

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2025

Костина О.В., Галова Е.А., Преснякова М.В.

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ГОРМОНОВ НА УВЕЛИЧЕНИЕ РИСКА СПОРТИВНОГО ТРАВМАТИЗМА И РАЗВИТИЕ СИНДРОМА ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ-СПОРТСМЕНОВ (обзор литературы)



<https://elibrary.ru/urqsze>

ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава РФ, 603155, Нижний Новгород, Россия

Цель исследования - систематизировать публикации современной литературы, касающиеся особенностей влияния стероидных гормонов на развитие травматизма и синдрома перетренированности у детей и подростков-спортсменов при высокоинтенсивных тренировках.

Основные положения. В обзоре литературы суммируются накопленные за последние годы сведения о значимости стероидных гормонов (тестостерона, эстрадиола и кортизола) в адаптации к спортивной нагрузке у детей и подростков. Описаны особенности гендерных отличий спортивного травматизма у юных спортсменов. В статье приводятся данные о сопряженности гормональной дисфункции и развития синдрома перетренированности в результате высокоинтенсивных физических нагрузок, рассмотрена значимость эндокринных нарушений у несовершеннолетних спортсменов. Приводятся сведения о взаимосвязи изменений в содержании стероидных гормонов и развития патологических состояний вследствие физических перегрузок.

Заключение. Таким образом, при планировании тренировочного процесса следует принимать во внимание гендерные, возрастные и индивидуальные особенности организма юных спортсменов. Анализ эндокринного статуса может дать важную информацию о физическом состоянии детей и подростков, их адапционном резерве и помочь в дальнейшей организации профилактических мероприятий, способствующих положительной адаптации несовершеннолетних спортсменов к интенсивным спортивным нагрузкам, не провоцирующих развитие синдрома перетренированности и минимизирующих риск травматизма.

Ключевые слова: обзор; тестостерон; эстрадиол; кортизол; дети; подростки; спортивный травматизм; синдром перетренированности

Для цитирования: Костина О.В., Галова Е.А., Преснякова М.В. Особенности влияния гормонов на увеличение риска спортивного травматизма и развитие синдрома перетренированности у детей и подростков-спортсменов (обзор литературы). *Клиническая лабораторная диагностика*. 2025; 70 (2): 89-96.

DOI: <https://doi.org/10.51620/0869-2084-2025-70-2-89-96>

EDN: URQSZE

Для корреспонденции: Костина Ольга Владимировна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. научно-диагностического отдела Университетской клиники; e-mail: olkosta@ Rambler.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 16.07.2024

Принята к печати 19.10.2024

Опубликовано 25.01.2025

Kostina O.V., Galova E.A., Presnyakova M.V.

FEATURES OF THE EFFECT OF HORMONES ON INCREASING THE RISK OF SPORTS INJURIES AND THE DEVELOPMENT OF OVERTRAINING SYNDROME IN CHILDREN AND ADOLESCENT ATHLETES (review of literature)

Privolzhsky Research Medical University, 603155, Nizhny Novgorod, Russia

The aim - to systematize publications of modern literature concerning the peculiarities of the effect of steroid hormones on the development of injury and overtraining syndrome in children and adolescent athletes during high-intensity training.

The main provisions. The literature review summarizes the information accumulated in recent years on the importance of steroid hormones (testosterone, estradiol and cortisol) in adapting to athletic activity in children and adolescents. The features of gender differences in sports injuries in young athletes are described. The article provides data on the correlation of hormonal dysfunction and the development of overtraining syndrome as a result of high-intensity physical exertion, the importance of endocrine disorders in underage athletes is considered. Information is provided on the relationship between changes in the content of steroid hormones and the development of pathological conditions due to physical overloads.

Conclusion. Thus, when planning the training process, gender, age and individual characteristics of the body of young athletes should be taken into account. The analysis of the endocrine status can provide important information about the physical condition of children and adolescents, their adaptive reserve and help in the further organization of preventive measures that contribute to the positive adaptation of underage athletes to intense sports loads, do not provoke the development of overtraining syndrome and minimize the risk of injury.

Key words: review; testosterone; estradiol; cortisol; children; adolescents; sports injuries; overtraining syndrome

For citation: Kostina O.V., Galova E.A., Presnyakova M.V. Features of the effect of hormones on increasing the risk of sports

injuries and the development of overtraining syndrome in children and adolescent athletes (review of literature). *Klinicheskaya Laboratornaya Diagnostika (Russian Clinical Laboratory Diagnostics)*. 2025; 70 (2): 89-96 (in Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.51620/0869-2084-2025-70-2-89-96>

EDN: URQSZE

For correspondence: Kostina O.V., candidate of biological sciences, senior researcher of the scientific and diagnostic department of the University clinic; e-mail: olkosta@rambler.ru

Information about authors:

Kostina O.V., <https://orcid.org/0000-0001-7529-2544>;

Galova E.A., <https://orcid.org/0000-0002-9574-2933>;

Presnyakova M.V., <https://orcid.org/0000-0002-3951-9403>.

Acknowledgment. The study had no sponsor support.

Conflict of interests. The authors declare absence of conflict of interests.

Received 16.07.2024

Accepted 19.10.2024

Published 25.01.2025

Введение. Популяризация и массовость детско-юношеского спорта [1] в настоящее время сопряжена с ростом числа случаев перетренированности и травм. Так, в рамках Всероссийского конгресса «Педиатрия и детская хирургия в Приволжском федеральном округе» (Казань, 2022) акцент экспертов был сделан на двукратном увеличении детского спортивного травматизма в стране за последнее десятилетие. Актуальными факторами риска развития указанных негативных последствий, в том числе следует считать смещение сроков допуска детей к спортивным занятиям в младшем дошкольном возрасте [2], переоценку исходного уровня физической подготовленности в условиях значительного изменения состояния здоровья и двигательной активности детей [3], недооценку биологического возраста и гендерных различий [4] при планировании тренировочного процесса.

