

## СОПРЯЖЕННОСТЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И КРОВЕТВОРЕНИЯ У СПОРТСМЕНОВ

*Н.Г. Аршинова, А.Д. Викулов, А.И. Ботин*  
*Ярославский государственный педагогический университет*  
*им. К.Д. Ушинского, г. Ярославль*

**У спортсменов в покое изучена взаимосвязь между показателями вариабельности сердечного ритма и морфологического состава крови. Выявлена сопряженность в перестройке физиологических механизмов регуляции сердечной деятельности и концентрационных значений гемоглобина в крови.**

*Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, состав крови.*

Эффективность спортивной деятельности, особенно в циклических видах спорта, в значительной мере определяется оптимальной работой кардиореспираторной системы. Именно поэтому проблема циркуляторного обеспечения транспорта кислорода является фундаментальной для современной медицины и физиологии. Недостаток кислорода является основным лимитирующим физическую работоспособность фактором.

Общее количество кислорода, доставляемое мышцам, определяется содержанием гемоглобина в эритроцитах. Между количеством гемоглобина и максимальным потреблением  $O_2$  выявляется отчетливая взаимосвязь с коэффициентом корреляции, равным 0,97 [2].

Считается, что показатели вариабельности сердечного ритма, в первую очередь, отражают влияние автономной нервной системы на регуляцию ритма сердца, однако схожий баланс симпатических и парасимпатических влияний будут испытывать и другие системы организма. Так, показано, что индекс LF/HF коррелирует с симпатической активностью почек, уровнем катехоламинов в крови и активностью симпатических нервов мышц [11].

В исследовании мы предприняли попытку установления взаимосвязей между показателями вариабельности сердечного ритма и показателями морфологического состава крови.

**Организация исследования и методы.** Экспериментальную группу ( $n = 19$ ) составили спортсмены разных видов спорта (легкая атлетика, лыжный спорт, волейбол, баскетбол, плавание). Квалификация спортсменов – от 2-го разряда до кандидата в мастера спорта. Возраст – 18–23 года. Все – лица мужского пола. Все спортсмены находились в хорошей «спортивной форме». В контрольную группу вошли лица такого же возраста, пола, практически здоровые, не занимающиеся спортом ( $n = 11$ ).

Морфологический состав крови определяли на гемоцитометре. Вариабельность сердечного ритма

изучена с помощью аппаратно-программного комплекса «ВНС-Спектр» фирмы «НейроСофт» (Россия, г. Иваново). Выполнен спектральный анализ волновой структуры нормальных кардиоинтервалов.

Полученные данные подвергнуты статистической обработке. По критерию Шапиро–Уилки выборки протестированы на принадлежность к закону нормального распределения. С учетом этого достоверность отличий между показателями экспериментальной и контрольной групп определена по критерию Манна–Уитни. Методом ранговой корреляции выполнен корреляционный анализ.

**Результаты и их обсуждение.** Не выявлено статистически значимых различий ( $p > 0,05$ ) между сравниваемыми группами по показателям крови. Отмечалось лишь существенное различие по концентрации ретикулоцитов (30 %;  $p < 0,01$ ). Вместе с тем высказывается мнение о неправомерности оценки картины красной крови у спортсменов с позиции концентрационных значений [3]. У спортсменов, особенно тренирующихся на выносливость, одним из механизмов адаптации к мышечным нагрузкам является увеличение объема циркулирующей крови [7–9, 12].

В группе спортсменов на 30,3 % ( $p < 0,05$ ) была больше общая мощность волновой структуры сердечного ритма. Она составляла  $5118 \pm 1763$  мс<sup>2</sup>. При несущественных различиях между группами по спектрам VLF и LF у спортсменов на 60 % больше ( $p < 0,01$ ) была «дыхательная» компонента (HF). Это вполне соответствует литературным данным [4, 5]. У спортсменов преобладало влияние парасимпатического отдела АНС: отношение LF/HF было равно  $0,87 \pm 0,5$ ;  $20,87 \pm 0,52$ . Напротив, у лиц контрольной группы преобладало влияние симпатического отдела АНС, величина LF/HF составляла  $1,29 \pm 0,85$ .

При установлении взаимосвязей между показателями вариабельности сердечного ритма и показателями крови выявлен лишь единственный достоверный коэффициент корреляции: между LF/HF

и концентрацией гемоглобина в крови [ $r = -0,560$ ;  $p < 0,01$ ]. Отдельно в группах спортсменов и контроля такая корреляционная взаимосвязь также носила статистически значимый характер ( $p < 0,05$ ). По-видимому, концентрационные значения показателей красной крови – есть не следствие роста спортивного мастерства, а скорее один из факторов, отражающих генетически запрограммированные возможности кроветворения и создающие условия для подобного роста [3]. В исследовании такая мысль нашла еще одно подтверждение.

