контрольного класса (КК), занимающиеся физической культурой в объёме общеобразовательной школы (40 человек). Количественное определение свободного кортизола (Ксв) осуществлялось на основе иммуноферментативного ко-

лориметрического метода [10] с использованием лабораторной установки URINARY «FREE» CORTISOLELISA (EIA-2989) (Германия). Содержание связанного кортизола (К), являющегося быстро мобилизуемым резервом гормона, определялось методом хемилюминесцентного иммуноанализа на микрочастицах [11] с использованием оптической системы ARCHITECT (США). Для определения 17-кетостероидов (17-КС) использовался колориметрический метод Самосудовой и Басс на основе реакции Циммермана с м-динитробензолом в модификации Креховой [12], оптическая плотность раствора измерялась на фотоэлектроколориметре ФЭК-56 ПМ (Россия).

Определение стадий полового созревания (СПС) проводилось по методу Таннера в зависимости от степени выраженности вторичных половых признаков [13]. Для изучения функционального состояния ССС был использован метод тетраполярной грудной реоплетизмографии с применением программно-аппаратного реографического комплекса «Рео-Спектр-2» (ОАО «Нейрософт» г. Иваново). Ударный объём крови (УОК) рассчитывали по формуле Кубичека в модификации Пушкаря [14, 15], минутный объём крови (МОК) – как произведение УОК на частоту сердечных сокращений (ЧСС). Общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС) рассчитывали по формуле Пуазейля, измерение артериального давления (АД) проводилось по методу Короткова на полуавтоматическом приборе «MF-30» (Япония). Определялось систолическое, диастолическое и среднее гемодинамическое давление (САД, ДАД, СГД) [15].

Статистическую обработку полученных результатов проводили общепринятым методом вариационной статистики с применением пакета программ Microsoft Excel 2007. Для оценки достоверности различий использовали Т-тест, основанный на *t*-критерии Стьюдента.

## Результаты

Исследование особенностей экскреции изучаемых гормонов и гормональных метаболитов на каждой СПС показало (табл.), что выделение Ксв у спортсменов на I–IV стадиях характеризуется стабильно высокими значениями – от  $197,69 \pm 11,06$  нмоль/сут до  $227,14 \pm 14,89$  нмоль/сут, существенно превышающими показатели мальчиков контрольного класса, у которых они составляют не более  $150,82 \pm 7,02$  нмоль/сут. Вероятно, систематические мышечные нагрузки в виде соревнований и спортивных тренировок вызывают у подростков развитие одной из основных адаптивных реакций – длительное и существенное напряжение в гипофизарно-надпочечниковой системе [3, 16].

Далее было установлено, что динамика экскреции К иная – от I ко II СПС его уровень существенно не изменяется и не отличается от показателей контроля, на III СПС отмечается прирост на  $22,16$  мкг/сут ( $p < 0,05$ ), а на IV стадии сохраняется тенденция к росту. Однако от IV к V СПС, параллельно с уменьшением Ксв, наблюдается существенное снижение выделения К, составляющее  $16,27$  мкг/сут ( $p < 0,05$ ). Вероятно, пубертатные преобразования глюкокортикоидной функции КН у юных хоккеистов завершаются уже к V СПС. Быстрое формирование системы гипофиз – кора надпочечников у детей, занимающихся спортом, отмечается и в других исследованиях, что расценивается как тренирующий эффект систематической мышечной нагрузки [2]. Анализ экскреции метаболитов андрогенов у спортсменов различного уровня половой зрелости показал, что он носит колебательный характер с первым пиком экскреции 17-КС уже на I СПС, составляющим  $9,03 \pm 0,80$  мг/сут, что на