Хорошо изучены гендерные анатомические и физиологические различия, обусловленные уровнем эндогенных половых гормонов и определяющие спортивную результативность и адаптивность к физическим нагрузкам [5]. Так, например, показано, что принципиальные различия между мальчиками и девочками начинают проявляться в пубертатный период и зависят от концентрации тестостерона [6]. В то же время чрезмерные физические нагрузки, особенно в сочетании со стрессовыми факторами, могут быть связаны с развитием различных патологических состояний, в том числе увеличением риска травматизма, сердечно-сосудистых изменений, психоэмоциональных расстройств, а также эндокринных нарушений [7]. Очевидно, что высокоинтенсивные физические нагрузки у детей и подростков могут иметь дезадаптивный характер, между тем, зачастую тренировочный процесс для детей и подростков строится аналогично тренировкам взрослых, не учитывая тот факт, что работоспособность юных спортсменов тесно связана с их биологической зрелостью [8]. В связи с этим представляет интерес оценка взаимосвязи эндокринного статуса, спортивного травматизма и развития синдрома перетренированности у детей и подростков.

Цель обзора – систематизировать публикации современной литературы, касающиеся особенностей влияния стероидных гормонов на развитие травматизма и синдрома перетренированности у детей и подростков-спортсменов при высокоинтенсивных спортивных тре-

нировках.

Методология поиска источников литературы. В статье представлен обзор публикаций из отечественных и зарубежных источников литературы. Проведен анализ литературных источников, включавший все статьи в базах данных PubMed, РИНЦ, Google Scholar, MedLine, Elsevier. Поиск данных был проведен с использованием слов: тестостерон, эстрадиол, кортизол, дети, подростки, спорт, синдром перетренированности, спортивный травматизм, testosterone, estradiol, cortisol, children, teenagers, overtraining syndrome, sports injuries. В обзор включено 60 литературных источников.

Особенности спортивного травматизма у детей и подростков. Спортивные травмы у детей случаются реже, чем у взрослых, из-за более высокой степени эластичности связок. Поскольку рост костей у детей еще не завершен, характер спортивных травм может отличаться от травм у взрослых. Ввиду возрастных особенностей гормонального статуса существует ряд болезней, связанных с неравномерностью роста костей, мышц и сухожилий, характерных именно для детей (таких как болезнь Осгуда-Шлаттера, Синдинга-Ларсена-Йоханссона, пяточной апофизит и другие). У детей и подростков связки и сухожилия выдерживают большую нагрузку, чем кости, тогда как область росто-вых пластинок на апофизах является слабым местом в отношении риска перелома из-за сильных сокращений прикрепленных мышц [9]. Несоответствие адаптации мышц и сухожилий приводит к увеличению нагрузки на сухожилия в период скачка роста, создавая неблагоприятное соотношение мышечной силы и нагрузочной способности сухожилий, увеличивая риск спортивных травм. В дальнейшем, по мере роста подростка, наблюдается гипертрофия сухожилий и их механическое укрепление, что должно положительно сказаться на спортивной результативности и снижении риска травм в постпубертатный период [10]. В структуре спортивных травм у детей наиболее часто встречаются повреждения крупных суставов (коленного, голеностопного, локтевого), при этом преобладают нарушения связочного аппарата и повреждения мышц (до 62% спортивного травматизма). Повреждения крупных суставов характерны как для командных видов спорта, так и для индивидуальных и бесконтактных. Анализ частоты травматизации крупных суставов у спортсменов различных возрастных категорий показал, что наиболее

уязвимыми для получения травм являются периоды скачка роста и развития [11, 12]. Особенную тревогу вызывают сведения о том, что до трети всех спортивных травм у подростков приходится на базовый этап тренировочного процесса в период подготовки к соревнованиям [13].

Имеются сведения о гендерных отличиях в частоте травм суставного связочного аппарата. Причины, лежащие в основе таких различий, заключаются в половых анатомических и биомеханических особенностях, различиях в нагрузках и в гормональных особенностях. У девушек отмечается более низкая жесткость связок и сухожилий, связанная с действием эстрогена [14], тогда как тестостерон повышает жесткость сухожилий [15]. При меньшей жесткости сухожилия мышцы сокращаются быстрее, чем сустав меняет свое положение, это увеличивает вероятность альтерации связок и сухожилий. С другой стороны, эстроген, воздействуя на сухожилия и связки, будет косвенно оказывать влияние на функцию скелетных мышц [16]. Приводятся сведения о меньшем риске повреждения мышц у женщин по сравнению с мужчинами, обусловленном меньшей жесткостью сухожилий, что снижает нагрузку на миофиламенты [17]. В случае более жесткого сухожилия усиливается мышечное напряжение: сухожилие не растягивается, мышца вынуждена удлиняться при большей эксцентрической нагрузке, результатом чего будет ее повреждение и альтерация сухожилия [18].

Возрастные гормональные изменения связаны с увеличением риска травматизма коленного сустава у девочек, начиная с 14 лет, после 15 лет он возрастает практически в два раза, максимальный риск наблюдался на 4-й и 5-й стадиях Таннера по сравнению с раннепубертатным периодом [19]. Предполагается также, что существует зависимость спортивного травматизма от фазы менструального цикла. Спортсменки могут быть более предрасположены к повреждениям передней крестообразной связки коленного сустава в предовуляторную фазу менструального цикла, когда происходит увеличение секреции эстрадиола [20]. Приводятся данные о повышенном риске травм в фолликулярную [21] и среднелютеновую фазу, что может быть связано с влиянием эстрогенов на сухожилия [22]. Между тем, существует мнение о том, что риск травмы не зависит от фазы цикла [23]. Разнородность этих сведений, возможно, обусловлена неточной оценкой сроков наступления той или иной фазы, недостаточным количеством выборки обследованных спортсменок, разным уровнем спортивной подготовленности и нагрузок, которые также могли оказать влияние на вероятность травмы. Таким образом, требуются дальнейшие исследования для решения спорного вопроса о роли гормональных изменений в зависимости от фаз менструального цикла.

