

**М.В. Бочаров, А.Д. Викулов, А.И. Ботин**

**Взаимосвязь симпатико-парасимпатического равновесия и морфологических показателей крови у юных спортсменов-борцов**

Для изучения влияния физических нагрузок обследованы 25 юных спортсменов-борцов. Выявлены значимые взаимосвязи между ключевыми показателями вариабельности сердечного ритма и крови, характеризующие целенаправленное адаптивное поведение организма в меняющихся условиях внешней среды.

**Ключевые слова:** спортсмены, физические нагрузки, кровь, кровообращение, ритм сердца, вариабельность, гемоглобин.

**M.V. Bocharov, A.D. Vikulov, A.I. Botin**

**Relationship of the Sympatho-Vagal Balance and Morphological Parameters of Blood in Young Athletes-Wrestlers**

We examined 25 young sportsmen-wrestlers to study the effect of the physical activity. Significant relationships between key indicators of heart rate variability and blood variables were obtained. They indicate purposeful adaptive behaviour of the organism in changing environmental conditions.

**Key words:** athletes, exercise, blood circulation, heart rate variability, hemoglobin.

Нет сильнее физиологического фактора, влияющего на сердечно-сосудистую систему, чем интенсивная мышечная нагрузка. При воздействии нагрузок изменяются функции всех звеньев сложной системы кровообращения – сердца, магистральных сосудов скелетных мышц, системы микроциркуляции. Происходят сложные сдвиги кровотока в других органах и тканях. В результате адаптации организма к систематическим мышечным нагрузкам возрастают функциональные возможности сердечно-сосудистой системы, что доказано результатами многочисленных научных исследований. Однако большая часть таких исследований отражает увеличение функциональных возможностей отдельных органов и систем. Вместе с тем, высокая степень адаптации к условиям физической деятельности заключается, прежде всего, в совершенствовании их регулирующих механизмов, то есть в интеграции моторной и вегетативной функций [7]. С учетом всего вышесказанного нами и предпринято настоящее исследование.

Цель работы – выявить взаимосвязи между показателями регуляции сердечной деятельности и показателями морфологического состава крови.

Для реализации поставленной цели выполнено экспериментальное исследование на юных спортсменах-борцах (n=25). Возраст спортсменов – 14–16 лет. Стаж спортивных занятий – не менее 5 лет. Квалификация – I спортивный разряд и кандидат в мастера спорта России, согласно Единой Всероссийской спортивной классификации. Все наблюдаемые лица на момент исследования были практически здоровы. Исследование выполнено в середине соревновательного периода спортивной подготовки.

Морфологический состав крови определен на гематологическом анализаторе СА620 А/О Юни-мед.

Вариабельность сердечного ритма зафиксирована в положении лежа с использованием аппаратно-программного комплекса «ВНС-Спектр» фирмы «НейроСофт» (Россия, г. Иваново). При расшифровке кардиоритмограммы использованы статистические методы анализа, спектральный анализ на основании быстрых преобразований Фурье и отдельных индексов, предложенных Р.М. Баевским.

Спортсмены протестированы в беге на 60 м и на 800 м.

Весь цифровой материал обработан математико-статистическими методами на персональном компьютере в программе «Статистика». В случайных выборках определены: средняя выборочная арифметическая ( $M \pm$ ), ее стандартное отклонение ( $\pm \sigma$ ). Взаимосвязь между наблюдаемыми признаками определена с использованием метода ранговой корреляции по Спирмену.

#### Результаты исследования и их обсуждение

У борцов в покое оказались сниженными величины симпато-парасимпатического равновесия (LF/HF):  $0,78 \pm 0,33$ . Это указывает на преобладание влияния парасимпатического отдела автономной нервной системы. Одним из общих физиологических механизмов, ответственных за долговременное снижение симпато-вагусного равновесия, может быть «скрытое» увеличение питания и доставки кислорода тканям организма и снижение активирующего влияния тканевых метаболитов на симпатический отдел автономной нервной системы так называемый метабо-рефлекс [3].

Другой причиной снижения симпато-вагусного баланса у спортсменов может быть гипергемоволюмия и повышенная растяжимость артерий. Известно, что физическая тренировка приводит к увеличению объема крови, что вызывает рост центрального венозного давления и давления в полостях сердца и аорты. Установлено, что аортальные барорецепторы играют важную роль в обратной модуляции симпатической активности [3]: рост давления в аорте и каротидной артерии компенсаторно снижает симпатическую активность для нормализации артериального давления. Выявлены обратные корреляции между показателями симпатической активности и минутным объемом крови и ударным объемом крови [4]. Более того, показано, что, напротив, гиповолюмия индуцирует рост симпатической активности [5].

