

Ю.А. Полатайко, И.В. Радыш

Роль спортивной тренировки в улучшении функции кардиореспираторной системы

В работе показано, что спортивная тренировка на выносливость сопровождается функциональной экономизацией кардиореспираторной системы в покое, проявляющейся в снижении удельных величин потребления кислорода, легочной вентиляции и центральной гемодинамики. Пути адаптации кардиореспираторной системы и увеличения ее потенциала в процессе многолетней тренировки юных спортсменов должны быть ориентированы на создание оптимальных условий для формирования мощностных и мобилизационных характеристик функциональных реакций, направленных на доставку кислорода к работающим органам, избегая углубления тенденции "привыкания" к недостатку кислорода и избытку недоокисленных продуктов обмена.

ВВЕДЕНИЕ

Под влиянием спортивной тренировки увеличиваются функциональные возможности юных спортсменов, растут показатели аэробной производительности организма, повышается эффективность функционирования кардиореспираторной системы (КРС) [1 – 3, 6, 7]. Вместе с тем практика современного спорта свидетельствует о том, что в пределах физиологической нормы могут быть такие режимы тренировки, которые не способствуют реализации резервных возможностей организма. Это, как правило, происходит при форсированном режиме тренировок, при стремлении на каждом этапе возрастного развития достичь наивысшего специального спортивного результата [5]. Исходя из представления о большой пластичности растущего организма, наличия "сенситивных" периодов развития, существует возможность прогнозирования отрицательного влияния интенсивных спортивных нагрузок для формирования потенциала важнейших функциональных систем организма в процессе возрастного раз-

вития, сочетающегося с напряженными физическими тренировками.

Целью нашей работы было изучение особенностей функционального состояния кардиореспираторной системы юных спортсменов при многолетней спортивной тренировке.

МЕТОДИКА

Обследовано 156 юных спортсменов в возрасте от 12 до 18 лет, учащихся спортивных школ и членов юношеских сборных команд по плаванию, а также 15 взрослых спортсменов высокой квалификации в возрасте от 20 до 26 лет. В качестве контрольной группы обследовались школьники и студенты аналогичного возраста, не занимающиеся систематически спортивными тренировками.

В сравнительно-физиологических исследованиях использовали комплексный метод исследования внешнего дыхания, газообмена и кардиогемодинамики [4] с помощью газоаналитического комплекса "Oxuson Alpha" (Германия). При этом регистрировали

вентиляцию легких (V_E , л·мин⁻¹), частоту дыхания ($f_{T, \text{мин}}$), дыхательный объем (V_T , л), концентрацию O_2 и CO_2 в выдыхаемом ($F_{E O_2}$, $F_{E CO_2}$, %) и в альвеолярном воздухе ($F_{A O_2}$, $F_{A CO_2}$, %), потребление кислорода (VO_2 , мл·мин⁻¹), выделение углекислого газа (V_{CO_2} , мл·мин⁻¹), дыхательный коэффициент (ДК, отн. ед.). Объемные показатели внешнего дыхания приводились к условиям ВTPS, а показатели газообмена – к стандартным условиям STPD.

Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы оценивали с помощью электрокардиографии, импедансной тетраполярной реографии с регистрацией показателей на мингографе “М-34 Сименс-Элема” и реоплетизмографе РПГ-02. Артериальное давление измеряли методом Короткова. Исследовали такие показатели: частота сердечных сокращений (ЧСС, мин⁻¹), ударный объем сердца (УО, мл), минутный объем кровообращения (МОК, л·мин⁻¹).

Физические нагрузки различной интенсивности и длительности (от 15 с до 2 ч) осуществляли на велоэргометре типа “Монарк” (Швеция). Интенсивность физической нагрузки выражали в единицах мощности и по отношению к “критической” мощности, а также в величинах потребления O_2 (VO_2 , %) от индивидуального максимального потребления кислорода (МПК).

