

# ФІЗИЧНЕ ВИХОВАННЯ І СПОРТ

## МЕДИКО-БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПІДГОТОВКИ СПОРТСМЕНІВ

DOI: 10.26693/jmbs03.02.257

УДК 577.175.62:796.071-615.357:61

Гунина Л. М.<sup>1,2</sup>, Дмитриев А. В.<sup>3</sup>, Чернозуб А. А.<sup>4</sup>,  
Головащенко Р. В.<sup>5</sup>, Данильченко С. И.<sup>4</sup>

### СИСТЕМАТИЗАЦИЯ И ПОБОЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ АНАБОЛИЧЕСКИХ АГЕНТОВ В СПОРТЕ ВЫСШИХ ДОСТИЖЕНИЙ

<sup>1</sup>Сумский государственный педагогический университет им. А. С. Макаренко, Сумы, Украина

<sup>2</sup>Национальный антидопинговый центр, Киев, Украина

<sup>3</sup>Ассоциация парентерального и энтерального питания, Клиника Российской академии наук,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация

<sup>4</sup>Черноморский национальный университет имени Петра Могилы, Николаев, Украина

<sup>5</sup>Научно-учебный институт специальной физической и боевой подготовки и реабилитации  
Национального университета государственной фискальной службы Украины, Ирпень, Украина

gunina.sport@gmail.com

В обзорной статье освещены причины применения в олимпийском спорте и приведены систематизированные сведения современной литературы относительно классификации анаболических средств в соответствии с Запрещенным списком WADA, а также структуры веществ, обладающих при интенсивных физических нагрузках анаболическим действием на организм, в том числе, тех, что недавно отнесены к запрещенным для применения в спорте.

Особое внимание уделено перечню побочных явлений, возникающих у спортсменов при систематическом длительном и даже кратковременном применении анаболических средств, сделан акцент на полной недопустимости использования анаболических агентов юными спортсменами, в первую очередь, для сохранения их здоровья и жизни.

**Ключевые слова:** спорт, допинг, Запрещенный список WADA, анаболические агенты, андрогенные анаболические стероиды, здоровье спортсмена.

**Связь с научными программами, планами и темами.** Работа выполнена в рамках НИР

«Технология стимуляции физической работоспособности и профилактики перенапряжения сердечно-сосудистой системы спортсменов с помощью нетоксичных эргогенных средств» (№ гос. регистрации 0116U002572) и НИР «Адаптационные реакции организма на действие эндогенных и экзогенных факторов среды» (№ гос. регистрации 0116U008030).

**Введение.** Общеизвестно, что за последние два десятилетия лет тренировочные и соревновательные нагрузки существенно возросли, а представители многих видов спорта вплотную подошли к пределу физиологических возможностей человеческого организма [15]. Объем и интенсивность физических и психоэмоциональных нагрузок, которые испытывают спортсмены в условиях профессионализации и коммерциализации современного спорта, особенно спорта высших достижений, настолько высоки, что попытки вообще отказаться от использования фармакологических средств являются полностью необоснованными [20]. Это диктует необходимость применения разрешенных фармакологических средств эргогенной направленности, но, к сожалению, в значительном ряде случаев процесс подготовки высококвалифицированных

спортсменов не обходится без применения субстанций, запрещенных требованиями WADA, и, в первую очередь, анаболических средств, которые чрезвычайно часто используются спортсменами для быстрого роста соревновательного результата. Вопрос возникновения побочных эффектов, как непосредственных, так и отдаленных, вследствие применения анаболических агентов остается по-прежнему крайне недостаточно освещенным в современной научно-популярной и даже специальной литературе.

Анаболические средства – это вещества, действие которых направлено на усиление анаболических (синтетических) процессов в организме, т.е. вещества, ускоряющие образование и обновление структурных частей клеток, тканей и мышечных структур [6]. Употребление анаболиков, в первую очередь, андрогенных анаболических стероидов (AAC, AAS), постепенно распространялось среди спортсменов, в том числе, представителей олимпийских видов спорта, в течение 70–80-х годов минувшего столетия. Потому в ноябре 1990 года американским законодательством все анаболические стероиды были отнесены к классу контролируемых опасных препаратов (CDS) [8]. К сожалению, и на сегодня распространенность использования запрещенных веществ анаболического характера остается высокой, надежные высокоточные методы для обнаружения многих из них отсутствуют, а спортсмены, не зная подводных камней приема анаболических агентов, массово продолжают их использовать, что может стать причиной как ближайших, так и отдаленных негативных последствий для здоровья и качества жизни [7].