При этом у спортсменов-борцов отмечались высокие значения TP –  $7669 \pm 3658$  мс<sup>2</sup>. Известно, что общая мощность спектра у лиц, не занимающихся спортом, составляет 2500–3500 мс<sup>2</sup> [6–9].

Из всех изученных показателей системы крови наибольшее количество статистически значимых корреляционных взаимосвязей с показателями вариабельности сердечного ритма отмечалось для показателя концентрации гемоглобина. Между HGB и показателем общей мощности волновой структуры сердечного ритма (TP) величина коэффициента ранговой корреляции составляла [ $r = -0,684$ ;  $p < 0,05$ ], между HGB и энтро-

пией – [ $r = -0,570$ ;  $p < 0,05$ ], между HGB и SDNN – [ $r = -0,584$ ;  $p < 0,05$ ], HGB и индексом напряжения – [ $r = 0,559$ ;  $p < 0,05$ ].

Показатель концентрации гемоглобина в крови был взаимосвязан с результатом в беге на 800 м и в беге на 60 м. Величины коэффициентов ранговой корреляции равнялись соответственно [ $r = -0,408$ ;  $p < 0,05$ ] и [ $r = -0,695$ ;  $p < 0,01$ ]. Более сильная взаимосвязь с результатом в беге на 60 м, по-видимому, является отражением скоростно-силовой направленности учебно-тренировочного процесса спортсменов-борцов.

Такого же уровня корреляции отмечены между гематокритным показателем и результатами в беге.

Представляется, что отмеченные взаимосвязи свидетельствуют о сопряженных физиологических перестройках, направленных на обеспечение органов и тканей кислородом, как в условиях покоя, так и при мышечной деятельности. Именно проблема циркуляторного обеспечения транспорта кислорода является фундаментальной для спортивной медицины и физиологии [2]. Как пишет в этой работе В.Л. Карпман, обычно при рассмотрении лимитирующих механизмов основное внимание обращается на производительность сердца, а лимитирующие механизмы периферического кровообращения и, в частности, кровообращения в микроциркуляторном русле продолжают оставаться малоизученными.

В нашем исследовании у юных спортсменов выявлены относительно низкие величины гематокритного показателя:  $38,63 \pm 4,07\%$ . По данным С.Л. Сашенкова с соавторами [6], гематокрит у спортсменов-борцов 1 спортивного разряда составлял  $45,77 \pm 0,46\%$ . По данным А.А. Мельникова [4], гематокрит у спортсменов-борцов был равен  $44,74 \pm 0,45\%$ .

В уменьшении гематокритного показателя может играть определенную роль снижение симпатической активности. Низкая симпатическая активность, вероятно, будет снижать венозное сопротивление и, соответственно, гидростатическое давление и фильтрацию в капиллярном русле.

Существует несколько физиологических механизмов, обеспечивающих снижение гематокрита при уменьшении активности симпатической нервной системы. Во-первых, сниженный симпато-вагусный баланс, вероятно, способствует гемодиллюции за счет снижения фильтрационно-реабсорбционного баланса в микроциркуляции с общим эффектом накопления воды в сосудистой системе [2]. Во-вторых, другим возможным изме-

нением гематокрита может быть участие симпатической нервной системы в регуляции MCV. Показано, что катехоламины активируют  $\beta$ -адренорецепторы эритроцитов, способствуют активации ионно-транспортных насосов ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФазы;  $\text{Na}^+/\text{H}^+$ -обмена) и каналов ( $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{Cl}^-$  котранспорт), которые вызывают накопление натрия и воды в эритроцитах и рост его объема [12].

Снижение гематокрита – типичной физиологической реакцией при всех видах мышечной деятельности [3].