Учитывали, что реакция КРС, метаболические и сдвиги внутренней среды организма при различных методических приемах тестирования общей и специальной работоспособности спортсменов выявляют пять наиболее общих свойств – главных факторов функциональной подготовленности: мощность, подвижность, устойчивость, экономичность и реализация функционального потенциала.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы “Excel” и “STATISTICA”, включая описательную статистику, оценку достоверности различий по критерию t Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты статистического анализа показателей мощности, устойчивости и скорости развертывания функциональных реакций КРС у юных спортсменов представлены в табл. 1. Установлена отчетливая направленность в эффективности влияния первого периода, значительного увеличения объема и интенсивности мышечных нагрузок в разных возрастных группах на темп и абсолютную величину прироста функционального потенциала КРС. Эти результаты свидетельствуют о том, что юные спортсмены, которые начали активные занятия спортом относительно рано и в первые 2 – 3 года достигли наиболее высоких спортивных результатов, в итоге к 17 – 18-ти годам не отличаются по показателям мощности КРС от тех спортсменов, которые вступили в активный спорт позднее – в 14 – 15 лет. Так, юные пловцы первой группы, начавшие спортивную специализацию в 12,5 лет, не имеют преимуществ по уровню развития относительной (на 1 кг массы тела) мощности КРС по сравнению с юными спортсменами из второй группы. Это свидетельствует о том, что естественные факторы возрастного развития оказываются более значимыми для формирования функционального потенциала КРС, чем интенсивная мышечная тренировка. Установленное нами значительное снижение VO_2 до 3,58 мл·мин⁻¹ кг⁻¹ ± 0,11 мл·мин⁻¹ кг⁻¹ уже в возрасте 13 – 14 лет в состоянии покоя по сравнению с нетренированными юношами этого возраста (4,75 мл·мин⁻¹ кг⁻¹ ± 0,15 мл·мин⁻¹ кг⁻¹; $P < 0,001$) отражает высокий уровень спортивной работоспособности и функциональной мощности КРС. Это указывает на то, что воздействие мышечной тренировки на выносливость находится за пределами оптимального развития КРС для данного возраста. При этом нельзя исключать возможные генетические

Таблица 1. Показатели мощности, устойчивости и скорости развертывания функциональных реакций кардиореспираторной системы у спортсменов (M±m)

Показатели	I группа	II группа	III группа
Потребление O ₂ в состоянии покоя, мл/мин·кг ⁻¹	3,53±0,11	3,59±0,09	3,51±0,08
Показатели мощности системы			
Максимальное потребление кислорода, мл/мин·кг ⁻¹	54,2±1,1	56,3±1,3	60,5±1,2*
Минутный объем дыхания, л/мин·кг ⁻¹	1,72±0,11	1,79±0,12	1,85±0,15
Минутный объем кровообращения, мл/мин·кг ⁻¹	371±6	398±9	425±13
Мощность “критической” нагрузки при максимальном потреблении кислорода, кгм/мин·кг ⁻¹	23,3±0,7	25,8±0,9	27,5±0,8***
Показатели устойчивости системы			
Постоянная времени (T ₅₀) выполнения “критической” нагрузки, мин	3,39±0,09	4,26±0,11*	6,09±0,13*
Коэффициент устойчивости пульса при нагрузке, длительностью 30 мин и мощностью 0,65 от “критической” нагрузки, %	6,33±0,17*	8,18±0,19*	5,38±0,14
Максимальная величина произвольного минутного объема дыхания за 40 с при поддержании парциального давления углекислого газа в альвеолярном воздухе, л/м ²	51,9±2,3	70,4±2,5	78,8±2,4**
Парциальное напряжение углекислорода газа в смешанной венозной крови при максимальном потреблении кислорода, мм рт. ст.	51,6±1,5	57,4±1,8*	68,6±2,2**
Показатели скорости развертывания реакций системы			
Постоянная времени (T ₅₀) частоты сердечных сокращений при от “критической” нагрузки мощностью 0,5 до уровня “критической” нагрузки, с	21,4±0,2	27,1±0,5*	24,2±0,4***
Постоянная времени (T ₅₀) минутного объема дыхания при от “критической” нагрузки мощностью 0,5 до уровня “критической”, с	24,6±0,4	31,3±0,8*	26,3±0,5***
Постоянная времени (T ₅₀) потребления кислорода при мощности 0,5 от “критической” нагрузки, с	23,1±0,3	28,2±0,8**	25,3±0,6***
Величина минутного объема дыхания в начале “критической” нагрузки (10 с) мощностью 0,5, л/кг	0,44±0,02	0,38±0,01	0,47±0,02***