В связи с вышеизложенным **целью** данного обзора научно-методической литературы стало формирование представлений об анаболиках как о запрещенных средствах, механизме их биологического действия и побочных эффектах, развивающихся при их применении и оказывающих негативное влияние на здоровье спортсменов.

**Методы исследования:** анализ и систематизация данных современной научно-методической литературы и сети Internet по изучаемой проблеме.

**Структура и механизм действия анаболических стероидов.** Среди всех субстанций в Запрещенном списке WADA первую позицию традиционно занимают анаболики. В Списке 2018 (<https://www.wada-ama.org/wada-publishes-2018-list-of-pdf> [https://www.google.com.ua/search?source=hp&ei=fUJCWPqOGOLX6ATOnZ7gDw&q=prohibited+list+2018&oq=prohibited+list+2018&gs\\_l=psy-ab.12...0.0.1.635.0.0.0.0.0.0.0.0...0...1c.64.psy-ab..0.0.0...0.djAN3vkt9bg](https://www.google.com.ua/search?source=hp&ei=fUJCWPqOGOLX6ATOnZ7gDw&q=prohibited+list+2018&oq=prohibited+list+2018&gs_l=psy-ab.12...0.0.1.635.0.0.0.0.0.0.0.0...0...1c.64.psy-ab..0.0.0...0.djAN3vkt9bg)) это Класс S1. «Анаболические агенты», к которому принадлежат три группы запрещенных

субстанций: собственно AAS, эндогенные анаболические стероиды при введении извне и «другие анаболические агенты». Несмотря на строжайшие запреты Международного олимпийского комитета и Всемирного антидопингового агентства, высококвалифицированные спортсмены в стремлении победить, к сожалению, достаточно часто используют анаболические стероиды в практике подготовки, делая выбор между здоровьем и олимпийским золотом в пользу последнего [10].

Все анаболические стероиды (AC, AS) имеют в своей основе тетрациклический углеводород, имеющий метальный радикал  $-CH_3$  в положении 13, иногда в положении 1, 7 или 10. Важное значение имеет наличие в молекуле запрещенной субстанции радикалов разной длины в положении 17, что в значительной степени определяет продолжительность действия того или иного анаболического стероида. Все известные на сегодня анаболические стероиды являются аналогами трех производных молекулы тестостерона, основного мужского полового гормона, и обладают различным спектром побочных явлений эффекты. Стероиды, принятые спортсменом *per os*, можно обнаружить в моче через несколько недель после прекращения употребления; метаболиты же инъекционных форм стероидов циркулируют в организме намного дольше [31].

Достаточно распространенное на сегодня создание анаболиков с запрограммированными свойствами, т.н. «дизайнерских» стероидов, как, например, тетрагидрогестринона, приводит к возникновению не только высокоактивных, но и сверхтоксичных для организма веществ, которые, к тому же, достаточно сложно идентифицируются при допинг-контроле [21]. Прямая зависимость между длиной радикала и длительностью действия объясняется тем, что при его удлинении повышается растворимость в липидах и интенсивность образования депо стероидов в подкожно-жировой клетчатке. Именно наличие метильного радикала  $-CH_3$  в положении 17 придает анаболическим стероидам гепатотоксические свойства [3].

При применении AC резко усиливается способность к усвоению белка организмом, потребность в белке может возрастать до 300 г в сутки, т.е. более чем втрое. И соответственно уменьшается доля жиров и углеводов, что нарушает правильное течение метаболических процессов [9]. Увеличение дозы анаболических стероидов выше терапевтической дает лишь небольшое усиление анаболического действия, в то время как клинические проявления побочных эффектов резко возрастают [11].

Влияние анаболических стероидов на белковый обмен связано, прежде всего, с воздействием

на генетический аппарат клетки. Анаболические стероиды проникают туда через клеточные мембраны, непосредственно достигают ядра и блокируют ген-депрессор синтеза белка. В результате происходит усиление синтеза белка в клетке: усиливается как синтез матричных белков, так и синтез РНК и ДНК [16, 19]. Кроме того, повышается проницаемость клеточных мембран для аминокислот, микроэлементов и углеводов; повышается скорость синтеза гликогена. В результате применения АС происходит усиление активности пентозофосфатного цикла, где происходит синтез частей белковых молекул из углеводов. Анаболические стероиды улучшают углеводный обмен, усиливая действие инсулина и снижая содержание глюкозы в крови, но при этом замедляя течение восстановительных процессов [10, 20], поскольку одновременно снижается интенсивность ресинтеза гликогена. Кроме того, АС способны потенцировать действие эндогенного соматотропина (гормона роста), что еще более усиливает анаболический эффект.