Еще одной распространенной спортивной травмой является повреждение ахиллового сухожилия. В отличие от повреждения передней крестообразной связки, травма ахиллового сухожилия у детей, занимающихся спортом, встречается реже, чем у взрослых [24]. Сообщается, что распространенность разрыва ахиллового сухожилия у подростков (13-18 лет) среди других спортивных травм составляет у девочек 9%, у мальчиков – 6% [25]. Подростки в возрасте старше 14 лет

с большей вероятностью разрывают ахиллово сухожилие в результате сильного мышечного сокращения, чем дети младше 12 лет [26], что может быть связано с гормональными изменениями, происходящими в пубертатный период. В то же время приводятся сведения о том, что в отличие от подростков, не занимающихся спортом, у подростков-спортсменов по мере полового созревания происходят адаптивные изменения морфологических и биомеханических свойств ахиллового сухожилия, позволяющие минимизировать риск травм [27]. Эффект воздействия эстрогена у женщин проявляется в меньшей способности ахиллового сухожилия растягиваться, чем у мужчин, что снижает вероятность его разрыва [28]. Меньшая мышечная масса у женщин, чем у мужчин, также с меньшей вероятностью приведет к возникновению силы сокращения, превышающей максимальную прочность ахиллового сухожилия на растяжение [29]. Предполагается, что одной из возможных причин разрыва ахиллового сухожилия у подростков-спортсменок может быть развитие гипоестрогемии на фоне интенсивных нагрузок как проявление триады спортсменок, которая описана ниже [30].

В литературе имеются сведения об обратной корреляционной связи умеренной силы уровня тестостерона и маркеров костной резорбции β -CrossLaps, а также о повышенном содержании β -CrossLaps у юниоров [31]. Причины выявленной ассоциации требуют дальнейшего изучения с целью оценки вероятности повышенного риска переломов костей.

Таким образом, половые и возрастные особенности несовершеннолетних атлетов могут играть важную роль в увеличении риска получения спортивных травм. Важно отметить, что причины спортивного травматизма несомненно многофакторны и заключаются не только во влиянии половых гормонов, но, конечно же, и в степени интенсивности тренировочных нагрузок, подготовленности к ним, наличии достаточного восстановительного периода перед тренировками. Эти факторы в совокупности могут играть роль в увеличении риска спортивных травм и развитии синдрома перетренированности.

Гормональная дисфункция при интенсивных тренировочных процессах, синдром перетренированности. Физическое перенапряжение возникает во время или после чрезмерной спортивной нагрузки и проявляется расстройствами функций нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной, кроветворной систем. Сигналами развития синдрома перетренированности могут служить психоэмоциональные изменения, в том числе апатия, отсутствие мотивации к занятиям спортом, вялость, потеря аппетита и нарушения сна. Клиническая картина снижения толерантности к физической нагрузке у юных атлетов может включать в себя головную боль, нарушение зрения, парезы, нарушение двигательной координации, одышку, боли в сердце, мышечную слабость [32]. Для определения толерантности к физической нагрузке предлагается оценивать изменения частоты сердечных сокращений и скорости потребления кислорода. Использование биохимических маркеров (например, активности креатинфосфокиназы, трансаминаз, уровня лактата, миоглобина, креатинина, мочевины, оценка уровня гормонов) [33] у детей и подростков-спортсменов может оказаться полезным

в качестве инструмента дозирования тренировочной нагрузки на протяжении тренировочного сезона.

Исследования содержания стероидных гормонов у детей и подростков-спортсменов выявили ряд особенностей. При изучении влияния интенсивных тренировок детей-спортсменов в препубертатный период не выявляется явных изменений ни уровня тестостерона, ни уровня эстрогенов, это, вероятно, связано с тем, что дети еще не достигли периода полового созревания [34]. Однако чрезмерно интенсивные нагрузки могут привести к снижению синтеза половых гормонов и задержать половое созревание, особенно в препубертатный период [35]. Детям, не вошедшим в период скачка роста, не рекомендуются усиленные тренировки, направленные на гипертрофию мышц, в связи с низкой концентрацией анаболических гормонов. В этот период силовые тренировки должны быть дозированы и направлены на повышение мышечной силы. Стоит отметить, что по сравнению с подростками, дети быстрее восстанавливаются после силовых тренировок, вызывающих переутомление [36].

Более выраженные изменения происходят у подростков в пубертатный период. Если умеренный уровень физической активности не влияет на изменения содержания эстрогенов и не вызывает увеличения частоты возникновения нарушений менструального цикла [37], то одним из негативных последствий физического перенапряжения могут быть эндокринные нарушения у девочек-спортсменок, проявляющиеся нарушениями менструального цикла, в том числе аменореей [38]. S. Ravi и соавт. [39] выявили, что аменорея у спортсменок наблюдалась в 4,7% случаев, тогда как в группе девочек, не занимающихся спортом, менструальная дисфункция не регистрировалась. В исследовании K.A. Beals [40] было установлено, что аменорея фиксировалась у 17% подростков-спортсменок, 13% и 48% девочек сообщили об олигоменорее и нерегулярных менструальных циклах соответственно. У юных спортсменок с худощавым телосложением частота нарушений менструального цикла была выше (26,7%), чем у спортсменок с нормальным телосложением (16,6%). Риск возникновения олиго/аменореи был более чем в 2 раза чаще у девочек с дефицитом энергии [41]. Такие нарушения менструального цикла связаны с дисбалансом между потреблением и расходом энергии, крайне низкой массой жировой ткани и нарушением чувствительности гипоталамуса к половым стероидам. Менструальная дисфункция в значительной степени обусловлена ингибирующим влиянием гормонов стресса на продукцию гонадотропин-рилизинг-гормона и, как следствие, снижением секреции гипофизом лютеинизирующего и фолликулостимулирующего гормонов, приводящим к снижению выработки яичниками эстрадиола, прогестерона и тестостерона. Нарушения менструального цикла могут быть связаны с видами спорта, для которых желательна низкая масса тела (гимнастика, фигурное катание, бег, плавание, триатлон, скалолазание).

В 2014 году экспертами Международного олимпийского комитета был предложен термин, характеризующий негативное влияние занятий спортом на организм - синдром относительного дефицита энергии в спорте (RED-S). В основе развития синдрома лежат метаболи-

ческие изменения, нарушения эндокринной системы (репродуктивной функции), сердечно-сосудистой и иммунной систем, состояния костной ткани. В большей степени симптомы RED-S характерны для лиц женского пола, чем для мужского [42]. Раннее начало высокоинтенсивных нагрузок в совокупности с поддержанием сниженной массы тела способствует отсрочке времени наступления менархе и снижению роста костей у девочек-подростков [43]. Учитывая влияние эстрогенов на рост костной ткани, важно отметить вероятность того, что спортсменки с олиго/аменореей могут не достичь своего потенциально возможного роста костной массы. Дефицит эстрогенов влияет на микроархитектуру, минеральную плотность костной ткани, что увеличивает частоту стрессовых переломов у подростков с нарушением менструального цикла [44]. Снижение плотности костной ткани, нарушения менструального цикла и отрицательный энергетический баланс составляют так называемую триаду спортсменок. Если менструальная дисфункция у подростков-спортсменок в совокупности с дефицитом энергии в случае отсутствия необходимой коррекции в ближайшей перспективе может привести к снижению роста костей, то в долгосрочной перспективе - к преждевременному развитию остеопении и остеопороза, поэтому девушки-подростки с такими нарушениями должны в обязательном порядке наблюдаться у гинеколога с коррекцией питания и режима тренировок [45].

