

5. Кудря, О. Н. Роль вегетативной регуляции в формировании механизмов долговременной адаптации к физическим нагрузкам / О. Н. Кудря // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2011. – № 2. – С. 17–24.

6. Кудря, О. Н. Вегетативное обеспечение сердечной деятельности у спортсменов с разным антропометрическим профилем / О. Н. Кудря // Бюллетень сибирской медицины. – 2016. – № 15(3). – С. 63–69.

7. Шишко, В. И. Вегетативная регуляция сердечной деятельности / В. И. Шишко // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2009. – № 3. – С. 6–8.

8. Логвин, В. П. Лабораторный практикум по учебной дисциплине «Физиология спорта» / В. П. Логвин, Т. В. Лойко, Н. В. Жилко; под общ. ред. В. И. Логвин. – 7-е изд. стер.; Белорус. гос. ун-т физ. культуры. – Минск: БГУФК, 2017. – 88 с.

9. Юшкевич, Т. П. Управление тренировочной нагрузкой юных спринтеров на основе показателей функционального контроля: метод. рекомендации / Т. П. Юшкевич, В. И. Приходько, Т. В. Лойко; Белорус. гос. ун-т физ. культуры. – Минск: БГУФК, 2011. – 26 с.

10. Соматическое здоровье и методы его оценки: учеб.-метод. пособие по дисциплине «Физическое воспитание» для студентов всех специальностей / сост. В. А. Пасичниченко, Д. Н. Давиденко. – Минск: БГТУ, 2006. – 44 с.

11. Гамза, Н. А. Функциональные пробы в спортивной медицине / Н. А. Гамза, Г. Р. Солянюк, Т. В. Жукова. – 2-е изд., испр.; Белорус. гос. ун-т физ. культуры. – Минск: БГУФК, 2011. – 57 с.

Поступила 10.05.2017

УДК 796.01:577.1+797.122

МОРОЗ Елена Александровна

Белорусский государственный университет физической культуры

ШКУМАТОВ Леонид Макарович, канд. биол. наук

Республиканский научно-практический центр спорта,

Минск, Республика Беларусь

ШАНТАРОВИЧ Владимир Владимирович, доцент,

Заслуженный тренер Республики Беларусь

Республиканский центр олимпийской подготовки по гребным видам спорта,

Заславль, Республика Беларусь

ЕМКОСТЬ АНАЭРОБНОГО ГЛИКОЛИЗА И ЕГО ВКЛАД В ЭНЕРГЕТИКУ УПРАЖНЕНИЙ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ ГРЕБЦАМИ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ НА БАЙДАРКАХ

В статье представлены данные двух тестов со ступенчато возрастающей мощностью работы на гребном тренажере-эргометре «Dansprint». Протестирован 21 высококвалифицированный гребец на байдарках. Данные регистрировались на заключительной ступени упражнений разной продолжительности. Показано, что абсолютные значения гликолиза (емкость) стабильны при проведении различных по времени и продолжительности дистанции тестов. В то же время вклад (относительные значения) гликолиза в энергетику упражнений снижается с увеличением пройденной дистанции.

Ключевые слова: лактат; гликолиз; гребля на байдарках; анаэробный механизм.

ANAEROBIC GLYCOLYSIS CAPACITY AND ITS CONTRIBUTION TO EXERCISES ENERGY PERFORMED BY HIGHLY QUALIFIED KAYAKERS

The article presents data of two tests with a stepwise increasing work power on the rowing ergometer “Dansprint”. 21 highly qualified kayakers have been tested. The data have been recorded at the final stage of exercises of varying duration. It is revealed that the absolute values of glycolysis (capacity) are stable when conducting tests of different duration and distance. At the same time, the contribution (relative values) of glycolysis to the energy of exercise decreases with increasing distance covered.

Keywords: lactate; glycolysis; kayaking; anaerobic mechanism.

