

СОСТОЯНИЕ СВОБОДНО-РАДИКАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ СПОРТИВНОГО МАСТЕРСТВА У КОНЬКОБЕЖЦЕВ

О.Б. Цейликман, И.В. Киреенко, Д.А. Губкин, Е.А. Рудина, А.В. Линин
ЮУрГУ, г. Челябинск

Получены данные, свидетельствующие о более высоком уровне свободно-радикального окисления у конькобежцев высокой спортивной квалификации. У мастеров спорта и кандидатов в мастера спорта отмечено повышение интенсивности окисления белков и липопероксидации.

Ключевые слова: конькобежцы, свободно-радикальное окисление, окисление белков, липопероксидация.

Для конькобежного спорта, как и для других циклических видов спорта, характерна аэробная направленность тренировочного процесса, что предусматривает активацию кислород-зависимых механизмов энергопродукции, при систематически выполняемых физических нагрузках [1, 2, 5]. В свою очередь, это приводит к увеличению содержания миоглобина и увеличению мощности митохондриального окисления как на уровне дегидрогеназ цикла трикарбоновых кислот, так и на уровне дыхательной цепи митохондрий. У высококвалифицированных спортсменов-конькобежцев по мере роста общефизической подготовки возрастают аэробные возможности. Предполагаемым последствием увеличения эффективности аэробного энергообеспечения у тренированных спортсменов может быть активация свободно-радикального окисления. Известно, что генерация активных форм кислорода является побочным следствием работы дыхательной цепи митохондрий. Поэтому представляется вероятным усиление таких звеньев свободно-радикального окисления, как липопероксидация и окислительная деструкция белков по мере роста у конькобежцев спортивного мастерства. Проверка этого предположения составила цель настоящего исследования.

Методика. Исследование выполнено на 24 добровольцах-конькобежцах. Среди них 10 спортсменов имели квалификацию 1-го разряда, 14 – кандидаты в мастера спорта и мастера спорта. Для биохимических исследований кровь забирали из вены в утренние часы натощак. Для оценки уровня свободно-радикального окисления в сыворотке крови определяли содержание окислительно-модифицированных белков, по Е.Е. Дубининой и соавт. [3], молекулярных продуктов ПОЛ по И.А. Волчегорскому и соавт. [6]. Кроме того, по уровню Fe^{+2} аскорбат индуцированному ПОЛ [4] определяли окисляемость липидов экстрагируемых в изо-пропанольной фракции. Оценка статистически значимых различий осуществлялась с помощью непараметрических критериев (U-критерия Вилкоксона–

Манна–Уитни; WW-критерия Вальда–Вольфовица, λ -одностороннего критерия Колмогорова–Смирнова). Для обработки результатов исследований использовали пакет прикладных программ “Statistica 6.0 for Windows”.

Результаты и обсуждение. Установлено, что у конькобежцев более высокие аэробные возможности сопряжены с более высоким уровнем окислительной деструкции белков и липопероксидации. Так у спортсменов, имеющих квалификацию кандидата в мастера спорта и мастера спорта РФ, на 38 % повышен базальный уровень нейтральных карбонилированных белков и на 46 % базальный уровень основных карбонилированных белков. При этом не зарегистрированы статистически значимые различия по уровню окислительно-модифицированных белков индуцированных в системе Fe^{+2} - H_2O_2 (табл. 1).

Об усилении липопероксидации свидетельствует повышенное содержание гептан-растворимых Шиффовых оснований, а также гептан-растворимых кетодиенов и сопряжённых триенов у лиц с более высоким уровнем спортивного мастерства. На этом фоне у спортсменов имеющих квалификацию кандидата в мастера спорта и мастера спорта по сравнению с перворазрядниками снижено содержание изо-пропанол-растворимых диеновых конъюгатов. Разнонаправленные изменения ПОЛ в изо-пропанольной и гептановой фазах могут быть связаны с усилением активности фосфолипазы A2, обеспечивающей образование лизофосфатидов и переход ацильного радикала из полярных липидов в неполярные. В пользу изложенного свидетельствует факт сниженного уровня Fe^{+2} аскорбат индуцированного ПОЛ в изо-пропанольной фракции у высококвалифицированных спортсменов, что можно интерпретировать как более низкую окисляемость полярных липидов, вследствие снижения содержания ацильных радикалов с ненасыщенными связями, являющимися субстратами для перекисления.