Все исследователи отмечают усиление синтеза белка в печени в результате применения АС, однако, у 5 % наблюдаемых пациентов, лечущихся с помощью этих препаратов, как результат холестатического гепатита развивается желтуха, которая исчезает после отмены стероидных гормонов. Практические врачи почти в 70 % случаев применения АС отмечают появление болей в области печени, обусловленных застоем желчи в желчных ходах [24]. При использовании запрещенных анаболиков наблюдаемый прирост массы тела достигается не только за счет мышечной ткани, но и за счет увеличения массы внутренних органов – печени, сердца, почек и др. [14, 15], что, хотя и выраженное в меньшей степени, чем рост мышечной массы, оказывает негативное действие на состояние здоровья.

**Классификация анаболических андрогенных стероидов.** Анаболические андрогенные стероиды подразделяются на *эндогенные*, изначально свойственные организму, но введенные в организм извне, т.е. экзогенным путем, и *экзогенные*, не свойственные организму изначально. Деление это достаточно умозрительно, и ААС за 25 лет даже такому общепризнанному в мире специалисту в этой области, как профессор Чарльз Кочакян, пионеру создания синтетических стероидов, так и не удалось их четко разделить на экзо- и эндогенные [13], и вот почему. Термин «анаболические стероиды» обычно используется для обозначения синтетических андрогенных стероидов, отличных от производных тестостерона, однако оба эти названия используются поочередно. Известно, что

основной мужской половой гормон тестостерон и его аналоги обладают анаболической активностью. Анаболическая активность того или иного препарата определяется по отношению к анаболической активности тестостерона, которая принимается за единицу. Аналогичным образом выражается андрогенная активность по отношению к андрогенной активности тестостерона, а отношение анаболической активности к андрогенной называется анаболическим индексом [13, 15].

Использованию этих соединений в качестве медикаментозных анаболических средств препятствует, однако, их выраженное андрогенное действие. В связи с этим были синтезированы новые стероидные соединения, близкие по структуре к андрогенам, но обладающие избирательной анаболической активностью при одновременном маловыраженном андрогенном действии. Эти соединения и получили название анаболических стероидов. В общепризнанном научном обзоре, выпущенном под авторством доктора С. R. Braun из Колумбийской больницы Университета штата Огайо (США), проведено обсуждение наличия огромного числа эффектов натуральных стероидов – анаболических, необходимых для построения тканей, и андрогенных, ведущих к маскулинизации [2], что подтверждается существующими данными и других американских авторов [27].

Стоит отметить, что учёные прилагали огромные усилия для получения чисто анаболического препарата, не обладающего побочным влиянием андрогенов. В молекулы стероидов вносились самые разнообразные изменения, что привело к созданию ряда новых ААС. Появлялись вещества, у которых и андрогенная, и анаболическая активность были либо повышены, либо понижены. Некоторые стероиды получили такие структурные изменения, которые привели, напротив, к еще более высокой андрогенности и заниженной анаболической активности [23]. Тем не менее, создать «чистый анаболик», в котором анаболические и андрогенные свойства были бы полностью разобщены, пока не удалось [10].

Основной представитель ААС – мужской половой гормон тестостерон, который оказывает непосредственное влияние на большинство тканей, действуя через специфический рецептор андрогенов. В мышечных клетках тестостерон, по видимому, действует непосредственно на рецепторы андрогенов, плотность которых здесь намного ниже по сравнению с другими, более чувствительными к андрогенам тканями. Большинство современных анаболических препаратов обладает в несколько раз большим анаболическим эффектом, чем сам тестостерон [17]. Соответственно, все эти

препараты в большей степени дают побочные эффекты, характерные для тестостерона: задержку натрия, калия, сульфатов, фосфатов и воды, увеличение роста скелетных мышц в ответ на физическую нагрузку, повышение агрессивности и либидо и др. [12].

Синтетические производные тестостерона при попадании в организм воздействуют на гипоталамус и гипофиз, угнетая выделение ими гормонов, а также вызывая прекращение выработки тестостерона яичками, что влияет на выработку спермы, разрушая, таким образом, естественную замкнутую систему внутреннего регулирования [26]. После прекращения использования синтетических стероидных препаратов, даже при терапевтическом использовании, естественные функции организма могут не восстановиться [28], особенно при применении больших дозировок анаболических стероидов, обычно применяемых спортсменами [10].

**Побочные эффекты анаболических стероидов.** Механизм влияния на организм АС многогранен, а спектр побочных эффектов при длительном и даже краткосрочном их применении чрезвычайно широк (табл.). Так, показано, что прием анаболических стероидов может способствовать нарушениям функции щитовидной железы, деятельности желудочно-кишечного тракта вплоть до развития

кровотечений [34]. Употребление АС обязательно сопровождаются снижением половой активности и нарастающими изменениями в психике – с непредсказуемыми колебаниями настроения, повышенной возбудимостью, раздражительностью, появлением агрессивности или развитием депрессии [1].