Способность спортсмена выполнять физическую работу неразрывно связана с метаболическими механизмами ресинтеза АТФ [1]. У гребцов на байдарках

специальная выносливость является одним из важнейших компонентов в структуре спортивного мастерства. Причем это качество базируется на развитии

мощности и емкости метаболических (аэробных и анаэробных) процессов образования, депонирования и утилизации энергии в виде АТФ [2]. Ресинтез АТФ при очень интенсивных физических нагрузках происходит, главным образом, за счет расщепления КФ и гликолиза – так называемых анаэробных механизмов. При меньших нагрузках – за счет реакций окисления субстратов в аэробных условиях [3]. Активацию анаэробного источника энергии (гликолиза) можно определить, используя данные кинетики лактата в крови, которые позволяют рассчитать вклад гликолитического механизма в общую энергетику упражнения [4]. Так как емкость креатинфосфатного механизма оценивается в 10 % от гликолитического, а вклад гликолитического механизма на 1000-метровой дистанции не превышает 20 %, то вкладом креатинфосфатного механизма в энергетику упражнения (меньше 2 %) в расчетах можно пренебречь [5].

Для гребцов на байдарках гликолитический механизм ресинтеза АТФ является одним из основных, в значительной мере определяющим соревновательный результат. В связи с этим постоянно актуальным является и будет оставаться определение емкости гликолиза у высококвалифицированных спортсменов на разных дистанциях в условиях тренировочной и соревновательной деятельности.

Цель исследования: сравнение емкости и вклада гликолитического механизма энергообеспечения мышечной деятельности у высококвалифицированных гребцов на байдарках при выполнении различных по времени и пройденной дистанции упражнений на гребном тренажере.

Материалы и методы исследования. В исследовании многократно при-

нимали участие члены национальной команды Республики Беларусь по гребле на байдарках (21 спортсмен мужского пола в возрасте от 17 до 32 лет, имеющие квалификацию: ЗМС – 6, МСМК – 10, МС – 5).

Два тестирования на гребном тренажере-эргометре «Dansprint» со ступенчато повышающейся мощностью проводились в подготовительном периоде с интервалом в три месяца. Первое исследование включало 4 ступени продолжительностью по 3 мин с восстановлением в течение 1 мин между ступенями. Для определения содержания лактата у каждого спортсмена проводили забор капиллярной крови до начала работы на каждой ступени, а также 8–13 раз в течение 31–53 мин в периоде восстановления. Второе исследование включало прохождение дистанции 1000 м 3 раза с отдыхом в 3 мин между ступенями. Для определения содержания лактата проводили забор капиллярной крови до начала работы, после каждой ступени, до начала работы на 3-й ступени, 7–10 раз для каждого спортсмена в течение 30–60 мин в период восстановления. При проведении обоих тестов время забора крови для определения содержания лактата индивидуально фиксировалось секундомером. Концентрацию лактата в капиллярной крови определяли на анализаторе глюкозы и лактата «BIOSEN» (Германия). Показатели кинетики лактата рассчитывали на основании полученных данных последних ступеней обоих тестов, используя методику определения вклада анаэробного гликолиза в энергообеспечение упражнений на основе биокинетики лактата согласно одностековой фармакокинетической модели с всасыванием [6].

Вычисляли механическую работу, выполненную гребцами на последней

ступени тестирования, количество АТФ, использованное на мышечную деятельность при выполнении работы [6, 7].

Определили константу исчезновения (k_d) лактата из крови, константу скорости появления лактата в крови, т. е. выхода его из мышц (k_a), изменение концентрации лактата в объеме распределения ($S_{\max}(v)$), количество АТФ, образовавшегося в результате гликолиза (емкость гликолиза), вклад гликолиза в энергетику тестирующего упражнения. Для расчетов использовали методику, описанную нами ранее, и полученные индивидуальные данные кинетики лактата, концентрацию лактата до выполнения последней ступени (C_1), максимальную концентрацию лактата, зафиксированную в крови ($S_{\max}(b)$), время достижения максимальной концентрации в сыворотке крови (t_{\max}).

Эргоспирометрическое тестирование проводили на портативном мобильном комплексе MetaMax 3В.