Ключевыми органами, регулируемыми гематокритом, являются почки. Они влияют на гематокрит через задержку воды в сосудах и через стимуляцию костномозгового эритропоэза – выброса эритропоэтина. Кроме почек, гематокрит определяется процессами фильтрации-реабсорбции жидкости в системной микроциркуляции так, что преобладание фильтрации жидкости из крови в ткань будет вызывать рост гематокрита, а преобладание реабсорбции жидкости в сосудистую систему будет снижать гематокрит. Работа почек по регуляции гематокрита и процессы движения

жидкости в микрососудах, в свою очередь, детерминируются множеством других факторов. При этом нервно-гормональная регуляция оказывает ключевое влияние на все процессы регуляции гематокрита, опосредуя многие другие влияния [3].

Показатель концентрации гемоглобина в крови у спортсменов оказался корреляционно взаимосвязан с показателем мощности «очень низкочастотного» спектра [ $r=-0,569$ ;  $p<0,05$ ]. Поскольку «очень низкочастотному» диапазону чаще всего приписывают совершенно конкретное физиологическое содержание – эрготропные функции, – то можно считать, что эта устойчивая взаимосвязь – один из физиологических механизмов, обеспечивающих адаптированность к условиям физической деятельности.

Таким образом, регулярные физические нагрузки приводят к оптимизации физиологических механизмов регуляции кровообращения: сопряженности перестроек механизмов регуляции сердечной деятельности и морфологического состава крови.

### Библиографический список

1. Белова, Е.Л. Индивидуально-типологические особенности психофизиологической адаптации у спортсменов [Текст] : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Е.Л. Белова. – Ярославль, 2005. – 22 с.
2. Карпман, В.Л. Сердечно-сосудистая система и транспорт кислорода при мышечной работе: актуальная речь [Текст] / В.Л. Карпман // Клинико-физиологические характеристики сердечно-сосудистой системы у спортсменов: сб., посвященный 25-летию кафедры спортивной медицины им. проф. В.Л. Карпмана. – М.: РГАФК, 1994. – С. 12–39.
3. Мельников, А.А. Реологические свойства крови у спортсменов [Текст] / А.А. Мельников, А.Д. Викулов. – Ярославль : Изд-во ЯГПУ, 2008. – 491 с.
4. Мельников, А.А. Комплексный анализ факторов, взаимосвязанных с реологическими свойствами крови у спортсменов [Текст] : автореф. дис. ... док. биол. наук / А.А. Мельников. – Ярославль, 2004. – 46 с.
5. Немиров, А.Д. Информативность параметров variability сердечного ритма у спортсменов [Текст] : автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.Д. Немиров. – Ярославль, 2004. – 23 с.
6. Сашенков, С.Л. Сравнительная характеристика морфо-функциональных показателей периферического отдела эритрона у спортсменов (борцов и лыжников) различной квалификации [Текст] / С.Л. Сашенков, Л.П. Варыпаева, Г.В. Усков, М.В. Мещерякова // Известия Челябинского научного центра. – 2002. – Вып. 2 (15) – С. 90–94.
7. Солодков, А.С. Адаптивные возможности человека [Текст] / А.С. Солодков // Физиология человека. – 1982. – Т. 8., № 3. – С. 445–449.
8. Сулейманов, В.Н. Адаптация сердечно-сосудистой системы младших школьников и механизмы ее регуляции в условиях применения режима повышенной двигательной активности [Текст] : автореф. дис. ... канд. биол. наук / В.Н. Сулейманов. – Ярославль, 2005. – 22 с.
9. Шевченко, А. Ю. Сравнительная характеристика основных параметров variability ритма сердца у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса [Текст] : автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.Ю. Шевченко. – Ярославль, 2006. – 17 с.
10. Charkoudian, N. Balance between cardiac output and sympathetic nerve activity in resting humans: role in arterial pressure regulation [Text] / N. Charkoudian, M.J. Joyner, C.P. Johnson // J. Physiol., 2005. V. 568. – P. 15–32.
11. Fu, O. Effects of gender and hypovolemia on sympathetic neural responses to ortostatic stress [Text] / O. Fu, S. Witkowski, K. Okazaki et al. // Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol., 2005. – V. 289. – R109–R116.
12. Lang, F. Functional significance of cell volume regulatory mechanisms [Text] / F. Lang, G. Busch, M. Ritter et al. // Physiol. Rev., 1998. – V. 78. – P. 247–306.
13. Sanders, J.S. Arterial baroreflex control of sympathetic nerve activity during elevation of blood pressure in normal man: dominance of aortic baroreflexes [Text] / J.S. Sanders, D.W. Ferguson, Mark A.L. et al. // Circulation, 1988. – V. 77. – P. 279–288.