Выраженные сдвиги в характере и поведении нередко приводят к серьезным последствиям: разрыву с друзьями, распаду семьи, возникновению предпосылок для совершения негативных и даже опасных в социальном плане действий («стероидная ярость»). По некоторым наблюдениям, полное прекращение приема АС часто сопровождается депрессией, что рассматривается как проявление психической зависимости от анаболиков, аналогичной зависимости от наркотических средств [17].

Анаболические стероиды вызывают нарушение углеводного и жирового обмена, повышая резистентность к инсулину и снижая устойчивость к глюкозе, что сопровождается падением ее уровня в крови, иногда носящем критический характер. При использовании таблетированных форм АС увеличивается секреция инсулина, и это способствует возникновению сахарного диабета II типа [28]. Кроме того, возможно развитие и/или быстрое прогрессирование атеросклероза и других заболеваний сердечно-сосудистой системы [32].

**Таблица – Механизм действия, эффективность и побочные действия анаболических стероидов (цит. по 10)**

Характеристика	Механизм действия	Результат влияния	Побочные действия
Группа различных по структуре и происхождению средств, способных усиливать процессы синтеза белка и других веществ в организме. Анаболические стероиды – это синтетические производные тестостерона со сниженной андрогенной активностью и сохраненной анаболической. Помимо собственно анаболических стероидов, к этому классу относят и «другие анаболические агенты» (зеранол, зилпатерол, кленбутерол), селективные модуляторы андрогенных рецепторов (андарин и остарин), которые были синтезированы недавно, их негативное влияние и отдаленные побочные эффекты очень мало изучены.	Наиболее характерным свойством анаболических стероидов является их способность усиливать синтез нуклеиновых кислот и белка, а также структурных элементов клеток организма; стимуляция всасывания аминокислот в тонком кишечнике. Активизируют выработку инсулиноподобного фактора роста 1 и эритропоэтина, а также анаболические процессы в костном мозге (антианемическое действие). Приводят к повышению аппетита и увеличению массы тела. Положительно воздействуют на азотистый обмен; тормозят выведение необходимых для синтеза белков калия, серы и фосфора; способствуют фиксации кальция в костях.	Активизация процессов репарации в костной и мышечной тканях. Рост силовых показателей, увеличение объема мышц, уменьшение содержания жира в организме, стимуляция дыхания, повышение выносливости, увеличение капилляризации мускулатуры. Повышение работоспособности, интенсификация восстановительных реакций и процессов регенерации после травм	Синтетические производные тестостерона при попадании в организм воздействуют на гипоталамус и гипофиз, угнетая выделение ими гормонов, а также вызывая прекращение выработки тестостерона яичками. Приводят к повреждению связок (разрыв ахиллова сухожилия); скоплению жидкости в тканях, нарушениям функции сердечно-сосудистой системы, поражению печени, психическим нарушениям, вирилизации (у женщин), развитию гинекомастии, уменьшению объема яичка и количества спермы, бесплодию (у мужчин), преждевременному прекращению роста у детей и юношей, проявляющемуся остановкой роста эпифизарной хрящевой ткани в длинных трубчатых костях; развитию злокачественных опухолей. После прекращения использования синтетических стероидных препаратов естественные функции организма могут не восстановиться

Прием АС способствует интенсивному росту мышечной массы, значительно опережающему рост и развитие соответствующих сухожилий, связок и других соединительных тканей. Это приводит к разрывам связок при тяжелых физических нагрузках, возникновению воспалительных заболеваний и суставной сумки, развитию дегенерации сухожилий. Понижение вязкости мышечной ткани, вследствие задержки воды и натрия, вызывает уменьшение эластичности мышц (субъективно оцениваемое как «крепатура» или «забитость»), приводит к невозможности развивать полноценные мышечные усилия. Все это вызывает предрасположенность к травмам мышечного и связочного аппарата во время тренировок и соревнований [5].

Известно также, что применение ААС может приводить к развитию у спортсменов новообразований – рака печени (гепатоцеллюлярной карциномы) и мужской гинекомастии [22, 29]. Менее значимыми для прогноза и качества жизни негативными эффектами стероидов являются такие, как вирилизация (гирсутизм у женщин), возникновение акне, задержка жидкости в тканях [11]. Женщинам дополнительно нужно помнить о потенциальных вирилирующих эффектах ААС (огрубление голоса, нерегулярные месячные, изменение в структуре кожи, гипертрихоз и увеличение наружных половых органов). Однако до настоящего момента побочные эффекты всех многочисленных, известных на сегодня, ААС окончательно не изучены [25, 31].