Согласно исследованиям, проведенным при участии Федерального научно-клинического центра спортивной медицины и реабилитации ФМБА России [46], верхние границы содержания концентрации общего тестостерона в сыворотке крови у юных спортсменок составляют 2,04 нмоль/л в возрасте 14-15 лет и 2,28 нмоль/л - в возрасте 16-17 лет. Напряженные физические нагрузки в пубертатном периоде у девочек могут сопровождаться андрогенной дисфункцией, поэтому увеличение уровня тестостерона может служить сигналом для пересмотра тренировочного процесса и уменьшения физической нагрузки, а также для консультации эндокринолога и гинеколога с целью выявления причин гормональных изменений (синдром поликистозных яичников, дисфункции коры надпочечников) [47]. До наступления пубертатного возраста снижение уровня тестостерона у мальчиков часто ассоциировано с отставанием в росте/весе и может быть связано с отставанием физического и полового развития. В дальнейшем в большинстве случаев происходит закономерное повышение уровня тестостерона в крови и скачок роста. В случае снижения уровня общего тестостерона у юношей в возрасте 16-17 лет до значений менее 12 нмоль/л целесообразна консультация врача по спортивной медицине для выявления синдрома RED-S. Длительное снижение уровня гормона до значений показателя менее 8 нмоль/л при задержке роста и полового развития и отсутствия данных о наличии синдрома RED-S, является показанием для направления подростка на консультацию к эндокринологу¹.

Для оценки тренировочных нагрузок в спортивной

¹ Столярова С.А., Окорочков П.Л., Гришина Ж.В., Калугина Ю.С. Особенности гормонального статуса и диагностики эндокринной патологии у несовершеннолетних спортсменов. Методические рекомендации. М.: ФГБУ «ФНКЦ детей и подростков ФМБА России»; 2023.

медицине распространен коэффициент соотношения концентрации тестостерона и кортизола, снижение которого сопровождается снижением спортивной результативности [48]. Кортизол является гормоном, содержание которого отражает выраженность катаболических реакций, таким образом, соотношение тестостерон/кортизол характеризует баланс между анаболическими и катаболическими процессами в организме. Этот гормон регулирует углеводный обмен, усиливает катаболизм белков, окисление свободных жирных кислот, стимулирует активность симпатико-адреналовой системы, оказывает влияние на когнитивные способности и эмоциональное состояние. Увеличение концентрации кортизола в крови требует продолжительности упражнений не менее 20 минут и интенсивности, равной не менее 60% от максимального потребления кислорода [49]. Стойкое и длительное увеличение уровня кортизола вследствие интенсивных физических нагрузок может иметь негативный эффект: повреждение, замедление процессов восстановления и регенерации мышечной ткани, снижение уровня гликогена, снижение иммунной защиты, ухудшение психологического статуса, что закономерно приведет к ухудшению спортивных результатов [50]. Повышенный уровень кортизола может ослаблять образование тестостерона и эстрадиола через угнетение секреции гонадотропных гормонов и/или избирательное снижение секреции надпочечниками стероидов-предшественников [51]. Поскольку увеличение уровня кортизола может снижать секрецию эстрадиола, тестостерона и влиять на сроки полового созревания, при планировании тренировочного процесса с увеличением объема физической нагрузки следует учитывать возможные антигипертрофические реакции и ингибирующее влияние повышенного уровня кортизола на допубертатное созревание и развитие в пубертатном периоде [34].

Диапазоны значений кортизола в сыворотке крови у юношей-спортсменов 14-15 лет и 16-17 лет составили 211,1-700,8 нмоль/л и 232,8-756,0 нмоль/л соответственно, у спортсменок такого же возраста - 198,9-699,3 нмоль/л и 186,5-758,2 нмоль/л соответственно. Увеличение уровня этого гормона имеет стрессорную природу и характерно для физических нагрузок [45].

Для оценки направленности биохимических процессов у спортсменов используют индекс анаболизма (ИА): $ИА = ([\text{тестостерон}] / [\text{кортизол}]) \times 100\%$. Снижение ИА может происходить как за счет снижения уровня тестостерона, так и/или за счет увеличения концентрации кортизола. Значения cut off индекса анаболизма, свидетельствующие о перенапряженности физиологических систем у разных авторов отличаются. Одни исследователи критическими считают значение индекса ниже 5% с устойчивой тенденцией к дальнейшему снижению, свидетельствующему о развитии дезадаптации², другие авторы в качестве критерия физиологической напряженности рассматривают значения ИА менее 3% [52]. Также снижение индекса более чем на

30% по сравнению с исходным уровнем рассматривается как маркер синдрома перетренированности [53].

Коэффициент ИА положительно коррелирует с показателями физической подготовленности. Так, результаты исследования Н. Nohari и соавт. [54] показали ассоциацию средней силы между соотношением тестостерон/кортизол и изометрической мышечной силой четырехглавой мышцы бедра после сезона тренировок у подростков-футболистов. Авторы считают, что подростки с повышенным по сравнению с другими ребятами уровнем тестостерона и индекса анаболизма имеют больше шансов добиться лучшей спортивной подготовленности, чем подростки с меньшим значением этих показателей.

