

Е.Д.Охлопкова, Л.Д.Олесова, Л.И.Константинова,
Г.Е. Миронова, Е.И. Семенова, С.Д. Халыев

ФИЗИЧЕСКАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И ПЕРЕКИСНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЛИПИДОВ У СПОРТСМЕНОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

УДК 612.123 : 796.015.84 (571.56)

В статье приведены результаты исследований физической работоспособности и перекисного окисления липидов у высококвалифицированных спортсменов-единоборцев в условиях Крайнего Севера. Показано, что уровень физической работоспособности спортсменов-единоборцев зависит от показателей кардиореспираторной системы, что проявлялось в значительном превалировании влияний парасимпатической системы на сердечно-сосудистую систему и большей лабильности регуляторных механизмов. Интенсивность перекисного окисления липидов и состояние антиоксидантной системы влияют на физическую работоспособность спортсменов-единоборцев.

Ключевые слова: физическая работоспособность, вегетативный индекс Кердо, кардиореспираторная система, перекисное окисление липидов, антиоксидантная система.

The article presents results of studies of physical capacity and lipid peroxidation in the highly skilled sportsmen - single combat wrestlers in the Far North. It was shown that the level of physical capacity of sportsmen - single combat wrestlers was depended on the cardiorespiratory system indices, which was manifested in a significant predominance of the effects of the parasympathetic system on the cardiovascular system and the greater lability of regulatory mechanisms. The intensity of lipid peroxidation and antioxidant system state affect the physical capacity of the sportsmen - single combat wrestlers.

Keywords: physical capacity, Kerdo vegetative index, cardiorespiratory system, lipid peroxidation, antioxidant system.

Физическая работоспособность спортсменов является интегральным показателем, характеризующим конечный результат адаптивных изменений в организме, развитие его физических возможностей, способности к перенесению интенсивных физических нагрузок, и во многом определяет спортивные достижения [2]. Физические нагрузки увеличивают уровень потребления кислорода, что ведет к ускорению окислительных процессов, в связи с этим одним из критериев объективной оценки уровня специальной подготовленности спортсмена является изучение интенсивности перекисного окисления липидов. Известно, что физическая работоспособность зависит от морфологического и функционального состояния всех систем организма и различных факторов, роль которых отличается в зависимости от спортивной специализации, возраста и др. Основной функциональной системой, лимитирующей физическую работо-

способность спортсменов, является кардиореспираторная система [7].

Материал и методы. Было обследовано 29 спортсменов-единоборцев высокой квалификации (кандидаты в мастера спорта (кмс) и мастера спорта (мс)), в возрасте от 17 до 21 года.

Для установления взаимосвязи физической работоспособности с окислительными процессами в организме спортсменов мы определяли интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) по накоплению ТБК-активных продуктов (ТБК-АП) [9]. Состояние антиоксидантной системы оценивали по суммарному содержанию низкомолекулярных антиоксидантов (НМАО) в мембранах эритроцитов спектрофотометрическими методами до проведения тестирующей нагрузки [6].

Для определения вегетативного обеспечения адаптационного процесса у спортсменов мы учитывали: частоту сердечных сокращений (ЧСС), артериальное давление (АД), пульсовое давление (ПД), вегетативный индекс Кердо (ВИКердо) не только в покое, но и при воздействии возмущающего фактора – дозированной физической нагрузки на велоэргометре [3]. Измерение показателей сердечно-сосудистой системы проводилось в состоянии покоя, в положении сидя через 5 мин после принятия этого положения. ЧСС в минуту измеряли пальпаторно в области проекции лучевой артерии. Измерение систолического и диастолического АД проводилось на ле-

вой руке по общепринятому методу С.В. Короткова.

Общую физическую работоспособность PWC170 определяли на велоэргометре «Нейрософт» (г. Иваново), при этом регистрировали максимальное потребление кислорода (МПК). Испытуемые выполняли на велоэргометре две нагрузки умеренной интенсивности с частотой педалирования 60 об./мин, разделенные 3-минутным интервалом отдыха. Каждая нагрузка продолжалась 5 мин. В результате все спортсмены были разделены на четыре группы: первую группу составили спортсмены с низкой работоспособностью, вторую – с работоспособностью ниже средней, третью – со средней работоспособностью и четвертую – с работоспособностью выше средней. В состоянии покоя (до нагрузки) и в первые минуты восстановления (после нагрузки) в течение 30 с измеряли ЧСС и АД. После каждой нагрузки подсчитывали время восстановления пульса (в мин) [1].