У подростков прием анаболических стероидов может вызвать необратимые изменения: прекращение роста длинных костей (закрытие зон роста) с последующим развитием низкорослости, преждевременное половое созревание, явления вирилизации и гинекомастии [11], что указывает на полную недопустимость использования стероидов юными атлетами.

Помимо собственно ААС, к классу S1 запрещенных анаболических агентов принадлежат также «другие анаболические агенты»: зеранол, зилпатерол, кленбутерол, а также селективные модуляторы андрогенных рецепторов [4]; к последним, в частности, принадлежат андарин и остарин, синтезированные совсем недавно и недостаточно изученные в аспекте их немедленного и отдаленного негативного влияния на организм [30], а также тиболон [18]. К слову сказать, что тиболон, преимущественно использующийся в лечении постменопаузальных симптомов у женщин, с успехом может быть заменен нетоксическим препаратом растительного происхождения (на основе экстракта *Actaea racemosa* – клопогона ветвистого, более известного под названием цимицифуга), поскольку воздействие активных компонентов последнего

вполне сравнимо по направленности и эффективности с химической субстанцией тиболона [24].

Наиболее распространенным представителем группы «других анаболических агентов» в спорте является кленбутерол. Это вещество не относится к собственно стероидным гормонам, но по механизмам влияния на организм его можно сравнить со стероидами. В первую очередь, кленбутерол обладает сильным антикатаболическим действием, т.е. он снижает процент разрушающегося в мышечных клетках протеина и способствует увеличению количества и объема мышечных клеток. Кленбутеролу свойственен ряд побочных явлений, начиная от возникновения дрожи, потливости, бессонницы, чувства беспокойства и оканчивая возникновением тахикардии и судорогами, что обосновывает его запрет для несанкционированного применения в спорте по критерию «вред/польза» [31].

Что касается андарина, впервые появившемся в Запрещенном списке WADA в 2015 году, то это разработанный компанией GTX.Inc препарат для лечения таких заболеваний как мышечная атрофия, остеопороз и доброкачественная гипертрофия предстательной железы. Андарин предотвращает возникновение побочных эффектов антиандрогеновых препаратов и препятствует развитию гиперплазии простаты. Данное свойство локальной блокировки связи дегидротестостерона с рецепторами лишает андарин таких негативных побочных эффектов как преждевременное выпадение волос или увеличение размеров простаты, которые так свойственны другим анаболическим препаратам стероидной природы [33].

Новым представителем этой группы класса ААС является остарин (Enobosarm, GTX-024, MK-2866). Это активное вещество, пока проходящее клинические испытания, относится к классу селективных модуляторов андрогеновых рецепторов [30]. Остарин совместно разрабатывался фармакологическими гигантами Merck&Company и GTX Inc., как и андарин, для лечения мышечной атрофии и остеопороза, и в ходе клинических испытаний было установлено, что уровень тестостерона у мужчин не только не повышается, а, напротив, снижается. Кроме того, в ходе исследований было показано уменьшение уровня липопротеидов высокой плотности при неизменном уровне липопротеидов низкой плотности, что свидетельствует о росте риска развития патологии сердечно-сосудистой системы. Также отмечается повышение уровня маркерных ферментов печени, что может говорить о нарушении ее функции.

**Заключение.** Таким образом, в современной научной литературе имеются многочисленные данные о том, что, несмотря на выраженный рост спортивных результатов при использовании анаболических агентов, вред, наносимый ими

організму спортсмена в краткосрочній і, особливо, довгосрочній перспективі, незвичайно висок. Широчайший спектр побічного діяння цих фармакологічних субстанцій не витримує аналізу по співвідношенню «вред/польза» як найважливішому критерію включення їх в Заборонений список WADA. Іменно побічні явища, розвиваються при прийомі анаболічних агентів повинні стати об'єктом пристального уваги з боку спортивної і спортивно-медичної громадськості по недопущенню використання стероїдів спортсменами і, особливо, юними, в зв'язі з загрозою погіршення якості життя і ризику фатальних ісходів. С цієї точки зору для координації на міжнародному рівні стратегії боротьби з допінгом в спорті в останні роки був реалізований ряд нових ініціатив, в тому числі,

розробка нових аналітичних методів дослідження стероїдного профілю спортсменів.

Слід пам'ятати, що правильний образ життя, грамотне використання тренувальних і дозволених внутренірувальних ергогенних засобів, сбалансоване раціональне харчування, адекватне інтенсивності навантажень, специфіка виду спорту і періоду підготовки використання засобів відновлення допоможе спортсменам досягти успіху чесним шляхом без використання анаболічних стероїдів.