Количество АТФ, ресинтезированной в процессе окислительного фосфорилирования ($n(\text{АТФ})_{\text{ОкФ}}$) при выполнении последней ступени задания рассчитали по формуле 1:

$$n(\text{АТФ})_{\text{ОкФ}} = \frac{(V(\text{O}_2)_{\text{cp}} - V(\text{O}_2)_0) \cdot 3 \cdot K_1 \cdot 0,45}{E_{\text{АТФ}}} \cdot 0,75, \quad (1)$$

где $V(\text{O}_2)_{\text{cp}}$ – среднее значение объема потребления кислорода при выполнении последней ступени задания, л/мин;

$V(\text{O}_2)_0$ – объем потребления кислорода до нагрузки, л/мин;

t – время выполнения нагрузки, мин;

K_1 – калориметрический коэффициент в зависимости от среднего значения дыхательного коэффициента, кДж/л;

0,45 – КПД окислительного фосфорилирования;

$E_{\text{АТФ}}$ – энергия гидролиза АТФ до АДФ кДж/моль;

0,75 – доля АТФ, затраченная на гребки [8].

Полученные и расчетные данные исследования были обработаны с ис-

пользованием программы STATISTIKA. Поскольку большая часть значений исследуемых показателей не соответствовала закону нормального распределения, были использованы непараметрические методы статистики: описательной, U-критерий Манна-Уитни, критерий Вилкоксона, метод Спирмена.

Полученные и расчетные энергетические показатели работы, кинетики лактата, данные эргоспирометрии, необходимые для оценки энергетики тестирующихся упражнений при проведении первого и второго исследования, представлены в таблице. Данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха.

Время работы на последней ступени при выполнении первого исследования составляло 3 мин, второго – 3,88 (от 3,75 до 3,95) мин. На последней ступени первого теста гребцы прошли дистанцию длиной 707 (от 641 до 767) м, второго – 1000 м. Для сопоставления данных двух исследований использовали U-критерий Манна-Уитни.

Статистически значимые различия между показателями тестов отмечены для выполненной механической работы, количества АТФ, затраченной на нее, концентрации лактата до выполнения нагрузки, максимальной концентрации лактата в крови после выполнения нагрузки, времени максимального повышения концентрации лактата в крови, среднего потребления кислорода, дыхательного коэффициента. Причем более высокие значения показателей наблюдались при выполнении второго теста. Полученные данные свидетельствуют о большей затрате энергии АТФ для выполнения второго теста. Однако изменение концентрации лактата в объеме распределения статистически значимо не различалось при выполнении обоих

Таблица – Полученные и расчетные энергетические показатели работы, кинетики лактата, газоанализа

Показатели	I тест (n=18)	II тест (n=15)	p
Работа, Дж	42176 (39150–45288)	62611 (59674–66209)	<0,0001
n(ATФ), моль	3,57 (3,31–3,83)	5,30 (5,05–5,60)	<0,0001
k _д , мин ⁻¹	0,03 (0,03–0,04)	0,02 (0,02–0,03)	0,0006
k _а , мин ⁻¹	0,30 (0,22–0,40)	0,29 (0,16–0,38)	0,3380
t _{max} , мин	5,13 (3,75–7,17)	6,35 (4,50–10,42)	0,0007
C _г , ммоль/л	4,55 (2,80–5,40)	6,59 (5,21–7,16)	0,0051
C _{max(b)} , ммоль/л	14,44 (13,33–15,95)	18,11 (16,59–18,82)	0,0002
ΔC _{max(a)} , ммоль/л	13,01 (11,09–15,42)	14,65 (12,09–17,09)	0,2400
V(O ₂) _д , л/мин	0,80 (0,67–0,87)	0,70 (0,51–0,76)	0,1632
V(O ₂) _{ср} , л/мин	4,61 (3,99–5,00)	5,51 (5,10–6,10)	0,0160
ДК _{ср}	0,95 (0,91–1,03)	1,03 (0,97–1,14)	0,0470

тестов. Также в этих группах не изменилась емкость гликолиза (рисунок).

Несмотря на различия в проведении тестов, емкость гликолиза составила 1,03 (от 0,9 до 1,19) моль АТФ, ресинтезированного за счет гликолиза при первом исследовании и 1,13 (от 0,93 до 1,37) моль – при втором исследовании (p=0,303), что согласуется с нашей работой, свидетельствующей о стабильности вклада гликолиза при проведении сходных тестов через двухлетний отрезок времени [9]. При этом вклад гликолиза в энергетику тестирующих упражнений статистически значимо был меньше при прохождении гребцами 1000 м. При ра-