Экскреция кортизола, метаболитов половых гормонов у мальчиков спортивного и контрольного классов на разных стадиях полового созревания ( $M \pm m$ )

| Стадии полового созревания | Показатель                        |                   |                               |                 |                               |                 |
|----------------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|
|                            | Свободный кортизол, Ксв нмоль/сут |                   | Связанный кортизол, К мкг/сут |                 | 17-кетостероиды, 17-КС мг/сут |                 |
|                            | СК                                | КК                | СК                            | КК              | СК                            | КК              |
| I                          | 197,69 ± 11,06                    | ● 120,82 ± 4,69   | 37,76 ± 1,59                  | 30,89 ± 1,44    | 9,03 ± 0,80                   | ● 5,05 ± 0,18   |
| II                         | 224,56 ± 15,21                    | ● 128,64 ± 4,90   | 33,25 ± 1,48                  | 32,65 ± 1,50    | *4,81 ± 0,15                  | 5,29 ± 0,24     |
| III                        | 227,14 ± 14,89                    | ● 130,15 ± 5,26   | *55,41 ± 2,80                 | ● 33,08 ± 1,60  | *7,85 ± 0,54                  | *7,38 ± 0,50    |
| IV                         | 216,50 ± 12,80                    | ● *150,82 ± 7,02  | 64,72 ± 4,25                  | ● *49,54 ± 2,00 | *14,30 ± 1,60                 | ● *8,64 ± 0,62  |
| V                          | *144,92 ± 6,68                    | ● *224,60 ± 13,90 | *48,45 ± 1,95                 | ● *61,32 ± 3,64 | *5,75 ± 0,36                  | ● *11,18 ± 0,87 |

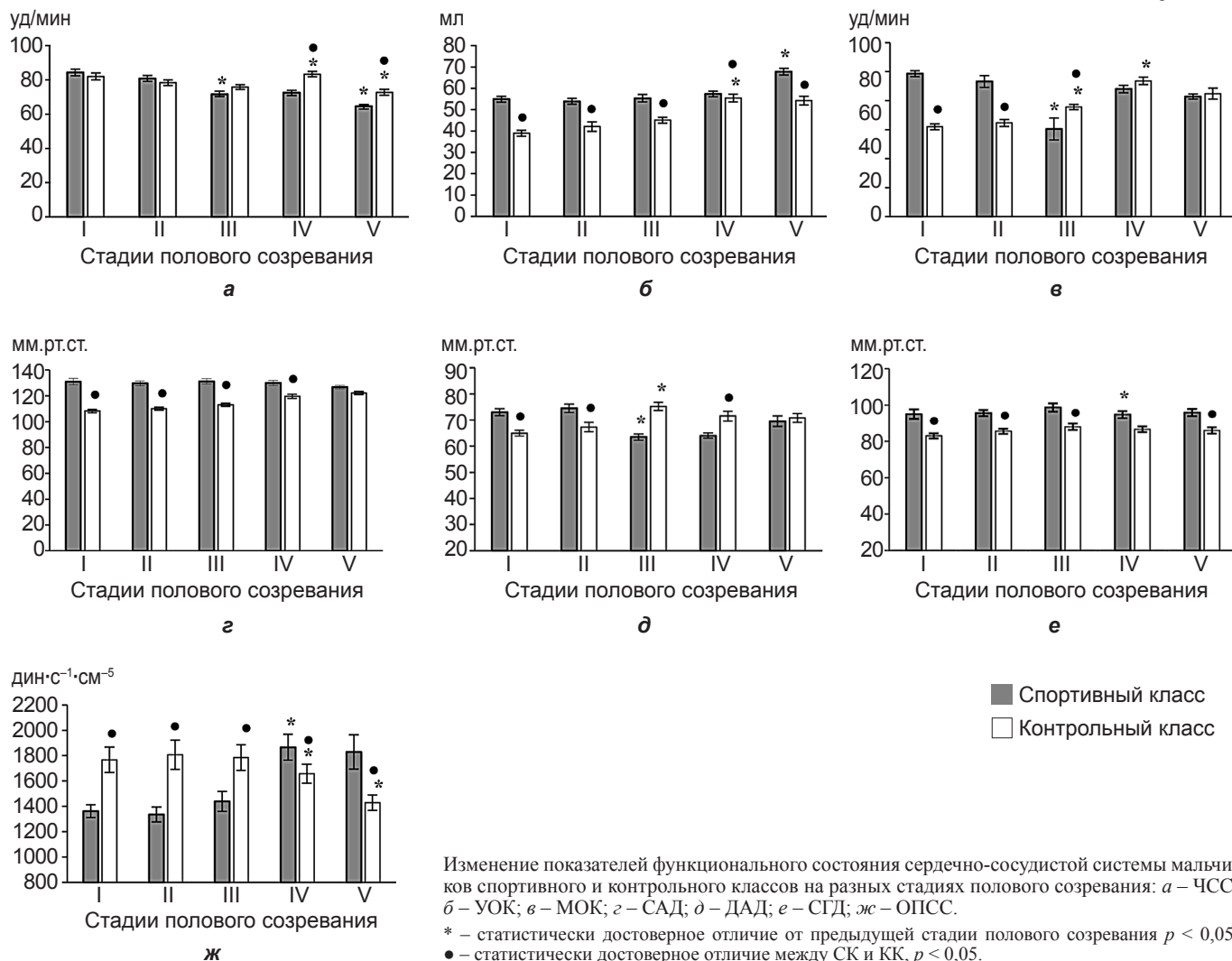
Примечание. \* – различия достоверны по сравнению с предыдущей стадией полового созревания при  $p < 0,05$ ; ● – различия достоверны между СК и КК при  $p < 0,05$ .