**Перспективи дальніших досліджень** лежать в углибленні знань відносно виникнення побічних ефектів АС і поширення цієї інформації в сферах підготовки спортсменів, спортивної медицини і спортивної фармакології.

## References

- Ahrens BD, Starcevic B, Butch AW. Detection of prohibited substances by liquid chromatography tandem mass spectrometry for sports doping control. *Methods Mol. Biol.* 2012; 902: 115-28. PMID: 22767112. doi:10.1007/978-1-61779-934-1\_10
- Braun CR. Promoting «low T»: a medical writer's perspective. *JAMA Intern Med.* 2013; 173 (15): 1458-60. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2013.6892>
- Busardò FP, Frati P, Sanzo MD, Napoletano S, Pinchi E, Zaami S, Fineschi V. The Impact of Nandrolone Decanoate on the Central Nervous System. *Curr Neuropharmacol.* 2015; 13 (1): 122-31. PMID: 26074747. PMCID: PMC4462037. doi: 10.2174/1570159X13666141210225822
- Dalton James T, Miller Duane D, Donghua Yin, Yali He. Selective androgen receptor modulators and methods of use thereof. *US Patent*, 2009; N 6569896.
- Draisci RC, Montesissa C, Santamaria B. Integrated analytical approach in veal calves administered the anabolic androgenic steroids boldenone and boldione: urine and plasma kinetic profile and changes in plasma protein expression. *Proteomics.* 2007; 7 (17): 3184-93. <https://doi.org/10.1002/pmic.200601039>
- Frati P, Busardò FP, Cipolloni L, Dominici ED, Fineschi V. Anabolic Androgenic Steroid (AAS) Related Deaths: Autoptic, Histopathological and Toxicological Findings. *Curr Neuropharmacol.* 2015; 13 (1): 146-59. PMID: 26074749. PMCID: PMC4462039. doi:10.2174/1570159X13666141210225414
- Geyer H, Schänzer W, Thevis M. Anabolic agents: recent strategies for their detection and protection from inadvertent doping. *Br J Sports Med.* 2014; 48 (10): 820-6. PMID: 24632537. PMCID: PMC4033149. doi:10.1136/bjsports-2014-093526
- Gosetti F, Mazzucco E, Gennaro MC, Marengo E. Ultra high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry determination and profiling of prohibited steroids in human biological matrices. A review. *J Chromatogr Analyt Technol Biomed Life Sci.* 2013; 927: 22-36. PMID: 23317577. doi:10.1016/j.jchromb.2012.12.003
- Grandys M, Majerczak J, Karasinski J, Kulpa J, Zoladz JA. Skeletal muscle myosin heavy chain isoform content in relation to gonadal hormones and anabolic-catabolic balance in trained and untrained men. *J Strength Cond Res.* 2012; 26 (12): 3262-69. PMID: 22990573. doi:10.1519/JSC.0b013e31827361d7
- Gunina Larisa. [Anabolic agents in sports: the mechanism of doping and side effects]. *Nauka v olimpiyskom sporte.* 2015; 4: 39-48.
- Hajmoradi B, Kazerani H. Echocardiographic findings in power athletes abusing anabolic androgenic steroids. *Asian J Sports Med.* 2013; 4 (1): 10-4. PMCID: PMC3685154
- Isidori AM, Giannetta E, Gianfrilli D, Greco EA, Bonifacio V, Aversa A, Isidori A, Fabbri A, Lenzi A. Effects of testosterone on sexual function in men: results of a meta-analysis. *Clin Endocrinol. (Oxf.).* 2005; 63 (4): 381-94. doi:10.1111/j.1365-2265.2005.02350.x
- Kochakian CD, Yesalis CE. Anabolic-androgenic steroids: a historical perspective and definition. In: *Anabolic steroids in Sport and Exercise.* 2 ed; Eds CE Yesalis. Human Kinetics, Champaign, 2008. p. 17-50.
- Luciano RL, Castano E, Moeckel G, Perazella MA. Bile acid nephropathy in a bodybuilder abusing an anabolic androgenic steroid. *Am J Kidney Dis.* 2014; 64 (3): 473-6. PMID: 24953892. doi:10.1053/j.ajkd.2014.05.010
- Maravelias C, Dona A, Stefanidou M, Spiliopoulou C. Adverse effects of anabolic steroids in athletes. A constant threat. *Toxicol Lett.* 2005; 158 (3): 167-75. PMID:16005168. doi:10.1016/j.toxlet.2005.06.005
- Marqueti RC, Heinemeier KM, Durigan JL, de Andrade Perez SE, Schjerling P, Kjaer M, Carvalho HF, Selistre-de-Araujo HS. Gene expression in distinct regions of rat tendons in response to jump training combined with anabolic