Примечание. I группа – средний возраст спортсменов (13,4±0,2) лет; II группа – (15,6±0,1) лет и III группа – (16,9±0,1) лет;

*P<0,05; ** P<0,01.

индивидуальные черты адаптации к мышечным нагрузкам, а также некоторые социально-психологические факторы, которые могут приводить к замедлению темпов спортивного совершенствования. Мы полагаем, что величину потребления кислорода, полученную при обследовании юных спортсменов в состоянии покоя, можно использовать в качестве одного из критериев оптимальности воздействия интенсивной спортивной тренировки на растущий организм. Поэтому, полученные значения V_{O_2} в покое ниже $3,5 \text{ мл} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ для юных пловцов в возрасте 13 – 14 лет можно считать физиологически нерациональными. Это свидетельствует о том, что оптимальный возраст достижения таких значений экономизации энергозатрат в покое составляет 17 – 18 лет. В этом возрасте практически полностью реализуется потенциал возрастного развития КРС.

Для сравнения возрастного развития КРС и уровней ее предельной производительности по критериям анализа структуры функциональной подготовленности спортсменов, проведено обследование пловцов высокой спортивной квалификации в

возрасте от 17 до 18 лет и от 20 до 26 лет (табл. 2).

Сравнительный анализ показал, что спортсмены в возрасте от 17 до 18 лет по большинству показателей мощности, устойчивости, экономичности КРС существенно уступают взрослым. При этом выявлено, что максимальных значений систолического и дыхательного объемов, кислородной емкости крови, удельного уровня критической мощности физической нагрузки, параметров анаэробной производительности у взрослых спортсменов достоверно выше, чем у юношей 17 – 18 лет ($P < 0,05 - 0,001$).

Вместе с тем можно отметить, что у юношей в возрасте 17 – 18 лет реакция КРС как на стандартные, так и на околокритические уровни мощности физической нагрузки несколько увеличена относительно уровней потребления кислорода по сравнению со спортсменами в возрасте от 20 до 26 лет. Такая “гиперкинетическая” реакция является естественной возрастной особенностью, физиологическим отражением необходимости увеличения надежности системы. Она в определенной

Таблица 2. Показатели функциональной производительности кардиореспираторной системы у спортсменов ($M \pm m$)

Показатели	17-18 лет	20-25 лет
Максимальное потребление кислорода (МПК), $\text{мл} / \text{мин} \cdot \text{кг}^{-1}$	$61,3 \pm 1,2$	$71,8 \pm 1,5^{***}$
Мощность нагрузки ($W_{кр}$) при МПК, $\text{кгм} / \text{мин} \cdot \text{кг}^{-1}$	$27,3 \pm 0,4$	$30,6 \pm 0,7^{***}$
Время поддержания нагрузки мощностью $W_{кр}$, мин	$6,16 \pm 0,59$	$9,93 \pm 0,78^{***}$
Максимальный кислородный пульс, $\text{мл} / \text{уд.}$	$21,4 \pm 0,5$	$25,1 \pm 0,7$
Частота сердечных сокращений (ЧСС) при МПК, мин^{-1}	191 ± 3	$175 \pm 2^{***}$
Коэффициент устойчивости ЧСС при нагрузке мощностью $W_{кр}$, %	$5,32 \pm 0,39$	$4,55 \pm 0,53$
Частота дыхания при нагрузке мощностью $W_{кр}$, цикл/мин	$46,2 \pm 1,6$	$40,8 \pm 1,4^{**}$
Дыхательный коэффициент при нагрузке мощностью $W_{кр}$, ед	$1,17 \pm 0,01$	$1,12 \pm 0,01^{***}$
Избыточное выделение CO_2 при нагрузке мощностью $W_{кр}$, $\text{мл} / \text{кг}$	119 ± 5	$155 \pm 9^{***}$
Соотношение потребления кислорода при ПАНО и МПК, %	$76,2 \pm 2,1$	$72,6 \pm 1,8^*$
Частота сердечных сокращений при ПАНО ($\text{уд.} / \text{мин}$)	168 ± 2	$155 \pm 1^{***}$
Время достижения ЧСС 120 мин^{-1} после нагрузки $W_{кр}$, мин	$4,3 \pm 0,4$	$3,1 \pm 0,2^{**}$