Стоит, однако, обратить внимание на неоднозначность трактовки полученного после тренировок результата ИА, которая может быть связана с тем, что после тренировки вместо ожидаемого нормального или повышенного уровня кортизола у детей и подростков может наблюдаться гипокортизолемиа (<150 нмоль/л), которая может расцениваться как проявление дезадаптации гипофизарно-надпочечниковой системы к высоким физическим нагрузкам², обусловленное значительным ростом потребления этого гормона после высокоинтенсивной физической нагрузки и недостаточной адаптацией к стрессовому воздействию [55]. Временный дефицит кортизола в таком случае стоит рассматривать как нормальную физиологическую реакцию на стрессовый фактор. В дальнейшем организм может предотвращать этот дефицит за счет стимуляции синтеза кортизола и повышения его доступности в начале стресса, а затем - ускорения реакции снижения уровня кортизола и быстрого восстановления его прежнего уровня. Последующий избыток кортизола, который сохраняется еще некоторое время после того, как действие стрессора прошло, уменьшается, обеспечивая таким образом гомеостаз [56]. В случае как длительного стойкого повышенного уровня кортизола, так и длительного снижения его концентрации, целесообразно динамическое наблюдение с целью исключения дисфункции надпочечников.

Несмотря на возможные сложности трактовки полученного результата ИА, использование этого показателя у детей и подростков-спортсменов с уточнением его значения cut off как критерия развития дезадаптации, может оказаться полезным для контроля адекватности дозирования нагрузки во время тренировочного процесса и оценки рисков развития переутомления для того, чтобы в случае необходимости принять профилактические меры с целью повышения спортивной результативности.

Перетренированность может быть связана с дисбалансом между половыми гормонами. Показано, что соотношение тестостерон/эстрадиол было снижено почти в 2 раза у перетренированных спортсменов по сравнению с остальными спортсменами, что связано с увеличением уровня секреции эстрадиола из-за повышения активности ароматазы [57].

Научные данные свидетельствуют о том, что в результате интенсивных тренировок у детей препубертатного и пубертатного возраста происходит увеличение в крови концентрации провоспалительных цитокинов [58], являющихся мощными активаторами гипотала-

²Выходец И.Т., Дидур М.Д., Каргашина А.С., Лобов А.Н., Мирошникова Ю.В. и др. Клинические рекомендации по диагностике и лечению общего и частных синдромов перенапряжения центральной нервной системы, сердечно-сосудистой системы, опорно-двигательного аппарата, иммунной системы и переутомления у спортсменов высокой квалификации. М.: ФМБА России; 2018.

мо-гипофизарно-надпочечниковой системы и вызывающими, с одной стороны, выброс кортикотропин-рилизинг-гормона, адренкортикотропного гормона и кортизола, а с другой - подавление секреции тестостерона и соматомедина [59]. Увеличение содержания провоспалительных цитокинов отражает не только негативную катаболическую сторону напряженности физиологических систем организма: IL-6 может регулировать рост мышц, оказывать влияние на фактор роста эндотелия сосудов и фактор роста фибробластов, стимулируя, таким образом ангиогенез, индуцирует липолиз, подавляет выработку фактора некроза опухоли [60]. Следовательно, увеличение содержания IL-6 может играть потенциально полезную роль в адаптации к физическим нагрузкам.

Полагаем, что при анализе эндокринных изменений у спортсменов в ответ на интенсивные тренировки целесообразно учитывать различные факторы, способные оказать влияние на результат, поэтому при взятии крови для исследований желательнее следовать следующим рекомендациям:

1) принимать во внимание циркадные ритмы гормонов,

2) у девочек должна учитываться фаза менструального цикла и возможные его нарушения,

3) для общей оценки гормонального статуса спортсмена без учета динамических изменений забор крови желательнее осуществлять после 1-3 дней отдыха,

4) для оценки гормональной реакции на высокоинтенсивную мышечную нагрузку забор крови выполнять до тренировки, после нее и далее, если требуется оценка динамических постнагрузочных изменений и уточнение длительности восстановительного периода,

5) взятие крови осуществлять в спокойном состоянии, не на фоне стресса.

Заключение. Таким образом, гормональный гомеостаз у детей и подростков-спортсменов отражает гендерные, физиологические, возрастные особенности и адаптационные возможности организма. Гормональный стероидный паспорт может быть использован при планировании тренировочного процесса и организации профилактических мероприятий с целью предупреждения негативных последствий высокоинтенсивных нагрузок.

Перспективными направлениями для дальнейших исследований эндокринного статуса у детей и подростков-спортсменов могут быть изучение адаптивных гормональных реакций в ответ на физические нагрузки различного типа и интенсивности, уточнение связи гормональных изменений в различные фазы менструального цикла и спортивной результативности, а также исследование долгосрочного влияния изменений содержания половых гормонов на эффективность тренировочного процесса.

ЛИТЕРАТУРА (П.П. 5-10, 12-30, 34-44, 48, 49, 51, 53, 54, 56-60 СМ. REFERENCES)

1. Правительство России: официальный сайт. URL: <http://government.ru/news/46629/> (дата обращения 03.10.2024).
2. Бикчурин Н.М., Тахавиева Ф.В. Травмы и заболевания у юных спортсменок, занимающихся художественной гимнастикой. *Наука и спорт: современные тенденции*. 2018; 21 (4): 6-10.