4,22 мг/сут больше, чем на II СПС ( $p < 0,05$ ) и на 3,98 мг/сут, чем в контроле ( $p < 0,05$ ). Неожиданный скачок экскреции половых гормонов уже в период препубертата и I СПС (11 лет) в сочетании с повышенным уровнем Ксв может указывать на ярко выраженный стрессогенный характер физических нагрузок на начальном этапе тренировочного процесса, на несоответствие его объёма функциональным возможностям организма мальчиков. К V СПС уровень метаболитов половых гормонов резко уменьшается на 8,55 мг/сут ( $p < 0,05$ ) и повторяет динамику Ксв и К. Иная картина наблюдается у мальчиков КК: от II к III стадии наблюдается первое существенное увеличение метаболитов половых гормонов, составляющее 1,79 мг/сут ( $p < 0,05$ ). На IV СПС, характеризующейся интенсивным формированием как надпочечников, так и половых желёз, наблюдается одновременное увеличение экскреции Ксв на 20,67 нмоль/сут ( $p < 0,05$ ), К – на 16,46 мкг/сут ( $p < 0,05$ ) и 17-КС на 1,67 мг/сут ( $p < 0,05$ ) с последующим прогрессирующим их ростом к V СПС, составляющим 73,78 нмоль/сут ( $p < 0,05$ ), 11,78 мкг/сут ( $p < 0,05$ ) и 2,64 мг/сут ( $p < 0,05$ ), соответственно. Это может указывать на незавершённость пубертатного формирования системы гипофиз – кора надпочечников среди мальчиков КК, что отличает их от спортсменов и согласуется с литературными данными о более поздних пубертатных изменениях в регуляции гипофизарно-адренокортикальной системы, когда стабильный уровень концентрации кортизола и дегидроэпандростерона устанавливается лишь к 21 году [17].

Исследование гемодинамики в зависимости от уровня половой зрелости юных спортсменов также выявило чёткую связь её показателей с конкретной стадией полового созревания и ярко выраженное доминирование адаптационных процессов над пубертатными. Так, у мальчиков СК максимальные значения ряда гемодинамических показателей наблюдаются на I и II СПС (см. рисунок), когда ЧСС равна 82,55 ± 1,82 и 80,20 ± 1,65 уд/мин, а её достоверное снижение происходит на III и V СПС, составляющая 6,10 и 7,20 уд/мин ( $p < 0,05$ ) соответственно, тогда как у мальчиков КК на фоне снижения ЧСС по мере полового созревания на IV СПС наблюдается её резкое увеличение на 6,66 уд/мин ( $p < 0,05$ ).

