Биомедицинская химия, 2014 том 60, вып. 5, с. 591-595.

КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 612.015
©Петрушова, Микуляк

КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ РАВНОВЕСИЕ КРОВИ СПОРТСМЕНОВ ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

О.П. Петрушова*, Н.И. Микуляк

Пензенский государственный университет,
Пенза, ул Красная, 40; тел.: 8(8412)368413; эл. почта: olga-petrushova@rambler.ru

Исследованы показатели кислотно-основного состояния (КОС) в крови спортсменов при физической нагрузке. В состоянии покоя уровень лактата в крови соответствовал физиологической норме. Обнаружены высокие значения парциального давления углекислого газа (pCO_2), гидрокарбонатных ионов (HCO_3^-), избыток буферных оснований (BE). При физической нагрузке в капиллярной крови спортсменов отмечалось увеличение уровня лактата, снижение pH, BE, HCO_3^-, pCO_2, что указывает на развитие лактат-ацидоза, который частично компенсируется карбонатной буферной системой крови и респираторным алкалозом. В периоде раннего восстановления кислородный дефицит устранялся, в результате в капиллярной крови спортсменов отмечалось снижение лактата, увеличение pCO_2, BE, HCO_3^-.

Полученные результаты исследования могут быть использованы для своевременной диагностики нарушений КОС и их коррекции с целью сохранения физической работоспособности организма спортсменов.

Ключевые слова: лактат, ацидоз, кислородный дефицит, гликолиз, кислотно-основное равновесие, кровь.

ВВЕДЕНИЕ

В практике спорта большое значение имеет жёсткий контроль за параметрами кислотно-основного равновесия (КОР) крови. Физическая работа, особенно анаэробного характера, всегда сопровождается нарастанием кислородного дефицита в организме. В таких условиях большое значение имеет гликолитический путь ресинтеза АТР, конечным продуктом которого является молочная кислота. Лактат поступает из мышц в кровь, вызывая сдвиг pH в кислую сторону. Это, в свою очередь, может способствовать многочисленным метаболическим нарушениям, способствующим срыву процессов адаптации к физической работе [1-4].

При систематическом занятии спортом в организме отмечаются существенные биохимические изменения, что позволяет спортсменам развивать положительные компенсаторные реакции при выполнении физической работы. Такие сдвиги происходят и в кислотно-основном равновесии тканей и крови [5-12].

Регулярные тренировки способствуют повышению буферных резервов организма, что является необходимым условием для поддержания pH при закислении. При недостаточном развитии щелочной ёмкости крови, механизмов почечной и лёгочной компенсации может происходить более раннее прекращение работы, связанное, прежде всего, со снижением интенсивности энергообразующих процессов [5-12]. Поэтому является актуальным исследование механизмов адаптации кислотно-основного равновесия организма спортсменов при физической нагрузке.

Целью данной работы было изучение механизмов адаптации кислотно-основного равновесия крови пловцов при физической работе.

МЕТОДИКА

Объектом исследования служила капиллярная кровь, полученная с согласия обследованных на сбор биологического материала, в которой определяли pH, pCO_2 (парциальное давление углекислого газа), уровень HCO_3^-,

* - адресат для переписки

BE (дефицит или избыток буферных оснований), концентрацию лактата.

Экспериментальную группу составили пловцы с квалификацией мастера спорта и мастера спорта международного класса. Спортсмены выполняли тест: 4×50 м с интервалами отдыха 1 мин 30 сек – 1 мин 15 сек – 1 мин. Показатели кислотно-основного равновесия крови были изучены до, во время физической работы и в периоде раннего восстановления.

Показатели кислотно-щелочного равновесия определяли на анализаторе критических состояний Cobas b 221 ("Roche Diagnostics", Швейцария).

Парциальное давление углекислого газа, pH в крови определяли с помощью потенциометрических микроэлектродов.

Величину HCO_3^- в крови вычисляли по результатам измерения величин pH и pCO_2, для чего использовали следующее уравнение [13]:

$$cHCO_3^- = 0{,}0307pCO2 \times 10^{(pH-6{,}105)}$$

Избыток и дефицит буферных в крови оснований определялись с помощью измеренных параметров с использованием следующего уравнения:

$$BE = (1\text{-}0{,}014\ ctHb) \times [(1{,}43\ ctHb + 7{,}7) \times (pH - 7{,}4) - 24{,}8 + cHCO_3^-]$$

Величину лактата в крови определяли с помощью ферментного электрода с иммобилизованной лактатдегидрогеназой ("Roche Diagnostics").

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования показали, что до физической работы уровень лактата в капиллярной крови спортсменов соответствует физиологической норме (рис. 1). Нарушений со стороны кислотно-основного состояния не выявлено. Следует отметить имеющуюся гиповентиляцию лёгких, что выражается в высоких значениях парциального давления углекислого газа (рис. 2). На фоне этого, вероятно, происходит нарастание буферных резервов крови, так как отмечается избыток BE и гидрокарбонатных ионов. Возможно, на доработчем уровне у спортсменов отмечается респираторный ацидоз, компенсированный метаболическим алкалозом. Такое исходное состояние должно позволить лучше переносить предстоящее закисление организма при выполнении физической работы (рис. 1-5).

При выполнении тестовой нагрузки в капиллярной крови спортсменов обнаружено существенное увеличение уровня лактата.

Накопление молочной кислоты привело к значительному закислению крови, то есть при выполнении физической нагрузки развился метаболический лактат-ацидоз. На этом фоне наблюдаются компенсаторные реакции со стороны буферных резервов крови, что выражается в снижении уровня BE и концентрации гидрокарбонатных ионов. Кроме того, при выполнении теста в капиллярной крови пловцов отмечается снижение парциального давления углекислого газа. Это указывает на подключение лёгочного механизма компенсации нарушений КОС, выражающееся в гипервентиляции (рис. 1-5).

Таким образом, при выполнении физической работы в организме спортсменов развивается метаболический ацидоз, который частично компенсируется респираторным алкалозом и буферными резервами крови, что позволяет более длительное время поддерживать

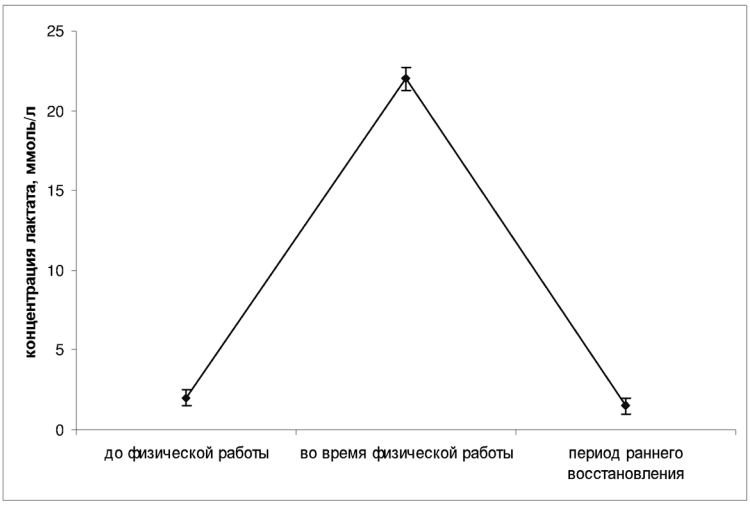

Рисунок 1. Концентрация лактата в капиллярной крови пловцов до физической работы, во время физической работы и в периоде раннего восстановления, ммоль/л.

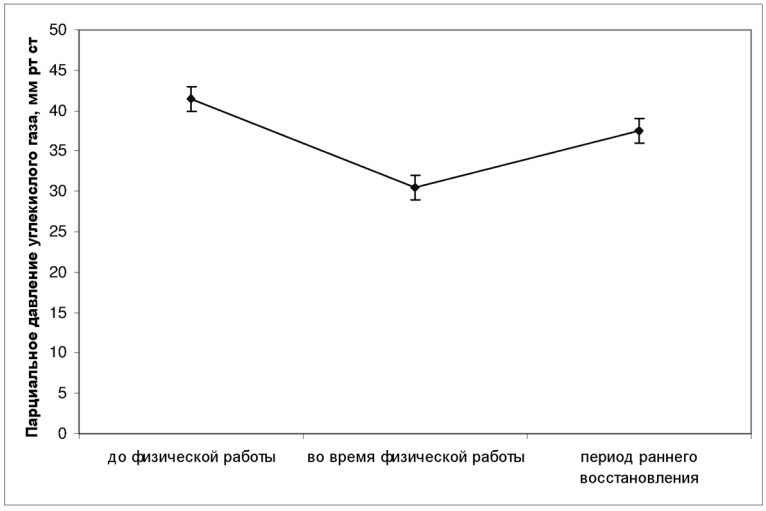

Рисунок 2. Уровень парциального давления углекислого газа в капиллярной крови пловцов до физической работы, во время физической работы и в периоде раннего восстановления, мм рт ст.

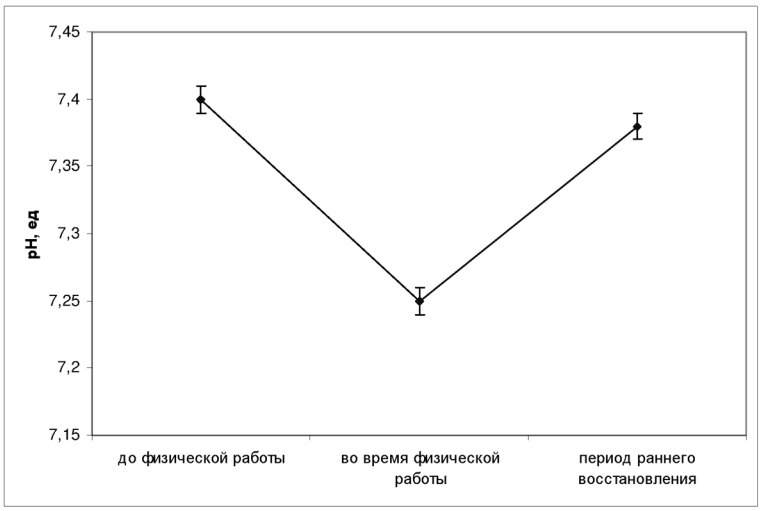

Рисунок 3. Уровень pH в капиллярной крови пловцов до физической работы, во время физической работы и в периоде раннего восстановления, ед.

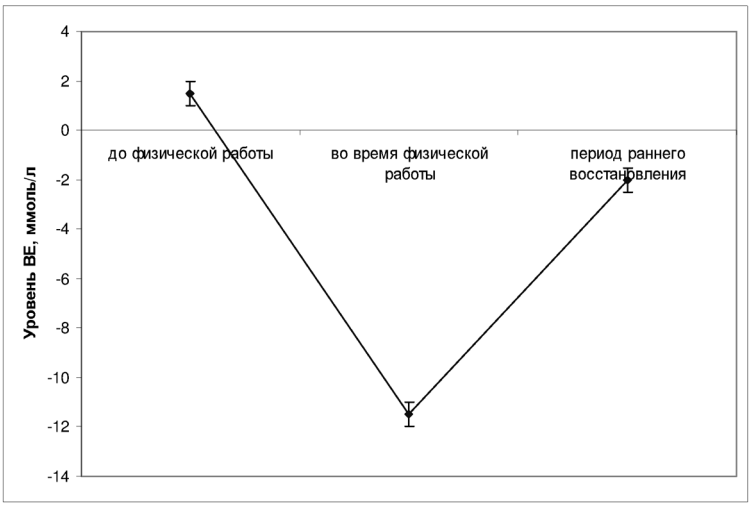

Рисунок 4. Уровень BE в капиллярной крови пловцов до физической работы, во время физической работы и в периоде раннего восстановления, ммоль/л.

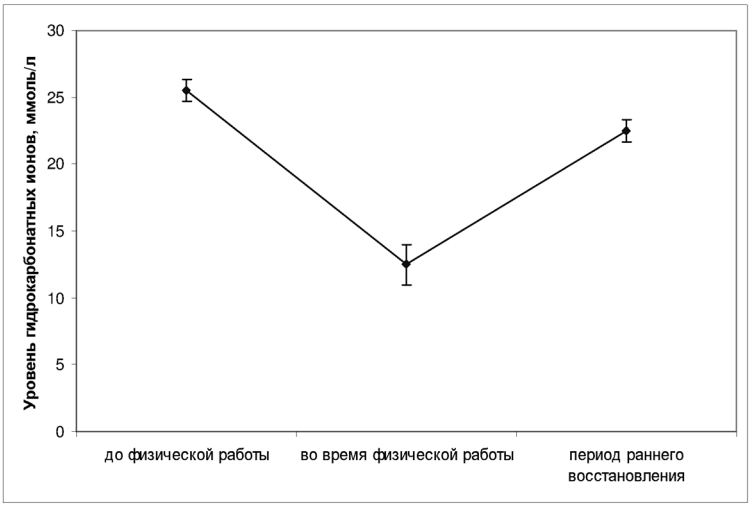

Рисунок 5. Уровень гидрокарбонатных ионов в капиллярной крови пловцов до физической работы, во время физической работы и в периоде раннего восстановления, ммоль/л.

механизмы энергообразования и сохранять работоспособность. Кроме того, на высокий уровень развития щелочных резервов крови указывает высокое соотношение концентрации лактата к уровню BE. Оценка адекватности компенсаторного ответа организма на метаболический ацидоз произведена при сопоставлении значений лактата и pH, то есть на фоне высоких значений молочной кислоты не происходит существенного падения pH.

Необходимо отметить, что возвращение показателей кислотно-основного равновесия крови пловцов к физиологическим нормам происходило довольно быстро, что указывает на высокий уровень тренированности спортсменов. Такой фон облегчает дальнейшее восстановление организма и подготавливает к следующей нагрузке. Устранение кислых метаболитов способствует созданию адекватных условий для синтетических процессов, которые являются основой для закрепления результатов тренировок, повышения квалификации и достижения высоких спортивных результатов. Напротив, недостаточное удаление лактата из крови спортсменов в периоде раннего восстановления может приводить к дополнительному напряжению буферных систем организма, что, в свою очередь, вызывает срыв адаптационных реакций с угрозой развития утомления. В результате к следующей тренировке спортсмен подходит в состоянии неполного восстановления.

Таким образом, при выполнении физической работы анаэробного характера в организме отмечаются существенные компенсаторные сдвиги в КОР, которые позволяют длительное время сохранять работоспособность. Полученные результаты позволяют своевременно диагностировать нарушения КОС в организме, что облегчает дальнейшую коррекцию подобных сдвигов. Кроме того, полученные данные могут быть использованы для построения тренировочного процесса с целью развития буферных резервов крови.

ВЫВОДЫ

1. В организме пловцов до физической работы отмечается высокий уровень развития буферных резервов крови и механизмов лёгочной компенсации, что определяет готовность к выполнению физической работы.

2. При физической нагрузке в организме пловцов развивается метаболический лактат-ацидоз, который частично компенсируется буферными основаниями крови и респираторным алкалозом.

3. В периоде раннего восстановления наблюдается интенсивный процесс окисления лактата и быстрое возвращение к норме показателей буферной системы крови.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ткачук В.А. (ред.)* (2004) Клиническая биохимия, ГЭОТАР-МЕД, М.
2. *Волков Н.И., Несен Э.Н., Осипенко А.А., Корсун С.Н.* (2000) Биохимия мышечной деятельности, Олимпийская литература, Киев.
3. *Дементьева И.И.* (2007) Лабораторная диагностика и клиническая оценка нарушений гомеостаза у больных в критическом состоянии при хирургических вмешательствах и в отделении интенсивной терапии, ЗАО "Рош-Москва", М.

4. *Маршалл В.Дж.* (2011) Клиническая биохимия, BINOM PUBLISHERS, M.
5. *Солвей Дж.Г.* (2011) Наглядная медицинская биохимия, ГЭОТАР-МЕД, M.
6. *Carr A.J., Hopkins W.G, Gore C.J.* (2011) Sports Med., **41**, 801-814.
7. *Meyer N.D., Bayly W.M., Sides R.H., Wardop K.J., Slinker B.K.* (2010) Equine Vet. J., **42**, 185-190.
8. *Rojas Vega S., Hollmann W., Vera Wahrmann B., Struder H.K.* (2012) Int. J. Sports Med., **33**, 8-12.
9. *Trepanowski J.F., Farney T.M., McCarthy C.G., Schilling B.K., Craig S.A., Bloomer R.J.* (2011) J. Strength Cond. Res., **25**, 3461-3471.
10. *Vanhatalo A., McNaughton L.R., Siegler J., Jones A.M.* (2010) Med. Sci. Sports Exerc., **42**, 563-570.
11. *Wahl P., Zinner C., Achtzehn S., Behringer M., Bloch W., Mester J.* (2011) Eur. J. Appl. Physiol., **111**, 1405-1413.
12. *Zabala M., Peinado A.B., Calderon F.J., Sampedro J., Castillo M.J., Benito P.J.* (2011) Eur. J. Appl. Physiol., **111**, 3127-3134.
13. *Gaw A.A., Cowan R.A., Stewart M.J., Sheperd J.* (1999) Clinical Biochemistry, Edinburgh, Churchill Livingstone.

Поступила: 17. 04. 2013.

BLOOD ACID-BASE BALANCE OF SPORTSMEN DURING PHYSICAL ACTIVITY

O.P. Petrushova, N.I. Mikulyak

Penza State University,
ul. Krasnaya, 40, Penza, Russia; tel.: 8(8412)368413; e-mail: olga-petrushova@rambler.ru

The aim of this study was to investigate the acid-base balance parameters in blood of sportsmen by physical activity. Before exercise lactate concentration in blood was normal. Carbon dioxide pressure (pCO_2), bicarbonate concentration (HCO_3^-), base excess (BE), were increased immediately after physical activity lactate concentration increased, while pH, BE, HCO_3^-, pCO_2 decreased in capillary blood of sportsmen. These changes show the development of lactate-acidosis which is partly compensated with bicarbonate buffering system and respiratory alkalosis. During postexercise recovery lactate concentration decreased, while pCO_2, HCO_3^-, BE increased.

The results of this study can be used for diagnostics of acid-base disorders and their medical treatment for preservation of sportsmen physical capacity.

Key words: lactate, acidosis, anaerobic glycolysis, acid-base balance, blood.