3. Богомолова Е.С., Максименко Е.О., Ковальчук С.Н., Котова Н.В., Олюшина Е.А. Нормы двигательной активности современных школьников: актуальность, проблемы и пути их решения (обзор). *Санитарный врач*. 2023; 11: 696-707. DOI: 10.33920/med-08-2311-02.
4. Локтев С.А., Макарова Г.А. Педагогические и медико-биологические факторы риска в детском и подростковом спорте (аналитический обзор). *Физическая культура, спорт - наука и практика*. 2013; 4: 61-4.
11. Ваулина А.В., Цыбанов А.С., Красноярцев Г.А., Козлов О.О. Анализ спортивного травматизма у детей и подростков по материалам детского травматолого-ортопедического отделения ГК БСМП им. В.В.Ангарова за 2002-2007 гг. *Acta Biomedica Scientifica*. 2008; 61 (3): 63-5.
13. Доронцев А.В., Козлятников О.А., Каширский А.В. Структура спортивного травматизма у девочек 12-14 лет, занимающихся спортивной гимнастикой. *Научно-теоретический журнал "Ученые записки университета" имени П.Ф. Лесгафта*. 2018; 4 (158): 77 - 82.
31. Аксенова Н.В., Мангушев Т.А., Окороков П.Л., Бабаева Е.В., Зябкин И.В. Влияние уровня общего тестостерона у хоккеистов-юниоров на гематологические, биохимические показатели и уровень физической работоспособности. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2023; 13(1): 80-7. DOI: 10.47529/2223-2524.2023.1.8.
32. Сайфитова А.Т., Высотин С.А. Отрицательные стороны занятий физической культурой у детей и подростков. *Международный студенческий научный вестник*. 2018; 1: 30.
33. Бадтиева В.А., Павлов В.И., Шарыкин А.С., Хохлова М.Н., Пачина А.В., Выборнов В.Д. Синдром перетренированности как функциональное расстройство сердечно-сосудистой системы, обусловленное физическими нагрузками. *Российский кардиологический журнал*. 2018; 23(6): 180-90. DOI: 10.15829/1560-4071-2018-6-180-190.
45. Безуглов Э.Н., Лазарев А.М., Хайтин В.Ю., Барскова Е.М., Колода Ю.А. Влияние занятий профессиональным спортом на менструальную функцию. *Проблемы репродукции*. 2020; 26(4): 37-47. DOI: 10.17116/репро20202604137.
46. Гришина Ж.В., Ключников С.О., Яшин Т.А., Макарова Г.А., Ломазова Е.В., Бушуева И.Е. и др. Референтные интервалы биохимических показателей крови у юных спортсменов. *Вопросы практической педиатрии*. 2022; 17(1): 71-8. DOI: 10.20953/1817-7646-2022-1-71-78.
47. Речкалов А.В., Пшеничникова О.Л. Спортивная эндокринология. Курган: Изд-во КГУ; 2007.
50. Самикулин П.Н., Грязных А.В. Характер изменения кортизола у юношей с различным уровнем тренированности в условиях восстановления после субмаксимальной мышечной нагрузки. *Человек. Спорт. Медицина*. 2017; 17(1): 5-13. DOI: 10.14529/hsm170101.
52. Мамиев Н.Д., Василенко В.С., Карповская Е.Б., Семёнова Ю.Б., Канавец Н.С., Зарипов В.И. и др. Обоснование использования общей воздушной криотерапии и воздействия отрицательного давления в нижней части тела для профилактики синдрома перетренированности. *Университетский терапевтический вестник*. 2023; 5(4): 137-55. DOI: 10.56871/UTJ.2023.13.58.013.
55. Васильков А.А. Влияние различных дозровок физических нагрузок на гормоны роста школьников и студентов специальных медицинских групп. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура*. 2005; 4(2): 203-5.

REFERENCES

1. Russian Government: official website. Available at: <http://government.ru/news/46629/> (accessed 3 October 2024). (in Russian)
2. Bikchurin N.M., Takhavieva F.V. Injuries and illness of young athletes practicing rhythmic gymnastics. *Nauka i sport: sovremennye tendentsii*. 2018; 21 (4): 6-10. (in Russian)
3. Bogomolova E.S., Maksimenko E.O., Kovalchuk S.N., Kotova N.V., Olyushina E.A. Norms of motor activity in modern school children: relevance, problems and ways of solution (review). *Sanitariyi vrach*. 2023; 11: 696-707. DOI 10.33920/med-08-2311-02. (in Russian)