Полученные результаты хорошо согласуются

Таблица 1

Влияние уровня спортивного мастерства на некоторые показатели
свободно-радикального окисления в крови у конькобежцев

| Показатель | 1 Первый разряд (n = 10) | 2 КМС+МС (n = 14) |
|--|-----------------------------------|-----------------------------|
| Продукты ПОЛ и карбонилированные белки | | |
| Гептан-растворимые кетодиены и сопряжённые триены, у.е.о | 0,086 ± 0,006 | 0,098 ± 0,007 P = 0,011U |
| Гептан-растворимые Шиффовы основания, у.е.о | 0,016 ± 0,004 | 0,028 ± 0,007 P = 0,011U |
| Изопропанол-растворимые диеновые конъюгаты (базальный уровень), у.е.о | 0,94 ± 0,015 | 0,59 ± 0,018 P = 0,007U |
| Изопропанол-растворимые диеновые конъюгаты (индуцированные), у.е.о | 1,13 ± 0,008 | 1,022 ± 0,006 P = 0,041U |
| Изопропанол-растворимые кетодиены и сопряжённые триены (индуцированные), у.е.о | 1,046 ± 0,005 | 1,039 ± 0,008 |
| Карбонилированные белки (нейтральные), мг/г белка | 0,328 ± 0,04 | 0,45 ± 0,03 P = 0,035U |
| Карбонилированные белки (основные), мг/г белка | 0,17 ± 0,02 | 0,24 ± 0,04 P = 0,04U |

Примечание: у.е.о – условные единицы окисления; U-критерий Манна-Уитни.

с данными других исследователей об усилении липопероксидации по мере роста аэробных возможностей у спортсменов [2, 5]. Наши данные свидетельствуют, что отмеченная закономерность не ограничивается ПОЛ, и помимо этого касается ещё и окислительной деструкции белков. В связи с тем, что исследовалось окисление белков сыворотки, следует обратить внимание на рост среди них молекул, утративших свою функциональную значимость у конькобежцев с высоким уровнем спортивного мастерства. Среди карбонилированных белков возможно присутствие и иммуноглобулинов. В этом случае, становится понятным высокая степень подверженности респираторным инфекциям у спортсменов с аэробным характером тренировочного процесса. В отношении увеличения уровня липопероксидации необходимо отметить, что подавляющее большинство липидов сыворотки крови находится в липопротеидных фракциях. Однако среди гептан-растворимых липидных фракций могут присутствовать и свободные жирные кислоты (СЖК) [6], которые транспортируются к тканям, как в составе липопротеидов, так и с помощью альбумина. Вполне возможно, что среди окислительно-модифицированных белков присутствуют и альбумины, которые в карбонилированном состоянии не могут эффективно поставлять СЖК в ткани. Соответственно, находясь в цирку-

ляции, СЖК становятся доступными для перекисления. Следует отметить, что молекулярные продукты ПОЛ, будучи хемоаттрактантами, обладают провоспалительными свойствами. Кроме того, не исключено, что повышение содержания окислительно-модифицированных белков отражает нарушение липид-синтезирующей функции печени вследствие развития неспецифического реактивного гепатита, сопровождающегося нарушением белок-синтезирующей функции печени. В этом случае процессы свободно-радикального окисления усиливаются вследствие нарушения синтеза белков-антиоксидантов – церулоплазмينا и трансферрина. Изложенные аргументы обосновывают представление об усилении процессов свободно-радикального окисления как о проявлении «цены адаптации».

Исследование проведено в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Литература

1. Волчегорский, И.А. «Средние молекулы» как вероятные модуляторы функций фагоцитов у спортсменов-лыжников / И.А. Волчегорский, Д.А. Дятлов, И.И. Долгушин и др. // Физиология человека. – 1996. – Т. 22, № 1. – С. 140–142.

2. Волчегорский, И.А. Влияние личностно-характерологического статуса на содержание продуктов липопероксидации в крови и антиокислительную активность крови / И.А. Волчегорский, А.Ю. Хребтова // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2004. – Т. 90, № 3. – С. 339–344.
3. Окислительная модификация белков сывотки крови человека, метод её определения / Е.Е. Дубинина, С.О. Бурмистров, Д.А. Ходов, И.Г. Поротов // Вопросы мед. химии. – 1995. – Т. 41. – С. 24–26.
4. Спектрофотометрическое определение конечных продуктов перекисного окисления липидов / Е.И. Львовская, И.А. Волчегорский, С.Е. Шемяков, Р.И. Лифшиц // Вопросы мед. химии. – 1991. – № 4. – С. 92–94.
5. Хребтова, А.Ю. Состояние систем транспорта кислорода и психофизиологические особенности у спортсменов с аэробной и анаэробной направленностью тренировочного процесса: автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.Ю. Хребтова. – Челябинск, 1999. – 24 с.
6. Экспериментальное моделирование и лабораторная оценка адаптационных реакций организма / И.А. Волчегорский, И.И. Долгушин, О.Л. Колесников, В.Э. Цейликман. – Челябинск, 2000. – 167 с.
7. McArdle, W.D. *Exercise Physiology. Energy, Nutrition and Human Performance*/ W.D. McArdle, F.I. Katch, V.L. Katch. – Philadelphia: LeaFebiger. – 1986. – 696 p.

Поступила в редакцию 23 декабря 2009 г.