Материалом для исследований служила гепаринизированная кровь. Забор крови производился утром натощак из локтевой вены.

Исследование было одобрено решением локального Этического комитета при ФГБНУ «Якутский научный центр комплексных медицинских проблем».

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью пакета прикладных статистических

ФГБНУ «ЯНЦ КМП»: **ОХЛОПКОВА Елена Дмитриевна** – к.б.н., зав. лаб., elena_ohlopkova@mail.ru, **ОЛЕСОВА Любовь Дыгыновна** – к.б.н, зав. лаб., oles@mail.ru, **КОНСТАНТИНОВА Лена Ивановна** – м.н.с., konstanta.l@mail.ru, **СЕМЁНОВА Евгения Ивановна** – к.б.н., с.н.с., kunsuntar@mail.ru; **МИРОНОВА Галина Егоровна** – д.б.н., проф. ИЕН СВФУ им. М.К. Аммосова, mirogalin@mail.ru; **ХАЛЫЕВ Семен Демьянович** – ст. преподаватель СВФУ им. М.К. Аммосова.

программ STATISTICA 6.0. Применяли стандартные методы вариационной статистики: вычисление средних величин, стандартных ошибок, 95% доверительного интервала. Статистическая обработка данных проведена непараметрическим методом «Kolmogorov- Smirnov». Данные в таблицах представлены в виде $M \pm m$, где M – средняя, m – ошибка средней. Вероятность справедливости нулевой гипотезы принимали при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждения. Проведенные исследования функционального состояния спортсменов показали, что 31% из числа обследуемых имеют низкую физическую работоспособность, 26 – ниже среднего, 26 – среднюю и только 17% – выше среднего, показатели PWC170 представлены в таблице. По литературным данным, у здоровых молодых нетренированных мужчин величины PWC170 колеблются в пределах от 850 до 1100 мкг/мин, а у спортсменов, занимающихся единоборствами, общая физическая работоспособность колеблется в пределах от 1370 до 1594 кгм/мин (примерно на 30–40% превосходят данные нетренированных мужчин) [1]. Результаты исследований кардиореспираторной системы показывают, что у спортсменов учитываемые нами показатели находятся в пределах возрастных норм, однако имеют некоторые различия в исследуемых группах (таблица).

Так, группа спортсменов с низкой работоспособностью имеет более высокий уровень ПД по сравнению с другими группами и низкий уровень МПК, который на 32% ниже, чем в группе спортсменов с хорошей работоспособностью (таблица). Это свидетельствует о низкой аэробной производительности, не удовлетворяющей кислородный запрос при интенсивных нагрузках.

Отличительной особенностью спортсменов с низкой работоспособностью является то, что система кровообращения у них находится под контролем симпатической системы, ВИКердо положительный (таблица). Известно, что чрезмерное симпатическое влияние приводит к ухудшению метаболизма скелетных мышц, в частности, к снижению активности лактадегидрогеназы в них, а следовательно, нарушению процессов утилизации лакта. Снижение работоспособности может быть также следствием нарушений энергетического обмена, в первую очередь уменьшения эффективности аэробного окисления, перехода энергообеспечения на

Показатели функционального состояния спортсменов с различной работоспособностью до поведения тестирующей нагрузки ($M \pm m$)

Показатель	Работоспособность			
	низкая	ниже средней	средняя	выше средней
PWC, кгм/мин	870±41	1160±31	1305±22	1614,00±82**
ЧСС, уд./мин	76,24±2,89	79,66±6,80	67,62±2,98	66,00±4,08*
АДс, мм рт.ст.	118,12±2,91	109,00±5,09	110,00±2,67	108±8,36*
АДд, мм рт.ст.	76,56±3,17	74,00±4,00	73,75±2,63	74,00±5,09
ПД, мм рт.ст.	41,56±3,70	35,00±2,23	36,25±1,82	34,00±2,44*
ВИК, усл.ед.	1,78	-1,14	-4,96	-18,18
ΔВИК, усл.ед.	+40,86	+50,14	+55,70	+67,72
МПК, л/мин	2,75±0,23	3,26±0,35	3,57±0,31	3,99±0,37*
t восст. ЧСС, мин.	4,31±0,69	2,83±0,60	2,62±0,49	1,8±0,20**
t восст. АД, мин.	3,86±0,41	3,33±0,55	3,00±0,50	2,88±0,66*

** $p < 0,01$ по сравнению с первой группой, * $p < 0,05$ по сравнению с первой группой.

более «затратный» анаэробный путь, а следовательно, и увеличения потребности в кислороде, которые были обнаружены.