4. Loktev S., Makarova G. Pedagogical and biomedical risk factors in children's and youth sports (analytical review). *Fizicheskaya kul'tura, sport – nauka i praktika*. 2013; 4: 61-4. (in Russian)
5. Hunter S.K., S Angadi S., Bhargava A., Harper J., Hirschberg A.L., D. Levine B. et al. The biological basis of sex differences in athletic performance: consensus statement for the American College of Sports Medicine. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2023; 55(12): 2328-60. DOI: 10.1249/MSS.0000000000003300.
6. Handelsman D.J. Sex differences in athletic performance emerge coinciding with the onset of male puberty. *Clin. Endocrinol. (Oxf)*. 2017; 87 (1). 68-72. DOI: 10.1111/cen.13350.
7. Carrard J., Rigort A.C., Appenzeller-Herzog C., Colledge F., Königstein K., Hinrichs T., Schmidt-Trucksäss A. Diagnosing overtraining syndrome: a scoping review. *Sports Health*. 2022; 4 (5): 665-73. DOI: 10.1177/19417381211044739.
8. Perroni F., Fittipaldi S., Falcioni L., Ghizzoni L., Borriore P., Vetrano M. et al. Effect of pre-season training phase on anthropometric, hormonal and fitness parameters in young soccer players. *PLoS One*. 2019; 14(11): e0225471. DOI: 10.1371/journal.pone.0225471.
9. Weel H., Joosten A.J.P., van Bergen C.J.A. Apophyseal avulsion of the rectus femoris tendon origin in adolescent soccer players. *Children (Basel)*. 2022; 9(7): 1016. DOI: 10.3390/children9071016.
10. Mersmann F., Bohm S., Schroll A., Boeth H., Duda G.N., Arampatzis A. et al. Muscle and tendon adaptation in adolescent athletes: a longitudinal study. *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 2017; 27(1): 75-82. DOI: 10.1111/sms.12631.
11. Vaulina A.V., Tsibanov A.S., Krasnoyarov G.A., Kozlov O.O. Analysis of sport injuries in children and teenagers by data of children traumatologic-orthopedic department of emergency hospital named after V.V. Angapov over the period of 2002-2007. *Acta Biomedica Scientifica*. 2008; 3(61): 63-5. (in Russian)
12. Hutchinson M.R., Nasser R. Common Sports injuries in children and adolescents. *Medscape General Medicine*. 2019; 2(4). URL: <https://www.medscape.com/viewarticle/408524> (accessed 12 October 2024).
13. Dorontsev A.V., Kozlyatnikov O.A., Kashirsky A.V. Structure of sports traumatism at girls of 12-14 years old doing gymnastics. *Nauchno-teoreticheskiy zhurnal «Uchyonye zapiski universitetov imeni P.F. Lesgafta»*. 2018; 158 (4): 77-82. (in Russian)
14. Albright J.A., Lou M., Rebello E., Ge J., Testa E.J., Daniels A.H. et al. Testosterone replacement therapy is associated with increased odds of achilles tendon injury and subsequent surgery: a matched retrospective analysis. *J. Foot Ankle Res.* 2023; 16: 76. DOI: 10.1186/s13047-023-00678-0.
15. Hewett T.E., Myer G.D., Ford K.R. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: part I, mechanisms and risk factors. *Am. J. Sports Med.* 2006; 34(2): 299-311. DOI: 10.1177/0363546505284183.
16. Hansen M., Kjaer M. Influence of sex and estrogen on musculoskeletal protein turnover at rest and after exercise. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2014; 42(4): 183-192. DOI: 10.1249/JES.0000000000000026.
17. Sewright K.A., Hubal M.J., Kearns A., Holbrook M.T., Clarkson P.M. Sex differences in response to maximal eccentric exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2008; 40: 242-251. DOI: 10.1249/mss.0b013e31815aedda.
18. Chidi-Ogbolu N., Baar K. Effect of estrogen on musculoskeletal performance and injury risk. *Front Physiol*. 2019; 9: 1834. DOI: 10.3389/fphys.2018.01834.
19. Häggglund M., Waldén M. Risk factors for acute knee injury in female youth football. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2016; 24(3): 737-46. DOI: 10.1007/s00167-015-3922-z.
20. Hewett T.E., Zazulak B.T., Myer G.D. Effects of the menstrual cycle on anterior cruciate ligament injury risk: a systematic review. *Am. J. Sports Med.* 2007; 35(4): 659-68. DOI: 10.1177/0363546506295699.
21. Lago-Fuentes C., Padrón-Cabo A., Fernández-Villarino M. Mecías-Calvo M., Muñoz-Pérez I., García-Pinillos F. et al. Follicular phase of menstrual cycle is related to higher tendency to suffer from severe injuries among elite female futsal players. *Phys. Ther. Sport*. 2021; 52: 90-6. DOI: 10.1016/j.ptsp.2021.08.008.
22. Okazaki M., Kaneko M., Ishida Y., Murase N., Katsumura T. Changes in the width of the tibiofibular syndesmosis related to lower extremity joint dynamics and neuromuscular coordination on drop landing during the menstrual cycle. *Orthopaedic journal of sports medicine*. 2017; 5(9): 2325967117724753. DOI: 10.1177/2325967117724753.
23. Abt J.P., Sell T.C., Laudner K.G. McCrory J.L., Loucks T.L., Berga S.L. Neuromuscular and biomechanical characteristics do not vary across the menstrual cycle. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2007; 15(7): 901-7. DOI: 10.1007/s00167-007-0302-3.
24. Chen D.L., Beran M.C., Duncan M., Young J.A., Napolitano J.T., MacDonald J. Achilles tendon injuries requiring surgical treatment in the pediatric and adolescent population: a case series. *Curr. Sports Med. Rep.* 2022; 21(12): 431-5. DOI: 10.1249/JSR.0000000000001015.
25. Tenforde A.S., Sayres L.C., McCurdy M.L., Collado H., Sainani K.L., Fredericson M. Overuse injuries in high school runners: lifetime prevalence and prevention strategies. *PMR*. 2011; 3(2): 125-31. DOI: 10.1016/j.pmrj.2010.09.009.
26. Ashebo L., Stevens A.C., MacAlpine E.M., Wittstein J.R., Bradley K.E., Lawrence J.T.R. Achilles tendon injuries in the pediatric population. *J. Pediatr. Orthop.* 2023; 43(7): e513-e518. DOI: 10.1097/BPO.0000000000002437.
27. Chalatzoglidis G., Arabatzi F., Christou E.A. Motor control and achilles tendon adaptation in adolescence: effects of sport participation and maturity. *J. Hum. Kinet.* 2021; 76: 101-16. DOI: 10.2478/hukin-2021-0003.
28. Bryant A.L., Clark R.A., Bartold S., Murphy A., Bennell K.L., Hohmann E. et al. Effects of estrogen on the mechanical behavior of the human achilles tendon in vivo. *J. Appl. Physiol.* 2008; 105: 1035-43. DOI: 10.1152/jappphysiol.01281.2007.
29. Hagen M., Pandya N.K. Achilles tendon ruptures in young female basketball players: a case series. *J. Am. Acad. Orthop. Surg. Glob. Res. Rev.* 2019; 3(6): e016. DOI: 10.5435/JAAOSGlobal-D-19-00016.
30. De Souza M.J., Williams N.I. Physiological aspects and clinical sequelae of energy deficiency and hypoestrogenism in exercising women. *Hum. Reprod. Update*. 2004; 10(5): 433-48. DOI: 10.1093/humupd/dmh033.
31. Aksenova N.V., Mangushev T.A., Okorokov P.L., Babaeva E.V., Zyabkin I.V. Effect of testosterone in young ice hockey players on hematological, biochemical parameters and the level of physical performance. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika*. 2023; 13(1): 80-7. DOI: 10.47529/22232524.2023.1.8. (in Russian)
32. Sayfitova A.T., Vy'sotin S.A. The negative sides of physical education in children and adolescents. *Mezhdunarodnyi studencheskiy nauchnyi vestnik*. 2018; 1: 30. (in Russian)
33. Badtieva V.A., Pavlov V.I., Sharykin A.S., Khokhlova M.N., Pachina A.V., Vybornov V.D. An overtraining syndrome as functional cardiovascular disorder due to physical overload. *Rossiyskiy kardiologicheskii zhurnal*. 2018; (6): 180-90. DOI: 10.15829/1560-4071-2018-6-180-190. (in Russian)
34. Cselkó A., Szabó E.I., Váczai M., Kőszegi T., Tékus E. et al. Relationship between anthropometric, physical and hormonal parameters among pre-pubertal handball players. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021; 18(19): 9977. DOI: 10.3390/ijerph18199977.
35. Kapczuk K. Elite athletes and pubertal delay. *Minerva Pediatr.* 2017 Oct; 69(5):415-26. DOI: 10.23736/S0026-4946.17.05044-7.
36. Malina R.M., Rogol A.D., Cumming S.P., Coelho e Silva M.J., Figueiredo A.J. Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *Br. J. Sports Med.* 2015; 49(13): 852-9. DOI: 10.1136/bjsports-2015-094623.
37. Wojtyś E.M., Jannausch M.L., Kreinbrink J.L., Harlow S.D., Sowers M.R. Athletic activity and hormone concentrations in high school female athletes. *J. Athl. Train.* 2015; 50(2): 185-92. DOI: 10.4085/1062-6050-49.3.62.
38. Hirschberg A.L. Female hyperandrogenism and elite sport. *Endocr. Connect.* 2020; 9(4): R81-R92. DOI: 10.1530/EC-19-0537.
39. Ravi S., Waller B., Valtonen M., Villberg J., Vasankari T., Parkkari J. et al. Menstrual dysfunction and body weight dissatisfaction among Finnish young athletes and non-athletes. *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 2021; 31(2): 405-17. DOI: 10.1111/sms.13838.
40. Beals K.A. Eating behaviors, nutritional status, and menstrual function in elite female adolescent volleyball players. *J. Am. Diet. Assoc.* 2002; 102(9): 1293-6. DOI: 10.1016/s0002-8223(02)90285-3.
41. Nichols J.F., Rauh M.J., Barrack M.T., Barkai H.S., Pernick Y. Disordered eating and menstrual irregularity in high school athletes in lean-build and nonlean-build sports. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2007; 17(4): 364-77. DOI: 10.1123/ijns.17.4.364.
42. De Souza M.J., Strock N.C.A., Ricker E.A., Koltun K.J., Barrack M., Joy E. et al. The path towards progress: a critical review to advance the science of the female and male athlete triad and relative energy deficiency in sport. *Sports Med.* 2022; 52(1): 13-23. DOI: 10.1007/

