

СТАТЬИ

УДК 796.01:577.01

**ВЛИЯНИЕ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ АДАПТАЦИОННОГО ПРОЦЕССА У ФУТБОЛИСТОВ-ПОДРОСТКОВ**

**Алиев И.С.**

*Азербайджанская государственная академия физической культуры и спорта,  
Баку, e-mail: ilgar.aliyev@sport.edu.az*

Под действием интенсивных физических нагрузок в организме усиливаются энергетические процессы, увеличивается количество транспортируемого в организм кислорода. Как и в случае большинства факторов окислительного стресса, основной акцент в работе заключается в том, что существует сильная взаимосвязь между адаптивными процессами, которые происходят в организме в результате воздействия тренировочных нагрузок, увеличиваются продукты перекисного окисления липидов и влияют на рабочие мышцы тела. Показано, что большое диагностическое значение имеет определение характера изменений показателей ПОЛ при адаптивных физических нагрузках и при адаптивных реакциях, поскольку использование современных неинвазивных, безболезненных и удобных методов дает возможность для оценки тренировочного процесса. Биохимический анализ слюны также позволяет оценить уровень адаптации и проводить более обширные исследования. Были изучены биохимические изменения в течение процесса перекисного окисления липидов с анализом содержания продуктов этой реакции в слюне, происходящие под влиянием физических нагрузок у подростков-футболистов 10–15 лет в разных возрастных группах. Также в слюне у испытуемых исследовалась активность таких ферментов, как каталаза и  $\alpha$ -амилаза, являющихся индикаторами стрессорных влияний на организм.

**Ключевые слова:** тренировочные нагрузки, подростки-футболисты, слюна, перекисное окисление липидов, каталаза,  $\alpha$ -амилаза

**THE INFLUENCE OF TRAINING LOADS ON THE BIOCHEMICAL INDICATORS OF THE ADAPTATION PROCESS IN ADOLESCENT FOOTBALL PLAYERS**

**Aliiev I.S.**

*Azerbaijan State Academy of Physical Culture and Sport, Baku, e-mail: ilgar.aliyev@sport.edu.az*

Under the influence of intensifying physical loads, energy processes in the body intensify, and the amount of oxygen transported to the body increases. As with most oxidative stress factors, the main focus of the article is that there is a strong relationship between the changes in the products of oxidation of lipids in the skeletal muscles of the body and the adaptation processes that occur in the body as a result of regular exercise loads. It has been shown that it is of great diagnostic importance to determine the nature of LPO changes in adaptive physical loads in adaptive reactions, as the use of modern non-invasive, painless and convenient methods in the use of modern functional and laboratory analysis is accelerated. Based on the biochemical analysis of saliva, it also allows to assess the capacity of the adaptation levels and to conduct more extensive studies. In this regard, the biochemical changes in the amount of LPO products used in the physical loads of 10-15 years old footballers in different age groups have been investigated. Biochemical changes in the course of the lipid peroxidation process were studied with the analysis of the content of the products of this reaction in saliva, occurring under the influence of physical training in adolescents- footballers 10-15 years old in different age groups. Also, the activity of enzymes such as catalase and  $\alpha$ -amylase, which are indicators of stress effects on the body, was studied in the saliva of participants of the experiment.

**Keywords:** training loads, adolescents-footballers, saliva, lipid peroxidation, catalase,  $\alpha$ -amylase

В современной спортивной подготовке детей и подростков в условиях непрерывно нарастающих по объему и интенсивности физических нагрузок очень важно изучить особенности адаптации развивающегося организма к данному фактору. На этом этапе развития функциональные основы практически всех физиологических систем организма подвергаются изменениям. Очевидно, что морфофункциональные перестройки в организме не могут происходить с такой же быстротой, с какой изменяются структура и характер тренировочных и соревновательных нагрузок. Это проти-

воречие диктует необходимость выбора условий тренировочного процесса с учетом возрастного развития функциональных и адаптивных возможностей организма [1, 2].

Одним из главных вопросов в решении этой сложной задачи является поиск таких показателей, которые могли бы своевременно сигнализировать об утомлении организма, о перенапряжении регуляторных систем. Ранним проявлением несоответствия между функционально-адаптивными возможностями и прилагаемыми физическими нагрузками могут быть ме-

табolicеские изменения в биологических жидкостях, в частности в слюне, которая в то же время является объектом неинвазивного исследования [3–5].