- androgenic steroid administration. *Eur J Appl Physiol.* 2012; 112 (4): 1505-15. PMID: 21842416. doi:10.1007/s00421-011-2114-x
17. Mhillaj E, Morgese G, Tucci P, Bove M, Schiavone S, Trabace L. Effects of anabolic-androgens on brain reward function. *Front Neurosci.* 2015; 9: 295. doi:10.3389/fnins.2015.00295
  18. Nanobashvili J, Prager M, Jozkowicz A, Neumayer C, Fügl A, Blumer R, Cabaj A, Wrba F, Polterauer P, Huk I. Positive effect of treatment with synthetic steroid hormone tibolon on intimal hyperplasia and restenosis after experimental endothelial injury of rabbit carotid artery. *Eur Surg Res.* 2004; 36 (2): 74-82. PMID: 15007259. DOI: 10.1159/000076646
  19. Pomara C, Neri M, Bello S, Fiore C, Riezzo I, Turillazzi E. Neurotoxicity by Synthetic Androgen Steroids: Oxidative Stress, Apoptosis, and Neuropathology: A Review. *Curr Neuropharmacol.* 2015; 13 (1): 132-45. PMID: 26074748. PMCID: PMC4462038. doi: 10.2174/1570159X13666141210221434
  20. Platonov VN, Oleynik SA, Gunina LM. *Doping in sports and the problems of pharmacological support for the training of athletes.* Moskva: Sovetskij sport, 2010. 306 c. [Russian]
  21. Rahnema CD, Crosnoe LE, Kim ED. Designer steroids – over-the-counter supplements and their androgenic component: review of an increasing problem. *Andrology.* 2015; 3 (2): 150-5. PMID: 25684733. doi:10.1111/andr.307
  22. Rahnema CD, Lipshultz LI, Crosnoe LE, Kovac JR, Kim, ED. Anabolic steroid-induced hypogonadism: diagnosis and treatment: A Review. *Fertil Steril.* 2014; 101 (5): 1271-9. PMID: 24636400. doi:10.1016/j.fertnstert.2014.02.002
  23. Robles-Diaz M, Gonzalez-Jimenez A, Medina-Caliz I, Stephens C, García-Cortes M, García-Muñoz B, Ortega-Alonso A, et al. Distinct phenotype of hepatotoxicity associated with illicit use of anabolic androgenic steroids. *Aliment Pharmacol Ther.* 2015; 41 (1): 116-25. PMID: 25394890. doi:10.1111/apt.13023.
  24. Ross SM. Efficacy of a standardized isopropanolic black cohosh (*Actaea racemosa*) extract in treatment of uterine fibroids in comparison with tibolone among patients with menopausal symptoms. *Holist Nurs Pract.* 2014; 28 (6): 386-91. PMID: 25314113. doi:10.1097/HNP.0000000000000055
  25. Savulescu J, Creaney L, Vondy A. Should athletes be allowed to use performance enhancing drugs? *Brit Med J.* 2013; 347: f6150. doi:10.1136/bmj.f6150
  26. Schwartz LM, Woloshin S. Promotion of «low T» and the role of testosterone clinical trials--reply. *JAMA Intern Med.* 2014; 174 (2): 306-7. PMID: 24493615. doi:10.1001/jamainternmed.2013.12733
  27. Shahidi NT. A review of the chemistry, biological action, and clinical applications of anabolic-androgenic steroids. *Clin Ther.* 2001; 23 (9): 1355-90. PMID: 11589254. https://doi.org/10.1016/S0149-2918(01)80114-4
  28. Srinath R, Dobs A. Enobosarm (GTx-024, S-22): a potential treatment for cachexia. *Future Oncol.* 2014; 10 (2): 187-94. PMID: 24490605. doi:10.2217/fon.13.273
  29. Teng Y, Radde BN, Litchfield LM, Ivanova MM, Prough RA, Clark BJ, Doll MA, Hein DW, Klinge CM. Dehydroepiandrosterone Activation of G-protein-coupled Estrogen Receptor Rapidly Stimulates MicroRNA-21 Transcription in Human Hepatocellular Carcinoma Cells. *J Biol Chem.* 2015; 290 (25): 15799-811. PMID: 25969534. PMCID: PMC4505488. doi:10.1074/jbc.M115.641167
  30. Thevis M, Geyer H, Kamber M, Schänzer W. Detection of the arylpropionamide-derived selective androgen receptor modulator (SARM) S-4 (Andarine) in a black-market product. *Drug Test Anal.* 2015; 1 (8): 387-92. PMID: 20355219. DOI: 10.1002/dta.91
  31. Thieme D, Hemmersbach P. *Doping in sports.* Heidelberg: Springer, 2010. 239 p. https://doi.org/10.1007/978-3-540-79088-4
  32. Thomas A, Geyer H, Schänzer W, Crone C, Kellmann M, Moehring T, Thevis M. Sensitive determination of prohibited drugs in dried blood spots (DBS) for doping controls by means of a benchtop quadrupole/Orbitrap mass spectrometer. *Anal Bioanal Chem.* 2012; 403 (5): 1279–89. PMID: 22231507. doi:10.1007/s00216-011-5655-2
  33. Van Wagoner RM, Eichner A, Bhasin S, Deuster PA, Eichner D. Chemical Composition and Labeling of Substances Marketed as Selective Androgen Receptor Modulators and Sold via the Internet. *JAMA.* 2017; 318 (20): 2004-10. doi:10.1001/jama.2017.17069