- s40279-021-01568-w.
43. Warren M.P., Chua A.T. Exercise-induced amenorrhea and bone health in the adolescent athlete. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 2008; 1135: 244-52. DOI: 10.1196/annals.1429.025.
 44. Maya J., Misra M. The female athlete triad: review of current literature. *Cur.r Opin. Endocrinol. Diabetes Obes.* 2022; 29(1): 44-51. DOI: 10.1097/MED.0000000000000690.
 45. Bezuglov E.N., Lazarev A.M., Khaitin V.Yu., Barskova E.M., Koloda Yu.A. The impact of professional sports on menstrual function. *Problemy reproduktiv. 2020; 26(4): 37-47.* DOI: 10.17116/repro20202604137. (in Russian)
 46. Grishina Zh.V., Klyuchnikov S.O., Yashin T.A., Makarova G.A., Lomazova E.V. et al. Reference intervals for blood parameters in young athletes. *Voprosy prakticheskoy pediatrii.* 2022; 17(1): 71-8. DOI: 10.20953/1817-7646-2022-1-71-78. (in Russian)
 47. Rechkalov A.V., Pshenichnikova O.L. *Sports endocrinology.* Kurgan: KGU; 2007. (in Russian)
 48. Crewther B., Keogh J., Cronin J., Cook C. Possible stimuli for strength and power adaptation: acute hormonal responses. *Sports Med.* 2006; 36(3): 215-238. DOI: 10.2165/00007256-200636030-00004.
 49. Tsai C.-L., Wang C.-H., Pan C.-Y., Chen F.C., Huang T.H., Chou F.Y. Executive function and endocrinological responses to acute resistance exercise. *Front. Behav. Neurosci.* 2014; 8: 262. DOI: 10.3389/fnbeh.2014.00262.
 50. Samikulin P.N., Gryaznykh A.V. Changes of cortisol values in young men with different levels of physical fitness during recovery after sub-maximal muscular load. *Chelovek. Sport. Meditsina.* 2017; 17(1): 5-13. DOI: 10.14529/hsm170101. (in Russian)
 51. Tsai L., Pousette A., Johansson C., Carlström K. Effect of cortisol on the secretion of testosterone and estradiol-17 beta by human granulosa-luteal cell cultures. A model system for analyzing hormonal alterations in female athletes. *Acta Obstet. Gynecol. Scand.* 1992; 71(7): 502-5. DOI: 10.3109/00016349209041440.
 52. Mamiev N.D., Vasilenko V.S., Karpovskaya E.B., Semenova Yu.B., Kanavec N.S., Zaripov B.I. et al. Rationale for use of whole-body cryotherapy and low body negative pressure device for prevention of overtraining syndrome. *Universitetskiy terapevticheskiy zhurnal (St. Petersburg).* 2023; 5(4): 137-55. DOI: 10.56871/UTJ.2023.13.58.013_(in Russian)
 53. Mangine G.T., Van Dusseldorp T.A., Feito Y., Holmes A.J., Serafini P.R., Box A.G. et al. Testosterone and cortisol responses to five high-intensity functional training competition workouts in recreationally active adults. *Sports (Basel).* 2018; 6(3): 62. DOI: 10.3390/sports6030062.
 54. Nobari H., Mainer-Pardos E., Adsuar J.C., Franco-García J.M., Rojo-Ramos J., Cossio-Bolaños M.A. et al. Association between endocrine markers, accumulated workload, and fitness parameters during a season in elite young soccer players. *Front. Psychol.* 2021; 12: 702454. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.702454.
 55. Vasil'kov A.A. The effect of different dosages of physical activity on growth hormones of schoolchildren and students of special medical groups. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Obrazovanie, zdravookhranenie, fizicheskaya kul'tura.* 2005; 4(2): 203-5. (in Russian)
 56. Latour E., Arlet J., Latour E., Latour M., Basta P., Skarpańska-Stejnborn A. Stressor-induced temporal cortisol deficiency as a primary trigger for adaptation to stress. *Int. J. Environ Res. Public Health.* 2022; 19(9): 5633. DOI: 10.3390/ijerph19095633.
 57. Cadegiani F.A., Kater C.E. Basal hormones and biochemical markers as predictors of overtraining syndrome in male athletes: the EROS-BASAL study. *J. Athl. Train.* 2019; 54(8): 906-14. DOI: 10.4085/1062-6050-148-18.
 58. Nemet D., Oh Y., Kim H.S., Hill M., Cooper D.M. Effect of intense exercise on inflammatory cytokines and growth mediators in adolescent boys. *Pediatrics.* 2002; 110(4): 681-9. DOI: 10.1542/peds.110.4.681.
 59. Smith L.L. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? *Med. Sci. Sports Exerc.* 2000; 32(2): 317-31. DOI: 10.1097/00005768-200002000-00011.
 60. Nemet D., Rose-Gottron C.M., Mills P.J., Cooper D.M. Effect of water polo practice on cytokines, growth mediators, and leukocytes in girls. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2003; 35(2): 356-63. DOI: 10.1249/01.MSS.0000048722.84182.E3.