боте в 3 минуты он составлял 31 % (от 26 до 34) %, а на 1000-метровой дистанции 20 % (от 18 до 25) % (p=0,001). Емкость окислительного фосфорилирования статистически значимо меньше при выполнении первого теста в сравнении со вторым и составляла 2,53 (от 2,18 до 2,80) моль АТФ и 4,13 (от 3,82 до 4,58) моль соответственно (p=0,0005). Вклады окислительного фосфорилирования при проведении первого и второго тестов статистически значимо не различались и составили 68 % (от 63 до 76) % и 76 % (от 70 до 84) % соответственно (p=0,139). Сумма вкладов в энергетику тестирующих упражнений гликолитического ме-

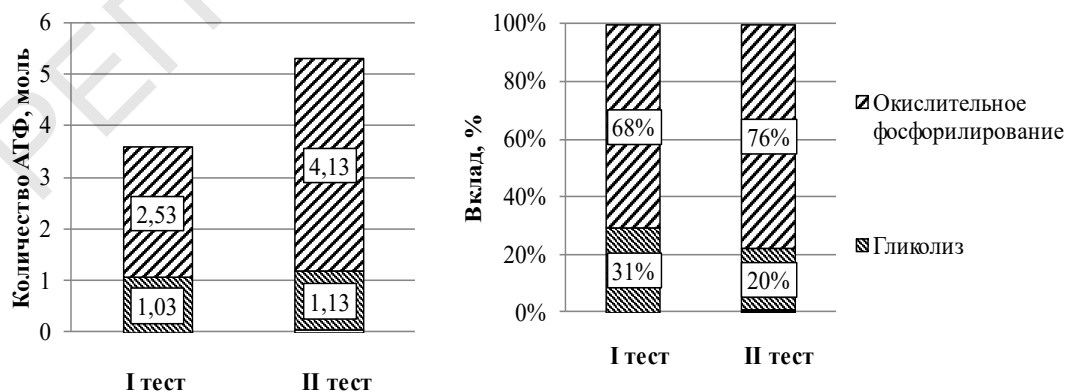


Рисунок – Ресинтезированное количество АТФ, вклады гликолиза и окислительного фосфорилирования в энергетику тестирующих упражнений

ханизма ресинтеза АТФ и окислительного фосфорилирования при первом и втором тестировании составила 98 № (от 95 до 102) % и 96 % (от 90 до 104) % соответственно. Разница между суммами оцененных нами вкладов и энергетической стоимостью работы предположительно обусловлена погрешностями использованных нами методов. Таким образом, при проведении обоих тестов энергия полученной за счет гликолиза и окислительного фосфорилирования хорошо соответствует энергии, затраченной на механическую работу.

Сравнение полученных и расчетных данных 13 гребцов на байдарках, принимавших участие в обоих тестах, с применением критерия Вилкоксона дало сходные результаты с результатами сравнения групп всего контингента.

Максимальная концентрация лактата в крови после первого теста составила 14,41 (от 13,33 до 15,95) моль/л и 18,11 (от 16,36 до 18,79) моль/л после второго теста, что статистически значимо выше ($p=0,001$). При этом статистически значимо не отличались (0,221) изменения максимальной концентрации лактата в объеме распределения и составляли 13,50 (от 11,09 до 15,92) моль/л – первый тест, 14,99 (от 12,42 до 17,09) моль/л – второй тест. Емкость гликолиза – стабильна и составляла 1,06 (от 0,90 до 1,21) моль АТФ и 1,19 (от 1,04 до 1,46) моль АТФ при первом и втором тестировании соответственно ($p=0,422$). При статистически значимом снижении вклада гликолиза при втором тестировании ($p=0,015$). Вклад гликолитического механизма ресинтеза АТФ составил 30 % (от 26 до 35) % и 21 % (от 19 до 25) % при первом и втором исследовании соответственно. Емкость окислительного фосфорилирования статистически значимо меньше при выполнении первого теста в сравне-

нии со вторым и составляла 2,60 (от 2,26 до 2,88) моль АТФ и 4,11 (от 3,82 до 4,18) моль соответственно ($p=0,028$). Вклады окислительного фосфорилирования при проведении первого и второго тестов статистически значимо не различались и составили 68 % (от 63 до 75) % и 73 % (от 69 до 77) % соответственно ($p=0,600$). В отличие от сравнения по группам всех участников тестов – время максимального повышения концентрации лактата в крови составило 5,17 (от 3,83 до 7,17) мин после работы в течение 3 мин, 6,75 (от 5,00 до 10,00) мин после прохождения 1000 м – статистически значимо не отличалось.