В последние годы изучение роли свободнорадикальных процессов в мышечной деятельности, участия антиоксидантной системы защиты в них, в первую очередь её ферментного составляющего, все больше привлекает внимание исследователей, так как адаптация мышц к физическим нагрузкам, по-видимому, происходит при непосредственном участии этой системы. Физические нагрузки сопровождаются усиленным потреблением кислорода, который необходим для повышенного энергообеспечения организма. В то же время высокие концентрации  $O_2$  в клетках создают опасность для жизнедеятельности клеток; увеличивается вероятность образования высокорекреационных соединений кислорода, которые в конечном итоге приводят к образованию свободных радикалов [6, 7].

Перекисное окисление липидов (ПОЛ), протекающее в биологических мембранах, является классическим примером свободнорадикальных процессов в организме [6]. Следует отметить, что реакции ПОЛ в клетках протекают постоянно и находятся под прямым контролем регуляторных систем, в том числе и системы антиоксидантной защиты [8, 9]. В физиологических процессах продукты ПОЛ участвуют в регуляции функций биологических мембран и обновлении их химического состава. По нашему мнению, соотношением уровней процессов ПОЛ и антиоксидантной защиты можно охарактеризовать морфофункциональный гомеостаз развивающегося организма при воздействии внешних факторов, в том числе и регулярных физических нагрузок [10]. Этот подход может позволить выявлять несоответствие в темпах развития функционально-адаптивных возможностей у подростков, занимающихся игровыми видами спорта, в нашем исследовании футболом. Футбол, с одной стороны, является популярным среди детей и подростков, с другой – он представляет собой уникальную модель двигательной деятельности, где успешность выполнения определяется текущим функциональным состоянием двух основных систем – сердечно-сосудистой и центральной нервной [1].

Основной целью данного исследования было изучение влияния футбольных тренировок на динамику интенсивности процесса перекисного окисления липидов и активности каталазы и  $\alpha$ -амилазы в слюне подростков различных возрастных групп.

## Материалы и методы исследования

В исследовании участвовали 3 группы подростков-футболистов (мальчиков) в возрасте 10–11, 12–13 и 14–15 лет. В 1-й возрастной группе (I-ЭГ) подростки имели стаж занятий футболом 1–2 года (16 чел.), во 2-й возрастной группе (II-ЭГ) – 3–4 года (15 чел.). В 3-ю возрастную группу (III-ЭГ) были отобраны спортсмены-разрядники, занимающиеся футболом в течение 5–6 лет (12 чел.). 3 контрольные группы по 12 чел. составлялись из школьников соответствующих возрастов, которые активно не занимались спортом (I-КГ, II-КГ, III-КГ). Общее число испытуемых составило 79 подростков 10–15 лет.

Для биохимической оценки адаптационных изменений в организме под влиянием тренировочных нагрузок отслеживали уровень процессов перекисного окисления липидов и активности ферментов каталазы и  $\alpha$ -амилазы в слюне испытуемых. Состояние перекисного окисления липидов оценивали по количеству первичных (гидропероксид-диеновые конъюгаты) и вторичных (кетодиены и их ассоциированные триены) продуктов в гептан-изопропаноловых экстрактах слюны с использованием методики И.А. Волчегорского и др. [11]. Результаты спектрофотометрических измерений выражали в виде индекса окисления (единицы окислительного индекса), для чего рассчитывали соотношения оптических плотностей E232/E220 и E278/E220, которые отражают относительный уровень первичных и вторичных продуктов ПОЛ в гептановой (гептан-1, гептан-2) и изопропаноловой (изопропанол-1, изопропанол-2) фазах соответственно.

Активность каталазы определяли методом, основанным на образовании окрашенного в желтый цвет комплекса не разрушенной в ходе каталазной реакции перекиси водорода с молибдатом аммония. Для этого 25 мкл слюны смешивали с 2 мл 0,03% перекиси водорода. Через 10 мин добавляли 2 мл 2% раствора молибдата аммония, чтобы остановить реакцию. Параллельно проводили контрольный эксперимент без присутствия фермента. Используя значение молярной постоянной комплекса  $22,2 \times 10^3 \text{ см}^{-1}$ , рассчитывалась активность фермента по разнице оптической плотности результатов контрольных и экспериментальных исследований (методика описана в статье Н.С. Мамонтовой, Е.И. Белобородова, Л.И. Тюкалова, 1994).

Результаты исследования обрабатывали параметрически, с использованием t-критерия Стьюдента, разности между

средними по группам считали достоверными при  $p < 0,05$ ; результаты измерений представлены в виде среднего значения и среднеквадратичного отклонения ( $M \pm m$ ).

**Результаты исследования и их обсуждение**

В статье представлены результаты по изучению уровня процессов ПОЛ и активности каталазы и  $\alpha$ -амилазы в слюне футболистов-подростков и подростков, не занимающихся футболом, до и после тренировок.

Надо отметить, что активация симпатoadреналовой и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой систем под действием факторов внешней среды, в том числе и физических нагрузок, увеличивает уровень продуктов ПОЛ в клетках и тканях [3, 8, 10].

В ответ на физическую нагрузку стрессовая реакция сопровождается активацией различных типов стресс-лимитирующих систем. Метаболиты, ограничивающие стресс, включают классические гормоны, нейротрансмиттеры и различные ферменты (супероксиддисмутазу, каталазу,  $\alpha$ -амилазу). Каталаза немедленно снижает количество радикалов в крови, выполняет защитную функцию, расщепляя перекись водорода и предотвращая ее накопление в крови.

Активность каталазы и  $\alpha$ -амилазы в слюне, содержание продуктов ПОЛ (некоторые продукты нейтральных липидов и фосфолипидов) определяли для изучения хода биохимических изменений в организме под влиянием физических нагрузок. В таблице представлена динамика биохимиче-

ских показателей слюны, характеризующих активность неспецифической антиоксидантной защиты у спортсменов-подростков и протекание перекисного окисления липидов в организме.

Сравнительный анализ результатов неинвазивного биохимического анализа слюны у спортсменов-подростков и неспортсменов показал, что содержание первичных и вторичных липоксидных продуктов, растворимых в гептане (ПОЛ-гептан-1 и ПОЛ-гептан-2), достоверно отличаются ( $p \leq 0,05$ ) в возрастной группе 10–11 лет; у спортсменов-подростков фракция гептан-1 на 10,9%; фракция гептан-2 на 17,9% выше, чем у неспортсменов. В остальных возрастных группах продукты ПОЛ, растворимые в гептане, достоверно не дифференцировались. Это можно объяснить тем, что на ранних этапах физических тренировок продукты ПОЛ накапливаются в слюне под воздействием физических нагрузок. Содержание первичных изопропанолрастворимых продуктов ПОЛ (ПОЛ-изопропанол-1) оказалось достоверно выше ( $p \leq 0,05$ ) на 23,1% у спортсменов возрастной группы 10–11 лет, чем у их сверстников, не занимающихся спортом. В возрастной же группе 12–13 лет содержание фракции изопропанол-1 было достоверно выше ( $p \leq 0,05$ ) у неспортсменов.

Обнаружено, что у 14–15-летних футболистов фракция изопропанол-1 по содержанию на 6,1% превышает уровень у контрольных подростков. Изопропанолрастворимые вторичные продукты перекисного окисления липидов (ПОЛ-изопропанол-2) не показали достоверных различий ни в одной из исследуемых групп подростков.

Показатели биохимического анализа слюны футболистов-подростков и подростков, не занимающихся спортом ( $M \pm m$ )

Показатели биохимического анализа	I-КГ (n = 12)	I-ЭГ (n = 16)	II-КГ (n = 12)	II-ЭГ (n = 15)	III-КГ (n = 12)	III-ЭГ (n = 12)
Продукт ПОЛ, гептан-1	0,172 ± 0,030 100%	0,190 ± 0,016 <sup>+</sup> 100%	0,183 ± 0,020 107,2%	0,184 ± 0,020 97%	179 ± 0,011 105,9%	0,181 ± 0,011 107,1%
Продукт ПОЛ, гептан-2	0,120 ± 0,095 100%	0,144 ± 0,060 <sup>+</sup> 100%	0,124 ± 0,027 102,4%	0,138 ± 0,035 100%	0,128 ± 0,035 100%	0,134 ± 0,032 100%
Продукт ПОЛ, изопропанол-1	0,450 ± 0,032 100%	0,560 ± 0,025 <sup>++</sup> 100%	0,514 ± 0,060 115%	0,547 ± 0,016 <sup>+</sup> 98%	0,516 ± 0,077 100%	0,542 ± 0,022 <sup>+</sup> 100%
Продукт ПОЛ, изопропанол-2	0,310 ± 0,045 100%	0,311 ± 0,072 100%	0,313 ± 0,024 100%	0,313 ± 0,014 100%	0,325 ± 0,98 100%	0,305 ± 0,35 98%
Каталаза, нмоль/мг/мин	140 ± 3,20 100%	138,97 ± 2,20 100%	144,94 ± 0,035 103%	147,39 ± 20,50 <sup>++</sup> 106%	140,45 ± 1,46 101%	153,68 <sup>+++</sup> ± 2,30 107%
$\alpha$ -амилаза, нмоль/мг/мин	455 ± 2,60 100%	456,95 ± 1,65 100%	451,36 ± 2,10 98,5%	462,45 <sup>+++</sup> ± 3,15 101%	459,99 ± 2,23 100,5%	466,97 ± 3,34 102,2% <sup>+++</sup>

Примечание. <sup>+</sup> –  $p \leq 0,05$ , <sup>++</sup> –  $p \leq 0,01$  – достоверные изменения у спортсменов по сравнению с контрольной группой. \* –  $p \leq 0,05$ , \* –  $p \leq 0,01$  – достоверные изменения по сравнению с группой I.

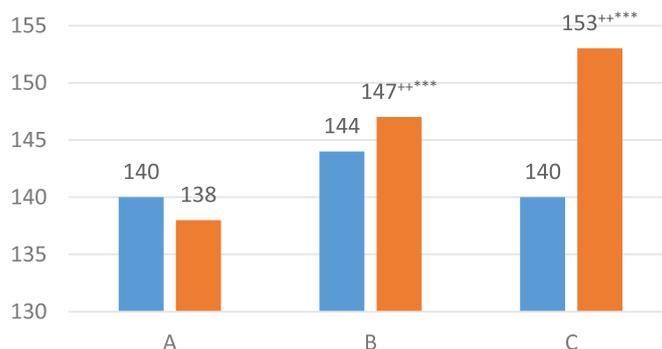
Футбольные тренировки также влияют на динамику активности каталазы и  $\alpha$ -амилазы в слюне подростков. Как антиоксидантный фермент, каталаза катализирует расщепление перекиси водорода, выполняет очень важную функцию в крови. Сравнительный анализ активности фермента каталазы в слюне у спортсменов-подростков и их сверстников, не занимающихся спортом, показал, что активность фермента у испытуемых в возрастных группах 12–13 и 14–15 лет выше чем у подростков, не занимающихся спортом, соответственно на 2,2% и 9%.

Активность фермента  $\alpha$ -амилазы на 2,3% выше у 12–13-летних футболистов и на 1,7% выше у 14–15-летних по сравнению с неспортсменами.

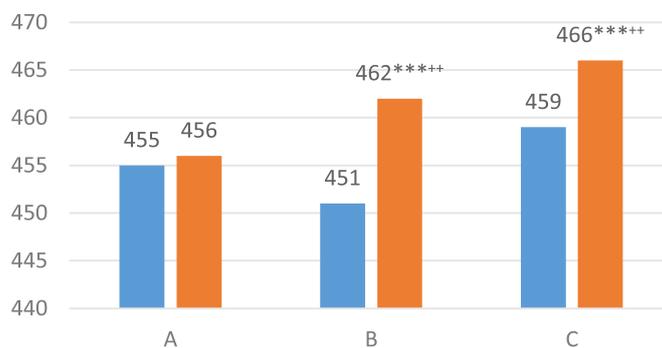
Анализ изменения активности антиоксидантного фермента каталазы у футболистов-подростков показал, что с учетом некоторого снижения активности у футболистов 10–11 лет адаптационные реакции этого фермента на физические нагрузки оказываются фазными в общей системе антиоксидантной защиты. Достоверное повышение

активности ферментов каталазы и  $\alpha$ -амилазы ( $p \leq 0,05$ ) наблюдалось у спортсменов 12–13 лет по сравнению с неспортсменами и составило около 3,7%. Достоверная динамика роста наблюдалась и у подростков 14–15 лет, который составил 6,9% (рисунок).

Адаптация организма к мышечной деятельности в процессе физических тренировок распространяется на все функциональные системы, отвечающие за двигательную активность [12, 13]. Как показывают наши исследования, система «перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита» не остается на стороне. Данные этой системы в слюне подростков-спортсменов, относящиеся к изменениям под влиянием регулярных тренировочных нагрузок, можно рассматривать как адаптивные. Основные механизмы адаптивных изменений в этих системах идентичны биохимии адаптивных изменений в мышцах [8]. В основном это метаболиты, которые обеспечивают кислородом энергетические процессы, которые усиливаются во время мышечной активности и образуются в результате окисления.



(а)



(б)

Показатели активности каталазы (а) и  $\alpha$ -амилазы (б) в слюне у футболистов-подростков и подростков, не занимающихся спортом. А – 10–11 лет, В – 12–13 лет, С – 14–15 лет.

\*\*\* –  $p \leq 0,001$  – достоверность по сравнению со спортсменами группы А;

++ –  $p \leq 0,01$  – достоверные изменения по сравнению с показателями соответствующей контрольной группы

### Заключение

Таким образом, анализ биохимических показателей слюны футболистов-подростков показывает, что содержание первичных и вторичных продуктов ПОЛ существенно не уменьшается в ходе футбольных тренировок. Это указывает на то, что реакции организма на окислительный стресс, вызванный физическими нагрузками, становятся более эффективными. Кроме того, повышенная активность фермента каталазы подтверждает усиление антиоксидантной составляющей неспецифической защиты в организме футболистов-подростков. Положительные адаптационные изменения происходят из-за стрессорных воздействий физических нагрузок. Следует отметить, что положительные изменения, достигнутые в тренировочном процессе с футболистами, направлены на адаптацию антиоксидантной системы в их организме к тренировочной нагрузке.

### Список литературы

1. Беленко И.С. Влияние занятий спортом на функциональное состояние нервной и дыхательной систем юных футболистов и баскетболистов 10–15 лет разных соматотипов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Майкоп, 2010. 26 с.
2. Алиев С.А., Алиев И.С., Алибекова С.С., Гаджиев А.М. Исследование адаптации функционального состояния кардиореспираторной системы 13–15-летних футболистов к физическим нагрузкам // Здоровье нации и совершенствование физкультурно-спортивного образования: труды I Международной научно-практической конференции (г. Харьков, Украина, 3–4 октября 2019 г.). Харьков, 2019. С. 64–67.
3. Barley O.R., Chapman D.W., Abbiss C.R. Reviewing the current methods of assessing hydration in athletes. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2020. Vol. 17. No. 52. DOI: 10.1186/s12970-020-00381-6.
4. Бельская Л.В., Сарф Е.А., Косенок В.К., Массард Ж. Антиоксидантная активность смешанной слюны человека в норме // *Экология человека.* 2017. № 6. С. 36–40.
5. Тамбовцева Р.В. Влияние психологической установки на глюкоксидазную активность слюны юных спортсменов – легкоатлетов при выполнении тестовой нагрузки // *Теория и практика физической культуры и спорта.* 2019. № 5. С. 62–64.
6. Halliwell B., Gutteridge JMC. *Free Radicals in Biology and Medicine.* Oxford University Press, 2015. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780198717478.001.0001.
7. Гунина Л.М. Окислительный стресс и адаптация: метаболические аспекты влияния физических нагрузок // *Наука в олимпийском спорте.* 2013. № 4. С. 19–25.
8. Гаджиев А.М., Алиев С.А., Гасанова А.К., Рзаев З.Б. Изучение супероксиддисмутазной активности скелетных мышц при физических нагрузках организма // *Известия Национальной академии наук Грузии. Биомедицинская серия.* 2016. Т. 42. № 5–6. С. 223–230.
9. Меринова Н.И., Козлова Н.И., Колесниченко Л.С. Перекисное окисление липидов и антиоксидантная система в патогенезе хронического панкреатита // *Сибирский мед. журнал.* Иркутск. 2012. Т. 110. № 3. С. 17–20.
10. Гаджиев А.М., Алиев С.А., Агаева С.Э. Роль эндогенных и экзогенных антиоксидантов в адаптивной мышечной деятельности // *Теория и практика физической культуры и спорта.* 2014. № 8. С. 53–57.
11. Волчегорский И.А., Сашенков С.Л., Зурова А.В., Усков Г.В. Уровень перекисного окисления липидов крови и функциональное состояние иммунной системы у лыжников // *Теория и практика физической культуры и спорта.* 2003. № 8. С. 25–55.
12. Абрамович М.П. Влияние занятий спортом на характер соматического развития и адаптивные возможности кардиореспираторной системы школьников 10–16 лет: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Майкоп, 2010. 27 с.
13. Алиев И.С., Гаджиев А.М., Алибекова С.С. Анализ особенности динамики физиологических показателей подростков в процессе футбольных занятий // *Евразийский Союз Ученых (ЕСУ).* 2019. № 12 (69). С. 4–9. DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.2.69.488.