Известно, что на эритропоэз существенное активирующее влияние оказывает симпатическая нервная система [13]. Активация симпатической нервной системы и норадреналин способны в 2–2,5 раза увеличить продукцию эритроцитов [6]. Многие виды спортивной деятельности проходят на фоне физиологической гипоксии различной глубины и продолжительности. Несомненно, признаком гипоксии у спортсменов является усиленный эритропоэз и сдвиг возрастного состава крови в сторону более молодых форм [10, 14].

Основным гормоном, без которого невозможно поддержание эритропоэза, является эритропоэтин. Продукция эритропоэтина резко усиливается в условиях гипоксии. Основным источником синтеза эритропоэтина у человека являются почки. Их способность отвечать усилением синтеза гормона на гипоксию связана со свойством ткани почек «чувствовать» изменения напряжения кислорода, т.е. быть кислотным сенсором. Механизм «чувствительности» эритропоэтинсодержащих клеток почек (и печени) к изменению напряжения кислорода исследован на молекулярном уровне. Природа «чувствующего» кислород механизма взаимосвязана с гемосодержащим белком этих клеток [1].

В свою очередь, показатель концентрации гемоглобина был корреляционно взаимосвязан с многими показателями variability сердечного ритма и, прежде всего, с RMSSD [ $r = 0,441$ ;  $p < 0,01$ ], pNN50 [ $r = 0,495$ ;  $p < 0,01$ ]. Эти два показателя отражают активность парасимпатического отдела АНС, определяющего «дыхательную» компоненту волновой структуры сердечного ритма.

**Заключение.** Таким образом, текущее функциональное состояние организма спортсменов в покое обеспечивалось перестройкой физиологических механизмов регуляции сердечной деятельности, тесно сопряженных с регуляцией кроветворения и оптимальными концентрационными значениями гемоглобина.

#### Литература

1. Захаров, Ю.М. Эритробластический островок / Ю.М. Захаров, А.Г. Рассохин. – М.: Медицина, 2002. – 280 с.

2. Карпман, В.Л. Сердечно-сосудистая система и транспорт кислорода при мышечной работе: актовая речь / В.Л. Карпман / Клинико-физиологические характеристики сердечно-сосудистой системы у спортсменов. – М.: РГАФК, 1994. – С. 12–39.

3. Макарова, Г.А. Картина крови и функциональное состояние организма / Г.А. Макарова, С.А. Локтев. – Краснодар, 1990. – 125 с.

4. Немиров, А.Д. Информативность параметров variability сердечного ритма у спортсменов: автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.Д. Немиров. – Ярославль, 2004. – 23 с.

5. Шевченко, А.Ю. Сравнительная характеристика основных параметров variability ритма сердца у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса: автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.Ю. Шевченко. – Ярославль, 2006. – 17 с.

6. *Adrenergic modulation of erythropoiesis following severe injury is mediated through bone marrow stroma* / R.B. Fonseca, A.M. Mohr, L. Wang et al. // *Surg. Infect.* – 2004. – V. 5. – P. 385–390.

7. *Convertino V.A. Blood volume: its adaptation to endurance training* / V.A. Convertino // *Med. Sci. Sports Exerc.* – 1991. – V. 23. – P. 1338–1348.

8. *Exercise training-induced hypervolemia: role of plasma albumin, rennin, and vasopressin* / V.A. Convertino, P.J. Brock, L.C. Keil et al. // *J. Appl. Physiol.* – 1980. – V. 48. – P. 665–669.

9. *Heart acclimation improves regulation of plasma volume and plasma Na<sup>+</sup> content during exercise in horses* / M.I. Lindinger, L.J. McCutcheon, G.L. Ecker, R.J. Geor // *J. Appl. Physiol.* – 2000. – V. 88. – P. 1006–1013.

10. *Red cell 2,3-DPG, ATP, and mean cell volume in highly trained athletes. Effect of long-term submaximal exercise* / U.A. Brodthagen, K.N. Hansen, J.B. Knudsen, R. Jordal // *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* – 1985. – V. 53. – № 4. – P. 334–338.

11. *Relationship between spectral components of cardiovascular variabilities and direct measures of muscle sympathetic nerve activity in humans* / M. Pagani, N. Montano, A. Porta et al. // *Circulation.* – 1997. – V. 95. – P. 1441–1447.

12. *Ernst, E. The kinetics of blood rheology during and after prolonged standardized exercise* / E. Ernst, L. Daburger, T. Sakadeth // *Clin. Hemorheol.* – 1991. – V. 11. – P. 429.

13. *The sympathetic nerve – an integrative interface between two supersystems: the brain and the immune system* / I.J. Ekenkov, R.L. Wilder, G.P. Chrousos et al. // *Pharmacol. Rev.* – 2000. – V. 52. – P. 595–605.

14. *Training-dependent changes of red cell density and erythrocytic oxygen transport* / H. Mairbaur, E. Humpeler, G. Schwabberger, H. Pessenhofer // *J. Appl. Physiol.* – 1983. – V. 55. – P. 1403–1407.

Поступила в редакцию 10 февраля 2009 г.