Таким образом, при выполнении большей работы, увеличении времени прохождения дистанции, увеличении дистанции в группах высококвалифицированных гребцов на байдарках емкость гликолиза стабильна, а вклад лактатного механизма ресинтеза АТФ уменьшается.

Для выявления взаимосвязей между временем прохождения дистанции 1000 м и полученными расчетными изучаемыми показателями кинетики лактата и энергетики работы использовался метод Спирмена. Отмечается статистически значимая обратная умеренная корреляция с емкостью гликолиза ($r=-0,62$; $p=0,014$). Также отмечается прямая взаимосвязь между емкостью гликолиза и длиной пройденной дистанции гребцами на байдарках за 3 мин, описанная нами ранее [10]. Полученные результаты свидетельствуют о большой значимости емкости гликолиза в результативности соревновательной деятельности гребцов на байдарках.

Концентрация лактата до выполнения последней ступени тестирующей нагрузки статистически значимо выше при прохождении дистанции 1000 м и составляла в группе ($n=18$) при выпол-

нении первого теста – 4,55 (2,80–5,40) ммоль/л, в группе (n=15) при выполнении второго теста – 6,59 (5,21–7,16) ммоль/л (p=0,0051). Для участников двух исследований (n=13) при выполнении первого теста – 4,55 (2,80–5,40) ммоль/л, при выполнении второго теста – 6,59 (5,21–7,16) ммоль/л (p=0,0051). Полученные данные свидетельствовали о большей активации гликолиза на предыдущей ступени тестирования и большем закислении организма спортсменов уже в начале выполнения последней ступени задания. Изучение взаимосвязи начальной концентрации лактата с изучаемыми показателями выявило умеренную обратную корреляцию с емкостью гликолиза при работе продолжительностью 3 мин (r=-0,46; p=0,006) и при прохождении дистанции 1000 м (r=-0,63; p=0,005). Также выявлена сильная корреляция начальной концентрации лактата с временем прохождения дистанции 1000 м (r=0,82; p=0,0002), что указывает на ме-

нее эффективное прохождение дистанции гребцами с высокой концентрацией лактата до начала выполнения работы на заключительной ступени задания. Полученные данные свидетельствуют об ингибировании гликолиза и, следовательно, меньшей емкости гликолиза при выполнении нагрузки с более высокой начальной концентрацией лактата, что согласуется с данными описанными в работе.

Выводы. Емкость гликолиза у высококвалифицированных гребцов стабильна при проведении различных по времени и продолжительности дистанции тестов на гребном тренажере.

Вклад гликолитического механизма в энергетику упражнения уменьшается с увеличением дистанции.

Высокая концентрация лактата в крови спортсменов до выполнения ступени теста с максимальной мощностью работы уменьшает оцененную емкость гликолиза.

1. Theofilidis, G. Monitoring exercise-induced muscle fatigue and adaptations: making sense of popular or emerging indices and biomarkers / G. Theofilidis [et al.] // *Sports (Basel)*. – 2018. – Vol. 6(4). – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6315493/>. – Date of access: 14.05.2019.

2. Верлин, С. В. Построение годового цикла тренировки высококвалифицированных гребцов на байдарках, специализирующихся в спринте : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / С. В. Верлин. – М., 2015. – 118 с.

3. Брель, Ю. И. Взаимодействие и адаптация систем энергообеспечения скелетных мышц при физических нагрузках / Ю. А. Брель // *Проблемы здоровья и экологии*. – 2014. – № 3(41). – С. 47–53.

4. Абдрахманов, Р. В. Изменение показателей содержания молочной кислоты и кислотно-щелочного равновесия крови при беге на различные дистанции / Р. В. Абдрахманов, Э. А. Лазарева // *Физическая культура, спорт и здоровье*. – 2014. – № 24. – С. 130–131.

5. Шкуматов, Л. М. Метаболическая модель байдарочника международного уровня и оценка механизмов энергообеспечения гребли на байдарке // Л. М. Шкуматов, В. В. Шантарович / *Научные труды НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь*. – Минск, 2008. – С. 196–201.