УДК 577.175.62:796.071-615.357:61

### СИСТЕМАТИЗАЦІЯ І ПОБІЧНІ ЕФЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ АНАБОЛІЧНИХ АГЕНТІВ В СПОРТІ ВИЩИХ ДОСЯГНЕНЬ

Гуніна Л. М., Дмитрієв О. В., Чернотуб А. А., Головащенко Р. В., Данильченко С. І.

**Резюме.** В оглядовій статті висвітлено причини застосування в олімпійському спорті анаболічних засобів, наведені систематизовані відомості сучасної літератури щодо їх класифікації відповідно до Забороненого списку WADA і структури речовин, що володіють при інтенсивних фізичних навантаженнях анаболічною дією на організм, в тому числі, нещодавно віднесених до заборонених для застосування в спорті. Особливу увагу приділено переліку побічних явищ, що виникають у спортсменів при систематичному і навіть короткочасному застосуванні анаболічних засобів, зроблений акцент на повну неприпустимість використання анаболічних агентів юними спортсменами з метою збереження здоров'я та їх життя.

**Ключові слова:** спорт, допінг, Заборонений список WADA, анаболічні агенти, андрогенні анаболічні стероїди, здоров'я спортсмена.

UDC 577.175.62:796.071-615.357:61

**Systematization and Side Effects of Anabolic Agents Application in Elite Sports**

*Gunina L. M., Dmitriev A. V., Chernozub A. A., Golovashchenko R. V., Danylchenko S. I.*

**Abstract.** In modern conditions in the international arena, with a noticeably increased competition between the leading sports states, the greatest success is achieved, as a rule, by representatives of the country where the latest achievements in science and technology are best used. The level of modern sports development and the overloads that athletes experience are so high that attempts to stop using drugs altogether reflect the views of not even yesterday, but the day before yesterday.

Over the past 15–20 years, the volume and intensity of training and competitive loads have increased by 2–3 times, and representatives of many sports have come close to the limit of the physiological capabilities of the human body. At the same time, the nutritional inferiority of athletes' rations, the need for restorative and preventive measures, the adaptation of the organism to intense physical and psycho-emotional loads, as well as frequent changes in the climatic zone, provides the need for using pharmacological drugs that promote work efficiency and accelerate the recovery processes after significant muscle loads. And in this regard, doping in general and anabolic steroids, in particular, find a very wide application, unfortunately.

Anabolic agents are substances whose action is aimed at enhancing anabolic (synthetic) processes in the body, i.e. substances that accelerate the formation and renewal of structural parts of cells, tissues and muscle structures. Representatives of non-Olympic sports and young people who do not sport professionally also use steroid doping. The prevalence of using banned substances and methods remains high, reliable high-precision methods for their detection are absent, and athletes, not knowing the pitfalls of taking anabolic agents, continue to use them massively, which can cause both immediate and remote negative health effects and quality of life. Therefore, each new attempt to explain possible harm to the health and life of the athlete is a step forward in the fight against doping.

This article presents a modern classification of anabolic agents and briefly describes the mechanism of their action. Here you can also find a detailed description of side effects after using these forbidden drugs, including those recently synthesized. The accent is made that the use of anabolics can not only lead to the athlete's deprivation of illegally obtained medals, but also cause immediate and delayed negative influences on the athlete's organism leading to a deterioration in social adaptation, loss of health, and, possibly, life itself.

**Keywords:** sports, doping, WADA prohibited list, anabolic agents, androgenic anabolic steroids, athlete's health.

Стаття надійшла 26.12.2017 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування