

ВЛИЯНИЕ АЭРОБНЫХ НАГРУЗОК НА ПРОЦЕССЫ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ

С.А. Заварухина

Уральский государственный университет физической культуры, г. Челябинск

Цель – изучить содержание продуктов перекисного окисления липидов, уровня антиокислительной активности в слюне женщин 20–39 лет, занимающихся аэробикой. У занимающихся аэробикой в течение трех лет процесс долговременной адаптации к физическим нагрузкам сопровождался достоверным возрастанием активности антиоксидантной системы на 6–57 %, снижением содержания изопренола-растворимых молекулярных продуктов перекисного окисления липидов на 6–12 %, увеличением концентрации первичных гептанрастворимых липопероксидов на 17–21 %. Физические нагрузки субмаксимальной мощности у женщин 20–39 лет сопровождалась достоверным снижением уровня гептанрастворимых и увеличением уровня изопренола-растворимых липопероксидов. Позволили установить особенности адаптации системы «перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита» к умеренным физическим нагрузкам у женщин 20–39 лет, что способствует расширению современных представлений о частных и общих особенностях физиологических и биохимических принципов адаптации к физическим нагрузкам. Параметры системы «перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита» в слюне могут быть использованы в качестве доступного и высокоинформативного критерия оценки напряженности выполняемой мышечной работы.

Ключевые слова: перекисное окисление липидов, первичные и вторичные продукты перекисного окисления липидов, окисляемость липидов, антиокислительная активность.

Введение. Адаптация человека к мышечной деятельности является одной из главных проблем биохимии и физиологии. В естественных условиях двигательная активность выступает как мощный оздоровительный фактор, расширяющий функциональные возможности различных физиологических систем. Хорошо известным является тот факт, что умеренные физические нагрузки аэробной направленности оказывают положительное воздействие на функцию дыхательной, сердечно-сосудистой и других систем, способствуют повышению общей работоспособности человека. Адекватные физические нагрузки увеличивают устойчивость организма к оксидативному стрессу любой природы благодаря увеличению функциональных мощностей систем транспорта кислорода, митохондриальной системы, а также развитию адаптивных изменений в системе «перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита». В то же время хорошо известно, что активация процессов липопероксидации, сопровождающая интенсивные физические нагрузки, способна вызвать значительные нарушения в работе различных органов и систем и тем самым нивелировать положительное влияние

физической активности на состояние здоровья, а основными причинами инициации процессов липопероксидации при интенсивной мышечной работе являются недостаточное снабжение тканей кислородом и чрезмерная активация симпатoadренальной системы [2–9]. Изменение показателей системы «перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита» служит отражением изменения общего метаболизма, поэтому требуется тщательное изучение закономерностей воздействия различных физических нагрузок на сбалансированность системы «перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита» в организме [1].

Методы и организация исследования.

В течение трех лет было обследовано 114 женщин 20–39 лет. Экспериментальную группу составили женщины, занимающиеся аэробикой 2 ч в неделю; в контрольную группу вошли женщины соответствующей возрастной группы, ведущие обычный образ жизни. Женщины обеих групп были разделены на две возрастные подгруппы: 20–29 лет и 30–39 лет. Обследования проводились в осенний (октябрь) и весенний (май) периоды. Определенные продукты перекисного окисления липи-

дов в гептан-изопропанольных экстрактах биологического материала производилось спектрофотометрическим методом по И.А. Волчегорскому с соавт. (1989, 2000). Определение конечных продуктов перекисного окисления липидов проводилось спектрофотометрическим методом по Е.И. Львовской с соавт. (1991). Определение интенсивности аскорбатиндуцированного перекисного окисления липидов проводилось по методике Е.И. Львовской (1998). Статистическая обработка экспериментальных данных была выполнена с использованием статистического лицензионного пакета SPSS 12.0. Рассчитывались средняя арифметическая вариационного ряда (\bar{m}) и ошибка (m). Для определения достоверности различий переменных вычислялся уровень значимости различий (t -критерий Стьюдента) с определением достоверности различий (p). Различия считали значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Адаптация к физическим нагрузкам сопровождается специфическими изменениями метаболических процессов, зависящих от

характера и интенсивности физических нагрузок. Согласно полученным нами данным в возрастной группе 20–29 лет содержание первичных гептанрастворимых продуктов ПОЛ у занимающихся на 21 % превышало таковое по сравнению с контролем. Содержание вторичных и конечных гептанфильных липопероксидов в группе занимающихся было ниже контрольного на 11,3 и 6 % (табл. 1); первичных, вторичных и конечных изопропанолрастворимых продуктов на 10,1; 9,95 и 5,6 % соответственно (табл. 2). Аналогичная тенденция прослеживалась и в возрастной группе 30–39 лет. Так, у занимающихся содержание первичных гептанрастворимых липопероксидов превышало значения контрольной группы на 17,4 %. По содержанию вторичных и конечных гептанфильных продуктов ПОЛ достоверных различий выявлено не было (табл. 1). Концентрация первичных изопропанольных продуктов у занимающихся была на 11,7 % ниже по сравнению с группой контроля, содержание вторичных изопропанолрастворимых продуктов было ниже контроля на 8,3 % (табл. 2).

Таблица 1
Содержание гептанрастворимых продуктов ПОЛ в слюне женщин, занимающихся аэробикой

| Возрастные группы | | Гептанрастворимые продукты ПОЛ | | |
|-------------------|----------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| | | первичные E232 / E220 | вторичные E278 / E220 | конечные E400 / E220 |
| 20–29 лет | Контр., n = 36 | 0,436 ± 0,042 | 0,309 ± 0,046 | 0,034 ± 0,009 |
| | Заним., n = 29 | 0,528 ± 0,036 $P_2 < 0,05$ | 0,274 ± 0,043 $P_2 < 0,05$ | 0,032 ± 0,011 |
| 30–39 лет | Контр., n = 28 | 0,466 ± 0,054 $P_1 < 0,05$ | 0,318 ± 0,032 | 0,035 ± 0,006 |
| | Заним., n = 12 | 0,547 ± 0,032 $P_2 < 0,05$ | 0,321 ± 0,056 $P_1 < 0,05$ | 0,033 ± 0,008 |

Примечание. Здесь и в табл. 2 содержание первичных, вторичных и конечных продуктов ПОЛ выражали в единицах индекса окисления (отношение оптических плотностей гептановой и изопропанольной фаз липидного экстракта слюны). P_1 – достоверность внутригрупповых возрастных различий (группы 20–29 лет и группы 30–39 лет); P_2 – достоверность различий между показателями контрольной группы и группой занимающихся аэробикой в возрастных промежутках 20–29 лет и 30–39 лет.

Таблица 2
Содержание изопропанолрастворимых продуктов ПОЛ в слюне женщин, занимающихся аэробикой

| Возрастные группы | | Изопропанолрастворимые продукты ПОЛ | | |
|-------------------|----------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | | первичные E232 / E220 | вторичные E278 / E220 | конечные E400 / E220 |
| 20–29 лет | Контр., n = 36 | 0,334 ± 0,032 | 0,232 ± 0,032 | 0,019 ± 0,008 |
| | Заним., n = 29 | 0,300 ± 0,037 $P_2 < 0,05$ | 0,211 ± 0,026 | 0,018 ± 0,009 |
| 30–39 лет | Контр., n = 28 | 0,367 ± 0,026 $P_1 < 0,05$ | 0,241 ± 0,019 | 0,021 ± 0,006 |
| | Заним., n = 12 | 0,324 ± 0,030 | 0,221 ± 0,034 | 0,020 ± 0,008 |

Интегративная физиология

Исследование содержания гептанрастворимых продуктов перекисного окисления липидов у женщин 20–39 лет, занимающихся аэробикой, в динамике трехлетнего наблюдения показало, что наиболее выраженные изменения касались содержания первичных продуктов. Содержание первичных гептанрастворимых продуктов перекисного окисления липидов в слюне женщин 20–29 лет, занимающихся аэробикой, имело тенденцию к возрастанию и превышало значения контрольной группы (не занимающихся) на 21,1 %. Содержание первичных гептанрастворимых продуктов перекисного окисления липидов в слюне женщин 30–39 лет, занимающихся аэробикой, также имело тенденцию к возрастанию и превышало значения контрольной группы (не занимающихся) на 17,4 %. Возрастание гептанрастворимых липопероксидов, вероятнее всего, отражает изменения в системе «перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита». Поскольку гептановая фаза липидных экстрактов сосредотачивает преимущественно нейтральные липиды, можно предположить, что эти изменения связаны с возрастанием степени мобилизации свободных жирных кислот из жировых депо и их последующим окислением, что может свидетельствовать об увеличении доли аэробного пути энергообеспечения.

Уровень АОА как в группах занимающихся аэробикой женщин 20–29 лет, так и в группе 30–39 лет оказался выше по сравнению с контрольной группой (не занимающихся). Так, в возрастной группе 20–29 лет у занимающихся аэробикой женщин уровень АОА, определяемый по индуцированному аскорбатом изменению содержания первичных продуктов ПОЛ (АОА-1) в слюне, был выше на

27,2 %. Уровень АОА, определяемый по индуцированному аскорбатом изменению содержания вторичных продуктов ПОЛ (АОА-2) в слюне, был выше на 13,7 %. В возрастной группе занимающихся женщин 30–39 лет уровень АОА-1 был выше контрольного на 35,0 %. Уровень АОА, определяемый по содержанию вторичных продуктов ПОЛ после индукции аскорбатом (АОА-2), также был выше в группах, занимающихся на 10,0 % (табл. 3).

Выявленные изменения окисляемости липидов хорошо объяснимы, так как способность к перекислению является критерием сохранности липидов и отражает активность антиоксидантной системы, защищающей ненасыщенные жирные кислоты, входящие в состав фосфолипидов от действия свободных радикалов. Относительно высокий уровень АОА препятствует активному вовлечению этих субстратов в процесс свободно-радикального окисления липидов. По-видимому, повышение интенсивности индуцированного перекисного окисления липидов наряду с более низким уровнем изопропанолрастворимых продуктов перекисного окисления липидов в слюне женщин, занимающихся аэробикой, является проявлением этапа адаптации к умеренным аэробным нагрузкам. Содержание продуктов липопероксидации характеризует степень активации СРО и зависит как от характера и интенсивности физической нагрузки, так и от уровня тренированности. После выполнения субмаксимальной нагрузки наблюдалось снижение содержания гептанрастворимых продуктов перекисного окисления липидов. Наиболее значимым было снижение первичных гептанрастворимых липопероксидов: у не занимающихся снижение этой категории продуктов составило в возрастной группе 20–29 лет –

Таблица 3
Уровень аскорбатиндуцированного ПОЛ в процентах в слюне женщин, занимающихся аэробикой

| Группы обследования | | Аскорбатиндуцированное ПОЛ, % | |
|---------------------|---------------------------------------|-------------------------------|--------------|
| | | E232 / E220 | E278 / E220 |
| 20–29 лет | Занимающиеся, n = 43 | 162 ± 16,4 P < 0,05 | 139,7 ± 14,6 |
| | Контрольная (не занимающиеся), n = 26 | 134,8 ± 15,6 72,7 | 126 ± 18,6 |
| 30–39 лет | Занимающиеся, n = 22 | 154 ± 18,2 P < 0,05 | 141,2 ± 21,3 |
| | Контрольная (не занимающиеся), n = 27 | 119 ± 16,7 | 131,2 ± 17,5 |

Примечание. P – достоверность различий между контрольной группой и группой занимающихся аэробикой.

47 %, в возрастной группе 30–39 лет – 54,2 %. У занимающихся аэробикой снижение первичных гептанфильных продуктов перекисного окисления липидов составило: 19 % – в возрастной группе 20–29 лет и 8,2 % – в возрастной группе 30–39 лет.

В состоянии покоя содержание изопренола растворимых продуктов перекисного окисления липидов не различалось у занимающихся аэробикой женщин и контрольной группы. Все выявленные различия касались лишь ответной реакции системы «перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита» на физическую нагрузку в обеих группах обследуемых.

Так, субмаксимальная нагрузка у женщин контрольной группы вызывала активацию липопероксидации, что проявилось в увеличении содержания как первичных, так и вторичных изопренола растворимых продуктов перекисного окисления липидов в слюне на 10 и 17 % соответственно.

В то же время в группе тренированных женщин уровень данной категории продуктов перекисного окисления липидов не только не увеличился после субмаксимальной нагрузки, но даже имел тенденцию к снижению. Обнаруженная тенденция связана, по-видимому, с более высокими компенсаторными возможностями АОС, активность которой у занимающихся выше. Таким образом, изменения содержания изопренола растворимых продуктов перекисного окисления липидов в ответ на субмаксимальную нагрузку отражают степень адаптированности человека к интенсивной мышечной деятельности: чем выше уровень тренированности, тем менее резкие сдвиги в содержании продуктов перекисного окисления липидов вызывает нагрузка.

Выводы

1. Адаптация к систематическим (2 ч в неделю в течение 3 лет) занятиям аэробикой у женщин 20–39 лет сопровождалась достоверным увеличением содержания гептанрастворимых (на 17,4–21,0 %) и снижением содержания изопренола растворимых (на 5,6–11,7 %) продуктов перекисного окисления липидов.

2. Адаптация к систематическим занятиям аэробикой у женщин 20–39 лет сопровождалась увеличением активности антиоксидантной системы, проявляющаяся достоверным повышением уровня АОА слюны (на 10,0–35,0 %).

3. Однократные субмаксимальные физи-

ческие нагрузки у нетренированных женщин 20–39 лет вызывали выраженные изменения в системе «перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита», что проявлялось достоверным снижением содержания гептанрастворимых (на 47,0–54,0 %) и повышением содержания изопренола растворимых (на 10,0–17,0 %), продуктов перекисного окисления липидов в слюне, снижением уровня АОА (на 10,0–35,0 %).

4. Однократные субмаксимальные физические нагрузки у занимающихся аэробикой женщин 20–39 лет вызывали менее выраженное (по сравнению с незанимающимися) достоверное снижение содержания гептанрастворимых (на 8,2–19,0 %) и повышение содержания изопренола растворимых продуктов перекисного окисления липидов в слюне (на 10,0–17,0 %), повышение уровня АОА (на 6,0–57,0 %).

Литература

1. Барабой, В.А. Биоантиоксиданты / В.А. Барабой. – Киев: Книга плюс, 2006. – С. 154–155.

2. Заварухина, С.А. Состояние процессов липидной пероксидации у женщин 20–39 лет занимающихся аэробикой / С.А. Заварухина, Е.И. Львовская // Теория и практика физической культуры. – 2009. – № 4. – С. 17–22.

3. Заварухина, С.А. Влияние физических нагрузок различной интенсивности на процессы липидной пероксидации / С.А. Заварухина, Е.И. Львовская // Материалы IV Российского общества биохимиков и молекулярных биологов. – Новосибирск, 2009. – С. 436.

4. Заварухина, С.А. Влияние различных видов физических нагрузок на уровень антиоксидантной активности и интенсивность индуцированного ПОЛ в сыворотке крови и слюне спортсменов и нетренированных людей / С.А. Заварухина, Е.И. Львовская, // Материалы VII международной научной конференции студентов и молодых ученых. – М., 2009. – № 2 (25). – С. 14.

5. Заварухина, С.А. Взаимосвязь параметров липидной пероксидации и психологического статуса у женщин 20–39 лет, занимающихся аэробикой / С.А. Заварухина // Актуальные вопросы спортивной медицины, лечебной физической культуры, физиотерапии и курортологии : материалы XVI регион. науч.-метод. конф. студентов и молодых ученых. – Челябинск, 2009. – С. 228–232.

6. Заварухина, С.А. Особенности адапта-

ции системы «ПОЛ-АОЗ» при занятиях аэробикой / С.А. Заварухина, Е.И. Львовская // Спортивная медицина. – 2009. – № 3. – С. 61–65.

7. Заварухина, С.А. Влияние субмаксимальных физических нагрузок на содержание молочной кислоты и активность трансаминаз в слюне женщин 20–39 лет, занимающихся аэробикой / С.А. Заварухина // Актуальные проблемы восстановительной медицины: материалы IV обл. науч.-практ. конф. – Челябинск: УралГУФК, 2009. – С. 75–80.

8. Заварухина, С.А. Состояние системы «Перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита» под влиянием аэробных физических нагрузок / С.А. Заварухина // Физио-

логические и биохимические основы педагогические технологии адаптации к разным по величине физическим нагрузкам: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Казань: Поволжская ГАФКСиТ, 2012. – Т. 1. – С. 14–18.

9. Заварухина, С.А. Вариабельность сердечного ритма и адаптивные резервы хоккеистов 15–16 лет в соревновательном периоде подготовки / С.А. Заварухина, Е.Ф. Сурина-Марышева // Физиологические и биохимические основы педагогические технологии адаптации к разным по величине физическим нагрузкам: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Казань: Поволжская ГАФКСиТ, 2012. – Т. 1. – С. 222–224.

Заварухина Светлана Александровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биохимии, Уральский государственный университет физической культуры (Челябинск), s.v.fisher@yandex.ru.

Поступила в редакцию 3 июня 2015 г.

DOI: 10.14529/ozfk150303

LIPID PEROXIDATION PROCESSES AS INFLUENCED BY AEROBIC LOADS

S.A. Zavaruhina, Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russian Federation, s.v.fisher@yandex.ru

Aim: to study lipid peroxidation products, levels of antioxidant activity in saliva of women aged 20–39 engaged in aerobics. In women engaged in aerobics for three years long-term adaptation to physical loads was accompanied with significant increase in antioxidant system – by 6–57 %, decrease in content of isopropanol-soluble molecular products of lipid peroxidation by 6–12 %, increase in concentration of primary heptane-soluble lipid peroxides by 17–21 %. Submaximal physical loads for 20–39-year-old women were associated with significant decrease in levels of heptane-soluble lipid peroxides and increase in levels of isopropanol-soluble lipid peroxides. The results have discovered features of how ‘lipid peroxidation – antioxidant protection’ system is adapted to moderate physical loads in 20–39-year-old women that provides better understanding of particular and general features of physiological and biological principles of adaptation to physical loads. Parameters of ‘lipid peroxidation – antioxidant protection’ in saliva may be used as an available and informative criterion in estimation of performed muscular work intensity.

Keywords: lipid peroxidation, primary and secondary lipid peroxidation products, lipid oxidation susceptibility, antioxidant activity.

References

1. Baraboy B.A. *Bioantioksidanty* [Bio-Antioxidants]. Kiev, Book Plus Publ., 2006, pp. 154–155.
2. Zavarukhina S.A., L'vovskaya E.I. [The Condition of Lipid Oxidation Processes for Women 20–39 Years Doing Aerobics]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*. [Theory and practice of Physical Culture], 2009, no. 4, pp. 17–22. (in Russ.)

3. Zavarukhina S.A., L'vovskaya E.I. [Influence of Physical Loads of Various Intensity on Lipid Oxidation Processes]. *Materialy IV Rossiyskogo obshchestva biokhimikov i molekulyarnykh biologov*. [Proceedings of IV Russian Society of Biochemists and Molecular Biologists], 2009, p. 436. (in Russ.)
4. Zavarukhina S.A., L'vovskaya E.I. [Influence of Different Types of Physical Loads on the Antioxidant Activity Level and Intensity of Induced LP in Blood Serum and Sportsmen's Saliva and Untrained People]. *Materialy 7 mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh* [Proceedings of VII International Science Conference of Students and Young Scientists], 2009, no. 2 (25), p. 14. (in Russ.)
5. Zavarukhina S.A. [Correlation Between Parameters of Lipid Peroxidation and Psychological Status of Women 20–39 Years Doing Aerobics] *Aktual'nye voprosy sportivnoy meditsiny, lechebnoy fizicheskoy kul'tury, fizioterapii i kurortologii: materialy XVI region. nauch.-metod. konf. studentov i molodykh uchenykh* [The Urgent Questions of Sport Medicine, Physiotherapy Exercises, Physical Therapy and Balneology. Proceedings of XVI Regional Science and Methodic Conference of Students and Young Scientists], 2009, pp. 228–232. (in Russ.)
6. Zavarukhina S.A., L'vovskaya E.I. [Peculiarities of LP-AP System Adaptation While Doing Aerobics]. *Sportivnaya meditsina* [Sports Medicine], 2009, no. 3, pp. 61–65. (in Russ.)
7. Zavarukhina S.A. [Influence of Submaximal Physical Activities on the Content of Lactic Acid Transaminase Activity in the Saliva of Women 20–39 Years Old, Aerobics]. *Aktual'nye problemy vosstanovitel'noy meditsiny: materialy IV obl. nauch.-prakt. konf.* [Actual Problems of Regenerative Medicine. Materials IV Regional Scientific-Practical Conference], 2009, pp. 75–80. (in Russ.)
8. Zavarukhina S.A. [System Status Lipid Peroxidation – Antioxidant Protection Under the Influence of Aerobic Physical Activities]. *Fiziologicheskie i biokhimicheskie osnovy pedagogicheskie tekhnologii adaptatsii k raznym po velichine fizicheskim nagruzkam: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Physiological and Biochemical Bases of Educational Technology to Adapt to Different Sizes Physical Activity. Materials of the International Scientific-Practical Conference], 2012, vol. 1, pp. 14–18. (in Russ.)
9. Zavarukhina S.A., Surina-Marysheva E.F. [Heart Rate Variability and Adaptive Reserves of Players 15–16 Years in the Competitive Period of Preparation]. *Fiziologicheskie i biokhimicheskie osnovy pedagogicheskie tekhnologii adaptatsii k raznym po velichine fizicheskim nagruzkam: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Physiological and Biochemical Bases of Educational Technology to Adapt to Different Sizes Physical Activity. Materials of the International Scientific-Practical Conference], 2012, vol. 1, pp. 222–224. (in Russ.)

Received 3 June 2015

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Заварухина, С.А. Влияние аэробных нагрузок на процессы перекисного окисления липидов / С.А. Заварухина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2015. – Т. 15, № 3. – С. 18–23. DOI: 10.14529/ozfk150303

FOR CITATION

Zavarukhina S.A. Lipid Peroxidation Processes as Influenced by Aerobic Loads. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Education, Healthcare Service, Physical Education*, 2015, vol. 15, no. 3, pp. 18–23. (in Russ.) DOI: 10.14529/ozfk150303