На стабилизацию или повышение данного параметра ССС у подростков со средним уровнем физического развития III-IV СПС указывается и в других работах [18], что расценивается как пубертатный «скачок» ЧСС, связанный с усилением симпатической регуляции деятельности сердца. Наибольшие показатели МОК у спортсменов также регистрируются на I и II СПС – 4,93 ± 0,10 и 4,56 ± 0,12 л, к III СПС они снижаются на 1,60 л ( $p < 0,05$ ), а далее стабилизируются и составляют

4,47 ± 0,19 и 4,17 ± 0,10 л. При этом УОК имеет постоянные и относительно высокие значения на всех СПС (от 54,90 ± 1,33 до 67,87 ± 1,66 мл), к V СПС наблюдается ещё больший его прирост на 8,7 мл ( $p < 0,05$ ). У детей КК изменения УОК и МОК имеют иной характер: происходит их одновременное возрастание к IV стадии на 5,57 мл и 1,52 л ( $p < 0,05$ ), а МОК – к III СПС ( $p < 0,05$ ). Более того, на всех стадиях эти показатели достоверно меньше, чем у спортсменов (за исключением МОК на IV и V СПС, где различия менее значимы). Особого внимания заслуживает анализ пубертатных изменений ОПСС, т. к. периферическое сопротивление сосудов вместе с сердечным выбросом являются ведущим фактором в саморегулирующей системе кровообращения [19]. Так, динамика ОПСС у юных хоккеистов характеризуется его существенным повышением от III к IV СПС, когда прирост составляет 311,42 дин  $\text{с}^{-1}\text{см}^{-5}$  ( $p < 0,05$ ), на V СПС повышенный уровень данного показателя сохраняется. У мальчиков КК, несмотря на относительно более высокие значения ОПСС на I и II СПС ( $p < 0,05$ ), наблюдается его существенное снижение к IV и особенно к V стадии, составляющее 256,80 дин  $\text{с}^{-1}\text{см}^{-5}$  ( $p < 0,05$ ). Повышение тонуса сосудов у хоккеистов, с одной стороны, может быть связано с анатомическими особенностями формирования сосудистой сети в период полового созревания [18], а с другой, – выявленные отличия с детьми, не занимающимися спортом, указывают на то, что именно повышенные физические нагрузки провоцируют прогрессирующее увеличение ОПСС у спортсменов. Анализ значений АД выявил неожиданно высокие значения САД на I, II, III и IV СПС – от 127,83 ± 1,25 до 132,00 ± 4,02 мм. рт. ст., и некоторое его снижение к V СПС. Это сопровождается и повышенным уровнем ДАД на I и II СПС, превосходящим значения мальчиков КК на 5,00 мм. рт. ст. и 6,18 мм. рт. ст. соответственно ( $p < 0,05$ ), у которых САД ниже, чем у спортсменов (I-IV СПС) ( $p < 0,05$ ) и не превышает 122,19 ± 1,25 мм. рт. ст., а в динамике ДАД происходит его резкий скачок на III СПС, составляющий 7,02 мм. рт. ст. ( $p < 0,05$ ). Особого внимания заслуживает СГД как гемодинамическая константа, позволяющая судить о соответствии между сердечным выбросом и состоянием сосудистого тонуса. У спортсменов наблюдается стабилизация этого параметра на относительно высоких цифрах практически на всех стадиях полового созревания от 90,92 ± 1,63 до 96,80 ± 1,73 мм. рт. ст., тогда как у мальчиков КК СГД ниже и не превышает 86,50 ± 1,20 мм. рт. ст. (на I, II, III и V СПС различия достоверны в пределах ( $p < 0,05$ )). Увеличение СГД у юных спортсменов в сочетании с относительным возрастанием МОК (I и II СПС) может указывать на снижение пропускной способности капилляров [19, 20].



## Обсуждение

Полученные данные об особенностях функционального состояния ССС и КН у юных хоккеистов на разных СПС, их сравнительная характеристика с мальчиками КК свидетельствуют о том, что у детей, не занимающихся спортом, изменения большинства гемодинамических показателей имеют прямо противоположный характер и, в отличие от спортсменов, их наибольшие значения регистрируются на III и IV СПС, стадиях активации гонад и максимального стероидогенеза [17], являющихся критическими в развитии ССС подростков. Противоречие, наблюдаемое в группе юных хоккеистов, у которых пубертатные преобразования ССС идут вопреки известным закономерностям [18] (максимальные значения ЧСС, МОК и ДАД на I и II СПС и их снижение к III СПС, стабилизация на высоких цифрах САД и СГД, начиная с I СПС и т. д.), показывает, что повышенные физические нагрузки в режиме соревнований и форсированных тренировок носят ярко выраженный стрессовый характер со свойственной ему активацией глюкокортикоидной функции коры надпочечников [3]. Подтверждением этому могут быть полученные нами данные о значительном повышении уровня экскреции Ксв, начиная с I вплоть до IV СПС. Не исключено, что именно глюкокортикоиды, обладающие способностью потенцировать кардиостимулирующее и вазоконстриктор-

ное действие катехоламинов [21], обуславливают гемодинамические эффекты у юных хоккеистов в состоянии стресса и напряжения адаптации – увеличение УОК и АД, повышение тонуса периферических сосудов. Возникающая проблема повышения сосудистого тонуса настоятельно требует, так как спазм артерий и рост периферического сопротивления сосудов являются ведущими факторами в патогенезе гипертонических состояний у детей [20], что особенно важно в контексте интенсивных мышечных нагрузок и должно обращать на себя пристальное внимание специалистов.

## Заключение

Сравнительный анализ изучаемых физиологических параметров юных спортсменов различного уровня половой зрелости с показателями детей, не занимающихся спортом, вполне определенно позволяет утверждать, что повышенные физические нагрузки являются доминирующим фактором в развитии КН и ССС подростков пубертатного возраста. Несмотря на то что величины отдельных показателей хоккеистов не выходят за пределы возрастных норм, а их динамика и повышенный уровень вполне объяснимы с точки зрения теории стресса и адаптации, возникающие при этом неблагоприятные сдвиги в системе саморегуляции гемодинамики, которые сопро-

вождаются повышением САД, ДАД, СГД и ОПСС в состоянии покоя, могут свидетельствовать о несоответствии физической нагрузки функциональным возможностям организма спортсменов в период пубертата.

Проведенное исследование позволило также прийти к заключению, что 11-летний возраст (период препубертата и I СПС) является, вероятно, одним из уязвимых, сенситивных периодов в развитии организма мальчиков, когда физические нагрузки в режиме ежедневных форсированных тренировок и регулярных соревнований вызывают резкое увеличение уровня андрогенов, существенное повышение ЧСС, САД, ДАД и СГД, что не характерно для данного возраста и может повлиять на перспективу полового созревания подростков. О несоответствии объема физических нагрузок функциональным возможностям ССС в период пубертата свидетельствует и стойкое повышение периферического сопротивления сосудов у спортсменов IV и V СПС, которые выделяются нами как группа риска в плане развития сердечно-сосудистой патологии, а именно возможного запуска патогенетического механизма гипертонии в юном возрасте.

Всё вышесказанное требует соблюдения профилактических мер, направленных на сохранение здоровья и физического потенциала юных спортсменов:

- строгое нормирование физических нагрузок с учётом СПС спортсменов;
- снижение их объёма и интенсивности на I СПС (11 лет), совпадающей с началом тренировочного процесса, а также на IV и V СПС юных хоккеистов;
- сдвиги гормональных и гемодинамических параметров у юных спортсменов, противоречащие динамике пубертатных преобразований, могут служить показателем функционального перенапряжения их организма, чрезмерности физических нагрузок.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.  
**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература (п.п. 2, 4, 8, 10, 11 см. References)

1. Каложный Е.А. *Морфофункциональное состояние и адаптационные возможности учащихся образовательных учреждений в современных условиях.* Автореф. дисс. на соискание ученой степени докт. биол. наук. М., 2015.
3. Шайхелисламова М.В., Ситдилов Ф.Г., Ситдикова А.А. и др. Реакция коры надпочечников на дозированную физическую нагрузку у детей с различным исходным вегетативным тонусом. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины.* 2012; 154(12):677.
5. Линдт Т.А., Соломка Т.Н. Адаптация сердечно-сосудистой системы футболистов и хоккеистов к физическим нагрузкам. *Вестник Южно-Уральского государственного университета.* 2010;(19):25-28.
6. Халиуллин Р.С. Особенности становления насосной функции сердца детей, занимающихся мышечными тренировками. *Педиатрия.* 2011;(3):138-140.
7. Исакова А.Т., Ардеев Р.Г., Кузнецова Н.О. Уровень функционального напряжения центрального контура регуляции ритма сердца детей разных стадий биологической зрелости. *Новые исследования.* 2004;(12):58-59.
9. Иорданская Ф.А. Особенности адаптации сердечно-сосудистой системы юных спортсменов к игре в хоккей с шайбой на льду. *Вестник спортивной науки.* 2010; (3):33-38.
12. Колб В.Г., Камышников В.С. *Клиническая биохимия.* Минск, 1976.
13. Таннер Дж. *Биология человека.* М., 1968.
14. Пушкарь Ю.Т., Цветкова А.А., Хеймец Г.И. Автоматизированное определение минутного объема крови методом реографии. *Бюллетень Всесоюзного кардиологического научного центра АМН СССР.* 1980; (1): 45.
15. Мутафьян О.А. *Детская кардиология.* М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009.
16. Шайхелисламова М.В., Дикопольская Н.Б., Билалова Г.А., Зефирова Т.Л. Состояние адаптационных систем организма мальчиков 11-15 лет в процессе возрастного развития, полового созревания и в динамике учебного года. *Гигиена и санитария.* 2016; 95(7): 661-665.
17. Сельверова Н.Б., Филиппова Т.А. *Развитие системы нейроэндо-*

*кринной регуляции. Физиология развития ребенка.* М.: Образование от А до Я, 2000.

18. Аникина Т.А., Крылова А.В. Изменение показателей гемодинамики у школьников разного уровня половой зрелости в течение учебного года. *Фундаментальные исследования.* 2014;(3): 76-80.
19. Яковлев Г.М., Карлов В.А. Типы кровообращения здорового человека: Нейрогуморальная регуляция минутного объема кровообращения в условиях покоя. I. Гиперкинетический тип. *Физиология человека.* 1992; 18(6):86.
20. Спивак Е.М., Печникова Н.В. Особенности вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы при первичной артериальной гипертензии у подростков. *Ярославский педагогический вестник.* 2012; 3(3): 155.