В группе спортсменов с работоспособностью выше средней ВИКердо в интактном состоянии составил – 18,18 усл.ед. (таблица), что характерно для «спортивного» вегетативного профиля спортсменов высокой квалификации [4,8]. При интенсивных нагрузках у спортсменов этой группы выработались механизмы быстрой мобилизации обменных процессов за счет значительной активности симпатической системы, ΔВИКердо на 40% выше, чем в группе спортсменов с низкой работоспособностью.

В группах спортсменов со средней работоспособностью и выше средней отмечено урежение ЧСС в покое, что является одним из важнейших эффектов экономизации сердечной деятельности. Увеличение продолжительности фазы расслабления (диастолы) обеспечивает больший кровоток и лучшее снабжение сердечной мышцы кислородом. Высокая физическая работоспособность характеризуется наибольшей сократимостью миокарда. Миокард спортсмена с высокой физической работоспособностью затрачивает значительно меньшее усилие на пропульсивную деятельность сердца, нежели миокард спортсмена с низкой работоспособностью, при сходных нагрузках. При любом среднем АД и минутном объеме крови более высокая ЧСС сопровождается большим потреблением кислорода, а следовательно, меньшей эффективностью функционирования миокарда.

После выполнения велоэргометрической работы во всех группах спортсменов наблюдалось резкое увеличение симпатических влияний, вероятно,

обусловленное активацией симпатoadренальной системы при физических нагрузках.

У спортсменов с низкой работоспособностью после выполнения субмаксимальной велоэргометрической работы время восстановления ЧСС и АД проходило дольше в 2,4 ($p < 0,01$) и 1,3 ($p < 0,05$) раза соответственно, чем в группе спортсменов с работоспособностью выше средней (таблица). Между физической работоспособностью и временем восстановления ЧСС отмечена отрицательная корреляционная связь ($p < 0,01$). Между временем восстановления АД и вегетативным индексом Кердо выявлена положительная корреляционная связь ($p < 0,05$).

Известно, что активация ПОЛ является универсальным ответом на действие многочисленных факторов. Интенсивные физические нагрузки, чрезмерно активируя ПОЛ, повышают проницаемость мембран нервных волокон и саркоплазматического ретикулума миоцитов, что затрудняет передачу двигательных нервных импульсов и снижает сократительные возможности мышцы. Повреждающее воздействие ПОЛ на цистерны, содержащие ионы кальция, неизбежно приводит к нарушению функции кальциевого насоса и ухудшению релаксационных свойств мышц. Кроме того, при повреждении митохондриальных мембран снижается эффективность окислительного фосфорелирования, что ведет к уменьшению аэробного энергообеспечения мышечной работы. Приведенные данные свидетельствуют о том, что результаты наших исследований согласуются с литературными данными [5].

Сравнительный анализ уровня продуктов ПОЛ в покое, до проведения тестирующей нагрузки, показал, что у

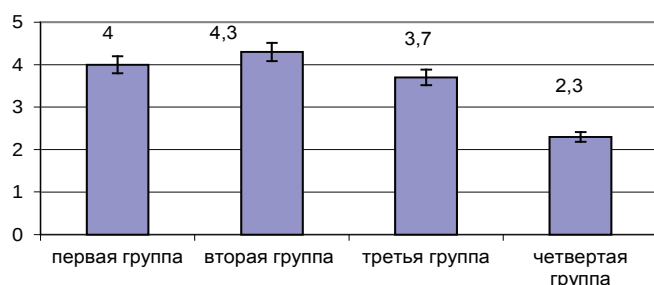


Рис. 1. Уровень ТБК-АП (мкмоль/мл) в мембранах эритроцитов у спортсменов с различным уровнем физической работоспособности

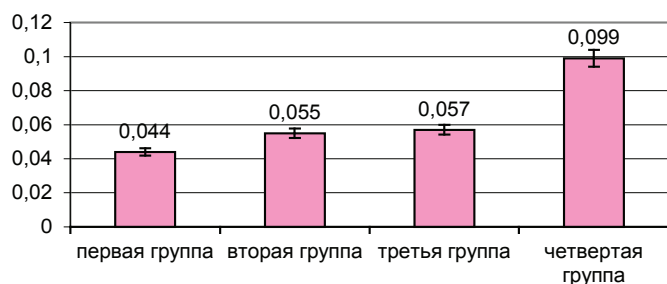


Рис. 2. Суммарное содержание НМАО (мг/кг/мл*эр) в крови спортсменов с различным уровнем физической работоспособности

спортсменов первой группы с низкой работоспособностью и второй – с работоспособностью ниже средней концентрация ТБК-АП была выше в 1,87 ($p < 0,01$) и 1,96 раза ($p < 0,01$) соответственно, по сравнению со спортсменами четвертой группы с работоспособностью выше средней (рис.1).

В свою очередь скорость ПОЛ зависит от состояния АОС. Определение содержания НМАО в мембранах эритроцитов показало, что у спортсменов первой, второй и третьей групп содержание НМАО было сниженным, по сравнению со спортсменами четвертой группы, на 56, 45 и 43% соответственно (рис.2).

Корреляционный анализ показал, что концентрация ТБК-АП имеет отрицательную корреляционную связь с PWC170 ($p < 0,05$). Содержание НМАО имеет положительную корреляционную связь с PWC170 $r = 0,645$ ($p < 0,05$). Наиболее высокие показатели физической работоспособности отмечались

большой лабильностью регуляторных механизмов.

2. Интенсивность перекисного окисления липидов и состояние антиоксидантной системы оказывают влияние на физическую работоспособность спортсменов-единоборцев.

Литература

1. Белоцерковский З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов / З.Б. Белоцерковский. – М.: Советский спорт, 2005. – 312 с.
2. Лазарева Э.А. Взаимообусловленность общей физической работоспособности и типов энергообеспечения мышечной деятельности легкоатлетов – спринтеров и стайеров / Э.А. Лазарева // Теория и практика физической культуры. – 2003. – №9. – С. 42 – 44.
3. Лазарева Э.А. The mutual dependence of the total physical capacity and the types of muscular activity of the energy athletes – sprinters and

stayers / E.A.Lazareva // Theory and Practice of Physical Culture. – 2003. – №9. – P.42 – 44.

3. Минвалеев Р.С. Вегетативный индекс Кердо: Индекс для оценки вегетативного тонуса, вычисляемый из данных кровообращения / Р.С. Минвалеев // Спортивная медицина (Украина). – 2009. – №1-2. – С.33-44.

Minvaleev R.S. Vegetative Kerdo index: The index for the assessment of autonomic tone, which is calculated from the circulation data / R.S. Minvaleev // Sports Medicine (Ukraine). – 2009. – №1-2. – P.33-44.

4. Мельниченко Е.В. Миовисцеральная рефлекторная коррекция вестибулярных реакций сердечно-сосудистой системы у спортсменов / Е.В. Мельниченко, Н.Ю. Тарабрина, А.И. Пархоменко // Таврический медико-биологический вестник. – 2010. – Т.13, № 3 (51). – С.133-136.

Melnichenko E.V. Miovisceral reflexive correction of vestibular reactions of sportsmen's cardiovascular system / E.V. Melnichenko, N.Y. Tarabrina A.I. Parkhomenko // Tauride Medical and Biological Bulletin. – 2010. – V.13, №3 (51). – P.133-136

5. Михайлов С.С. Спортивная биохимия: Учебник для вузов и колледжей физической культуры / С.С. Михайлов. – 2-е изд., доп. – М.: Советский спорт, 2004. – С.35-38.

Mikhailov S.S. Sport Biochemistry: The textbook for high schools and college physical education. – 2nd ed., ext. – M.: Soviet sport, 2004. – P. 35-38.

6. Рогожин В.В. Методы биохимических исследований / В.В. Рогожин. – Якутск, 1999. – С.91-93.

Rogozhin V.V. Method of biochemical researches / V.V. Rogozhin. – Yakutsk, 1999. – C.91-93.

7. Солодков А.С. Адаптация в спорте: Теоретические и прикладные аспекты / А.С. Солодков // Теория и практика физической культуры. – 1990. – №5. – С.3-5.

Solodkov A.S. Adaptation in the sport: Theoretical and Applied Aspects / A.S. Solodkov // Theory and Practice of Physical Culture. – 1990. – №5. – P.3-5.

8. Хуснуллина И.Р. Влияние вестибулярной нагрузки на сердечно-сосудистую систему и двигательные реакции детей и подростков, занимающихся прыжками на лыжах с трамплина: Дисс. канд.биол. наук / И.Р. Хуснуллина. – Казань, 2008. – С.47.

Husnullina I.R. Influence of vestibular load on the cardiovascular system and motor reactions of children and adolescents involved in ski jumping: Diss. kand.biol. sciences. – Kazan, 2008. – P.47

9. Uchiyama M. Determination of malonaldehyde precursor in tissues by thiobarbituric acid test / M. Uchiyama, M. Michara // Anal. Biochem. – 1978. – Vol.86, №1. – P. 271-278.