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

мере считается дополнительным фактором компенсации несовершенства регуляции кислородного режима организма. Это приводит к снижению экономичности КРС спортсменов-юношей на 9 – 13% по сравнению со взрослыми спортсменами. При этом уровень мощности физической нагрузки, при которой сохраняется близкая к наивысшей суммарная экономичность КРС для юношей составил $67,3\% \pm 2,1\%$ и для взрослых – $79,1\% \pm 3,2\%$ от МПК ($P < 0,001$).

Следовательно, пути адаптации КРС и увеличения ее потенциала в процессе многолетней тренировки юных спортсменов должны быть ориентированы на создание оптимальных условий для формирования мощностных и мобилизационных характеристик функциональных реакций, направленных на доставку кислорода к работающим органам, избегая углубления тенденции “привыкания” к недостатку кислорода и избытку недоокисленных продуктов обмена.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что симптомы “привыкания” к сдвигам внутренней среды организма, которые могут трактоваться и как повышение устойчивости к ним, приводят прежде всего к относительному уменьшению функциональной реактивности КРС. Если для зрелого организма квалифицированных спортсменов это можно рассматривать как один из важнейших механизмов реализации резервов системы, то для растущего организма это может быть фактором, снижающим возможности максимальной реализации потенциала воз-

растного развития системы под влиянием спортивной тренировки.

Y.A. Polataiko, I.V. Radysh

FEATURES PHYSIOLOGICAL REACTIVITY CARDIORESPIRATORY SYSTEM OF THE JUVENILE SPORTSMEN

In work is shown, that the sports training on endurance is accompanied functional economization of the cardiorespiratory system (CRS) in rest shown in downstroke of specific sizes of consumption of oxygenium, pulmonary ventilation and central hemodynamics, transport of oxygenium by the blood. The ways of adaptation of CRS and augmentation of its potential during long-term training of the juvenile sportsmen should be focused on creation of optimum conditions for formation gain physical loads of the and mobilization characteristics of functional reactions directed on delivery of oxygenium to working bodies, avoiding an excavation of the tendency of «accustoming» to a disadvantage of oxygenium and excess of products of an exchange.

*Prekarpatyky University,
People's Friendship University of Russia*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булгакова К.Ж. Отбор и подготовка юных спортсменов (пловцов). – М.: Физкультура и спорт, 1978. – 245 с.
2. Колчинская А.З. Кислородные режимы организма детей и подростков. – К.: Наук. думка, 1973. – 320 с.
3. Лысенко Е.Н. Физиологическая реактивность кардиореспираторной системы и особенности проявления физической работоспособности квалифицированных спортсменов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – К., 2002. – 20 с.
4. Мищенко В.С. Функциональные возможности спортсменов. – К.: Здоров'я, 1990. – 200 с.
5. Платонов В.К. Современная спортивная тренировка. – К.: Здоров'я, 1980. – 293 с.
6. Сонькин В.Д. Развитие энергетического обеспечения мышечной деятельности подростков // Физиол. человека. – 1988. – № 2. – С. 255 – 268.
7. Тихвинский С.Б., Хрущев С.В. Детская спортивная медицина. – М.: Медицина, 1991. – 198 с.

*Прикарпат. ун-т, Ивано-Франковск;
Ун-т дружбы народов, Москва*