## References

1. Kaljuzhnyj E.A. *Morfofunktsional state and adaptability of students of educational institutions in modern conditions.* Avtoref. diss. na soiskanie uchenoj stepeni dokt. biol. nauk. Moscow, 2015. (in Russian)
2. Kolt G.S. A focus on children and adolescents in sport. *J. Sci. Med. Sport.* 2011; 14.
3. Shaykhelislamova M.V., Sitdikov F.G., Sitdikova A.A. et al. The reaction of the adrenal cortex in the graduated exercise in children with different initial autonomic tone. *Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny.* 2012; 154(12): 677. (in Russian)
4. Ostrander M.M., Ulrich-Lai Y.M., Choi D.C. Hypoactivity of the hypothalamo-pituitary adrenocortical axis during recovery from chronic ariable stress. *Ibid.* 2006;147(4): 2008.
5. Lindt T.A., Solomka T.N. The adaptation of the cardiovascular system and hockey players to physical stress. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta.* 2010; (19): 25-28. (in Russian)
6. Khaliullin R.S. Features of formation of the pumping function of the heart of children involved in muscle workouts. *Pediatriya.* 2011; (3): 138-140. (in Russian)
7. Iskhakova A.T., Ardeev R.G., Kuznetsova N.O. The level of voltage regulation function of the central contour of heart rhythm children of different stages of biological maturity. *Novye issledovaniya.* 2004; (12): 58-59. (in Russian)
8. Matheson G.O., Klügl M., Dvorak J. et al. Responsibility of sport and exercise medicine in preventing and managing chronic disease: applying our knowledge and skill is overdue. *Br. J. Sports Med.* 2011; (45): 1272.
9. Iordanskaja F.A. Features of adaptation of cardiovascular system of young athletes to play ice hockey on the ice. *Vestnik sportivnoj nauki.* 2010; (3):33-38. (in Russian)
10. Davidsohn I., Henry J.B. *Clinical diagnosis and management by laboratory methods.* Philadelphia. PA: W.B. Saunders, 1979.
11. Collins W.P., Barnard G.J., Kim J.B. et al. *Chemiluminescence assays for plasma steroids and urinary steroid metabolites. Immunoassays for Clinical Chemistry.* Edinburgh: Churchill livingstone. 1983.
12. Kolb V.G., Kamysnikov V.S. *Clinical Biochemistry.* Minsk, 1976. (in Russian)
13. Tanner Dzh. *Human Biology.* M., 1968. (in Russian)
14. Pushkar' Ju.T., Cvetkova A.A., Hejmeц G.I. Automated determination of cardiac output by rheography. *Bulleten' Vsesojuznogo kardiologicheskogo nauchnogo centra AMN SSSR.* 1980;(1):45. (in Russian)
15. Mutaf'jan O.A. *Pediatric Cardiology.* Moscow: GJeOTAR-Media, 2009. (in Russian)
16. Shajhelislamova M.V., Dikopolskaja N.B., Bilalova G.A., Zefirov T.L. The condition of the adaptation systems of the organism of boys is 11-15 years old in the process of age development, puberty and in the dynamics of the school year. *Gigiena i sanitarija.* 2016; 95(7): 661-665. (in Russian)
17. Sel'verova N.B., Filippova T.A. *The development of neuroendocrine regulation system. The physiology of the child's development.* Moscow: Obrazovanie ot A do Ja, 2000. (in Russian)
18. Anikina T.A., Krylova A.V. Change hemodynamic parameters in students of different levels of sexual maturity during the school year. *Fundamental'nye issledovaniya.* 2014;(3): 76-80. (in Russian)
19. Jakovlev G.M., Karlov V.A. Types of healthy human blood circulation: neurohumoral regulation of the minute volume of blood circulation at rest. I. hyperkinetic type. *Fiziologija cheloveka.* 1992; 18(6): 86. (in Russian)
20. Spivak E.M., Pechnikova N.V. Features of the autonomic regulation of the cardiovascular system at a primary arterial hypertension in adolescents. *Jaroslavskij pedagogicheskij vestnik.* 2012; 3(3): 155. (in Russian)
21. Shaykhelislamova M.V., Dikopolskaja N.B., Bilalova G.A., Firsova Ju. D., Zefirov T.L. Evaluation of the functional activity of the sympathoadrenal system and adrenal cortex in children in the age and sex aspects. *International Journal of Pharmacy and Technology.* 2016; 8(2): 14643-14649.