6. Шкуматов, Л. М. Метод индивидуализации подготовки высококвалифицированных гребцов на байдарках на основе особенностей кинетики эндогенного лактата : практ. пособие / Л. М. Шкуматов, В. В. Шантарович, Е. А. Мороз. – Минск : БГУФК, 2014. – 39 с.

7. Мороз, Е. А. Вклад анаэробного гликолиза при прохождении дистанций 500 и 1000 м на гребном эргометре гребцами на байдарках / Е. А. Мороз // *Ученые записки : сб. рец. науч. тр. / редкол.: Т. Д. Полякова (гл. ред.) [и др.] ; Белорус. гос. ун-т физ. культуры*. – Минск, 2013. – Вып. 16. – С. 262–268.

8. Иссурин, В. Б. Биомеханика гребли на байдарках и каноэ / В. Б. Иссурин. – М. : Физкультура и спорт, 1986. – 111 с.

9. Мороз, Е. А. Стабильность доли анаэробного гликолиза в энергообеспечении мышечной деятельности у байдарочников высокой квалификации на подготовительном этапе / Е. А. Мороз, Л. М. Шкуматов, В. В. Шантарович // Актуальные проблемы биохимии и биоэнергетики спорта XXI века : материалы Всерос. науч.-практ. интернет-конф. с междунар. участием, Москва, 10–26 апр. 2017 г. / под общ. ред. Р. В. Тамбовцевой [и др.]. – М. : РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК), 2017. – С. 124–128.

10. Мороз, Е. А. Оценка роли анаэробного гликолиза в энергообеспечении тестирующей физической нагрузки у гребцов на байдарках высокой квалификации на начальном этапе годичной подготовки / Е. А. Мороз, В. В. Шантарович, Л. М. Шкуматов // Прикладная спортивная наука. – 2016. – № 2 (4). – С. 74–80.

11. Purgel, P. The effect of upper body anaerobic pre-loading on 2000-m ergometer-rowing performance in college level male rowers / P. Purgel [et al.] // J. Sports Sci. Med. – 2017. – Vol. 16 (2). – P. 264–271.

Поступила 31.05.2019

УДК 796.01:615.2/3

ПЛАНИДА Елена Валерьевна, канд. биол. наук

Белорусский государственный университет физической культуры,
Минск, Республика Беларусь

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СПОРТЕ ЗАПРЕЩЕННЫХ СУБСТАНЦИЙ

В статье рассмотрены проблемные вопросы современного спорта, в частности, применения спортсменами запрещенных субстанций и методов. Проведен мониторинг статистических отчетных данных Всемирного антидопингового агентства и обзор наиболее часто применяемых запрещенных субстанций.

Ключевые слова: допинг и антидопинговые правила; запрещенные в спорте субстанции и методы; положительные пробы; анаболические стероиды, диуретики и маскирующие агенты; стимуляторы; спортсмены и персонал спортсмена.

PROBLEMS OF PROHIBITED SUBSTANCES USE IN SPORT

Problematic issues of modern sport, in particular, use of prohibited substances and methods by athletes are considered in the article. Monitoring of statistical reported data of the World Anti-Doping Agency and review of the most often used prohibited substances has been carried out.

Keywords: doping and anti-doping rules; prohibited in sport substances and methods; positive samples; anabolic steroids; diuretics and masking agents; stimulators; athletes and personnel of an athlete.

Введение. В настоящее время допинг в спорте рассматривается как широкомасштабная международная спортивная проблема, которая практически ежедневно обсуждается на самом высоком медийном уровне. Проблема допинга в спорте является многоаспектной, при этом этическая и моральная составляющие являются определяющими [1].

Слава и материальные блага, которые сопутствуют высоким спортивным достижениям, коммерциализация спорта всегда подталкивали спортсменов, тренеров, специалистов сферы спорта к

поиску путей искусственной стимуляции человеческих возможностей [2].

Практически нет видов спорта, в которых не были бы зарегистрированы случаи употребления запрещенных субстанций. При этом распространение допинга находится в прямой зависимости от специфики вида спорта и эффективности использования в нем стимулирующих препаратов, уровня конкуренции и коммерциализации каждого из видов, качества контроля применения допинга, характера санкций, принципиальности федераций и организаторов соревнований [3].