

УДК 612.015.33:612.766.1 + 797.1

НАРУШЕНИЕ МЕТАБОЛИЗМА ПУРИНОВ У СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

¹Корнякова В.В., ²Конвай В.Д., ¹Муратов В.А.

¹Омский государственный медицинский университет, Омск, e-mail: rector@omsk-osma.ru;

²Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина,
Омск, e-mail: adm@omgau.ru

Проведено биохимическое обследование высококвалифицированных спортсменов легкоатлетов и лыжников в подготовительном периоде тренировочного процесса. Обследованные спортсмены на основании анамнеза и функциональных методов исследования были разделены на две группы: с признаками утомления и не имеющие их. Контрольную группу обследуемых составили лица, не занимающиеся спортом. Исследованы показатели пуринового обмена, состояния системы антиоксидантной защиты и перекисного окисления липидов. Показано, что в крови спортсменов с признаками утомления статистически значимо увеличивается концентрация урата и содержание малонового диальдегида, а показатели активности ферментов антиоксидантной защиты (глутатионредуктазы, глутатионпероксидазы, супероксиддисмутазы, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы) и содержание глутатиона снижаются по сравнению со спортсменами без признаков утомления и лицами контрольной группы. Показано, что развитие утомления у спортсменов сопровождается гиперлактациемией и интенсификацией анаэробного гликолиза, приводящих к катаболизму пуринов, истощению ферментов антиоксидантной системы и активации процессов перекисного окисления липидов.

Ключевые слова: спортсмены, кровь, утомление, пурины, перекисное окисление липидов, антиоксидантная система

THE VIOLATION OF THE METABOLISM OF PURINES AT ATHLETES OF CYCLIC SPORTS

¹Kornyakova V.V., ²Konvay V.D., ¹Muratov V.A.

¹Omsk State Medical University, Omsk, e-mail: rector@omsk-osma.ru;

²Omsk state agrarian university of P.A. Stolypin, Omsk, e-mail: adm@omgau.ru

Carried out biochemical examination of highly-qualified sportsmen athletes and skiers in the preparation period of the training process. Surveyed sportsmen on the basis of medical history and functional methods of the study were divided into two groups: with signs of fatigue and not having them. The control group consisted of 30 persons not practice sports. Investigated figures of purine metabolism, antioxidant defense system status and lipid peroxidation. It is shown that in the blood of sportsmen with the signs of fatigue significantly increases the concentration of urate and the content of malondialdehyde, but indicators of activity of antioxidant enzymes (glutathione reductase, glutathione peroxidase, superoxide dismutase, glucose-6-phosphate dehydrogenase) and glutathione content decreased compared with sportsmen without signs of fatigue and control group persons. It is shown that development of fatigue in sportsmen is accompanied by an excess of lactate and the intensification of anaerobic glycolysis, leading to the catabolism of purines, exhaustion of antioxidant enzymes and activation of lipid peroxidation.

Keywords: athletes, blood, fatigue, purines, lipid peroxidation, antioxidative system

Интенсивные физические нагрузки приводят к развитию утомления, приводящего к снижению эффективности тренировочного процесса [6, 7]. Механизм возникновения и развития утомления на сегодняшний день до конца не изучен, что лимитирует разработку новых методов своевременного распознавания этого состояния [4, 5]. В проведенных ранее исследованиях на экспериментальных животных, подвергнутых принудительному плаванию с грузом, показано, что в развитии утомления ключевая роль принадлежит нарушению пуринового обмена, а также сопряженным с ним активацией процессов перекисного окисления липидов и снижением эффективности функционирования антиоксидантной системы [1, 3]. Предположено, что аналогичные биохимические

сдвиги возникают и в организме интенсивно тренирующихся спортсменов.

Целью исследования явилась оценка состояния пуринового обмена, перекисного окисления липидов и антиоксидантной системы у спортсменов циклических видов спорта, испытывающих интенсивные физические нагрузки, с целью выявления биохимических маркеров утомления.

Материалы и методы исследования

В выборку вошли 32 спортсмена мужского пола, занимающихся легкой атлетикой и лыжным спортом, в возрасте от 17 до 20 лет. Обследуемые спортсмены имели первый спортивный разряд, разряд кандидата в мастера спорта или мастера спорта. Они были обследованы в подготовительном периоде тренировочного процесса.

Спортсмены, которые по данным анкетирования, спортивного анамнеза и функциональных

методов исследования не имели признаков утомления, составили первую группу испытуемых (ИН, $n = 32$), а имеющие их – вторую (ИН + У, $n = 10$). Контрольную группу составили лица, не занимающиеся спортом, того же возраста и пола (К, $n = 30$). При проведении исследования соблюдались требования Хельсинкской декларации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека».

Забор крови у спортсменов проводили натощак через 5–10 минут после завершения тренировки. В сыворотке крови определяли концентрацию лактата и урата унифицированными методами лабораторной диагностики. В эритроцитах исследовали активность глутатионпероксидазы (ГПО), глутатионредуктазы (ГлР), супероксиддисмутазы (СОД) и глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы (Г-6-ФДГ), содержание малонового диальдегида (МДА) и глутатиона методами, описанными в работе [2]. Для биохимического исследования крови использовали реактивы фирм «Ольвекс» (Россия), «Hospitex» (Швейцария, Италия), «Randox» (Великобритания).

Результаты исследования обработаны статистически с использованием критерия Стьюдента и непараметрических методов математического анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

Физические нагрузки у спортсменов группы ИН сопровождаются усилением анаэробного гликолиза, о чем свидетельствует увеличение в их крови содержания лактата на 96,3% по сравнению с контрольной группой ($P < 0,0001$). Вместе с тем развившийся у них лактоацидоз не сопровождается катаболизмом пуриновых мононуклеотидов до урата. Содержание мочевой кислоты в крови спортсменов группы ИН лишь на 3,2% выше, чем в контрольной группе. Это не приводит к активации ксантиноксидазной реакции и сопряженного с ней усиления процессов перекисного окисления липидов и истощению ферментов антиоксидантной системы (таблица).

У спортсменов группы ИН + У отмечается гиперлактидемия: концентрация лактата на 177,2% выше по сравнению с контрольной группой ($P < 0,0001$) и на 41,2% ($P = 0,032$) по сравнению со спортсменами группы ИН. Развившийся у спортсменов группы ИН + У лактоацидоз способствует активации ксантиноксидазной реакции, с последующим катаболизмом пуриновых мононуклеотидов, о чем свидетельствует повышение уровня мочевой кислоты в их крови на 18,6% по сравнению с лицами контрольной группы ($P = 0,028$) и на 14,9% по отношению к аналогичному показателю у спортсменов группы ИН ($P = 0,013$).

Катаболизм пуринов у спортсменов группы ИН + У сопряжен с генерированием в ксантиноксидазной реакции активных кислородных метаболитов, оказывающих повреждающее действие на мембранные структуры эритроцитов. Об этом свидетельствует увеличение в эритроцитах последних содержания МДА на 39,1% ($P = 0,039$) и 56,1% ($P = 0,003$) по отношению к значению аналогичного показателя в группах К и ИН соответственно. Липопероксидации мембранных структур эритроцитов способствует торможение активности СОД у спортсменов группы ИН + У. Она на 25,9% и 22,0% ниже по отношению к аналогичному показателю в группах К ($P = 0,029$) и ИН ($P = 0,040$) соответственно.

Генерируемые в ксантиноксидазной реакции активные кислородные метаболиты недостаточно эффективно обезвреживаются вследствие снижения активности ГПО. В эритроцитах спортсменов группы ИН + У она на 16,8% ($P = 0,024$) и 24,6% ($P = 0,004$) ниже по сравнению с аналогичным показателем в группах К и ИН соответственно. Торможение активности ГПО связано

Показатели, характеризующие окислительные процессы и пуриновый обмен в крови лиц, не занимающихся спортом (К), спортсменов, испытывающих интенсивные физические нагрузки без признаков утомления (ИН) и с признаками утомления (ИН + У), $M \pm m$

| Показатели | К, $n = 30$ | ИН, $n = 32$ | ИН + У, $n = 10$ |
|--------------------------------------|------------------|---------------------|-------------------------|
| В плазме крови | | | |
| Лактат, ммоль/л | $2,19 \pm 0,15$ | $4,30 \pm 0,28_{к}$ | $6,07 \pm 0,73_{к,ин}$ |
| Урат, мкмоль/л | 345 ± 12 | 356 ± 9 | $409 \pm 20_{к,ин}$ |
| В эритроцитах | | | |
| Малоновый диальдегид, мкмоль/л | 274 ± 16 | 244 ± 7 | $381 \pm 46_{к,ин}$ |
| Супероксиддисмутаза, ед. СОД/мл | 328 ± 18 | 312 ± 15 | $243 \pm 20_{к,ин}$ |
| Глутатионпероксидаза, МЕ/мл | $29,1 \pm 1,0$ | $32,1 \pm 1,6$ | $24,2 \pm 1,6_{к,ин}$ |
| Глутатион, ммоль/л | $1,043 \pm 0,08$ | $1,027 \pm 0,04$ | $0,832 \pm 0,03_{к,ин}$ |
| Глутатионредуктаза, МЕ/мл | $4,26 \pm 0,16$ | $4,38 \pm 0,16$ | $3,55 \pm 0,19_{к,ин}$ |
| Глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназа, МЕ/л | $99,2 \pm 7,7$ | 121 ± 8 | $64,8 \pm 7,7_{к,ин}$ |

Примечание. к – различие статистически значимо по сравнению с контролем; ин – со спортсменами группы ИН.

с развившимся дефицитом глутатиона. Содержание этого трипептида в эритроцитах спортсменов группы ИН + У снижено по сравнению с контролем и спортсменами группы ИН на 20,2% ($P = 0,015$) и 19,0% ($P = 0,005$) соответственно.

Развитие дефицита глутатиона можно связать как с усиленным вовлечением его в реакции инактивации перекисных соединений, так и с недостаточно эффективным восстановлением образующегося при этом глутатиондисульфида в реакции, катализируемой ГлР. Активность последней в эритроцитах спортсменов группы ИН + У снижена на 16,7% ($P = 0,032$) по сравнению с контролем и на 18,9% ($P = 0,008$) относительно аналогичного показателя у спортсменов группы ИН. Торможение ГлР возможно вследствие недостаточной обеспеченности данного энзима НАДФН₂, генерируемого в реакциях пентозного цикла. О торможении последнего свидетельствует снижение активности Г-6-ФДГ [на 34,7% по сравнению с контролем ($P = 0,032$) и 46,4% по отношению к спортсменам группы ИН ($P = 0,001$)].

Закключение

Таким образом, метаболические изменения в крови спортсменов, испытывающих интенсивные физические нагрузки и имеющих признаки утомления, схожи с таковыми у экспериментальных животных, подвергнутых принудительному плаванию с грузом. Они характеризуются интенсификацией анаэробного гликолиза с развитием лактоацидоза, инициирующих усиленный катаболизм пуринов до урата. Последнее сопровождается активацией процессов свободнорадикального окисления в эритроцитах вследствие активации ксантинооксидазной реакции с последующей деструкцией их мембран образующимися активными кислородными метаболитами, угнетением компонентов антиоксидантной системы и ферментов пентозного цикла. Эти явления лежат в основе функциональных нарушений, развивающихся при утомлении.

Список литературы

1. Корнякова В.В., Конвай В.Д. Роль нарушения метаболизма пуринов в повреждении кардиомиоцитов крыс при физических нагрузках // Омский научный вестник. – 2012. – № 1 (108). – С. 96–99.

2. Корнякова В.В., Конвай В.Д. Нарушение пуринового обмена в кардиомиоцитах крыс при интенсивных физических нагрузках и его коррекция селенитом натрия // Омский научный вестник. – 2013. – № 1 (118). – С. 163–165.

3. Корнякова В.В., Конвай В.Д., Фомина Е.В. Антиоксидантный статус крови при физических нагрузках и его коррекция // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 1. – С. 47–51.

4. Полевщиков М.М. Определение наступления утомления человека при выполнении физической нагрузки психофизиологическими методами / М.М. Полевщиков, В.В. Рожнецов, Ю.С. Палагин, Р.Ю. Матвеев // Вестник восстановительной медицины. – 2010. – № 3. – С. 22–24.

5. Полевщиков М.М. Оценка утомления при занятиях физической культурой и спортом / М.М. Полевщиков, А.М. Шрага, В.Е. Афоншин, В.В. Рожнецов // Теория и практика физ. культуры. – 2014. – № 7. – С. 75–78.

6. Поликарпочкин А.Н. Коррекция прооксидантно-антиоксидантного баланса организма спортсменов путем приема комплекса дигидрокверцетин + и апитонус + в соревновательном периоде учебно-тренировочного цикла / А.Н. Поликарпочкин, И.В. Левшин, Д.Г. Елистратов, Ю.А. Поварешенкова, А.А. Поликарпочкина // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2014. – № 4 (110). – С. 121–127.

7. Солодков А.С. Особенности утомления и восстановления спортсменов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2013. – № 6 (100). – С. 131–143.

References

1. Kornyakova V.V., Conway V.D. *Omsk Scientific Bulletin*, 2012, no. 1(108), pp. 96–99.

2. Kornyakova V.V., Conway V.D. *Omsk Scientific Bulletin*, 2013, no. 1(118), pp. 163–165.

3. Kornyakova V.V., Conway V.D., Fomina E.V. *Fundamental research*, 2012, no. 1, pp. 47–51.

4. Polevshchikov M.M., Rozhentsov V.V., Palagin Yu.S., Matveev R.Yu. *Journal of rehabilitation medicine*, 2010, no. 3, pp. 22–24.

5. Polevshchikov M.M., Shraga A.M., Afonshin V.E., Rozhentsov V.V. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2014, no. 7, pp. 75–78.

6. Polikarpochkin A.N., Levshin I.V., Elistratov D.G., Povareschenkova Yu.A., Polikarpochkina A.A. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, 2014, no. 4 (110), pp. 121–127.

7. Solodkov A.S. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, 2013, no. 6 (100), pp. 131–143.

Рецензенты:

Кудря О.Н., д.б.н., доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры, ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта», г. Омск;

Синдирева А.В., д.б.н., доцент, профессор кафедры экологии, природопользования и биологии, ФГБОУ ВПО «Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина», г. Омск.