

## ОЗДОРОВИТЕЛЬНАЯ И АДАПТИВНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА. ФИЗИОЛОГИЯ СПОРТА И ЗДОРОВЬЕ

DOI: 10.46742/2072-8840-2026-86-2-58-74

УДК: 612.7: 796/799

### МЫШЕЧНАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ДЕТЕЙ 5-8 ЛЕТ, НЕ ЗАНИМАЮЩИХСЯ И ЗАНИМАЮЩИХСЯ РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ СПОРТА

Сонькин В.Д.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «Институт развития, здоровья и адаптации ребенка», Москва, РФ

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Российский Университет Спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, РФ  
e-mail: sonkin@mail.ru

**АННОТАЦИЯ.** Методом эргометрического тестирования проведено сравнительное исследование мышечной работоспособности детей 5-8 лет, занимающихся и не занимающихся спортом. Участниками исследования были 111 детей-спортсменов (39,4% девочек) и 507 не занимающихся (50,3% девочек). В качестве тестовых нагрузок использовали спринтерский (120-150м) и стайерский (6 мин) бег. По скорости спринтерского и стайерского бега, а также по расчетным эргометрическим показателям выявлено существенное превосходство детей, занимающихся спортом. Вид спорта влияет на преимущественное развитие аэробного, анаэробного гликолитического или анаэробного фосфагенного механизма энергопродукции. Не подтвердилось представление многих спортивных педиатров об отсутствии специфической адаптации организма детей этого возраста в процессе тренировки.

**Ключевые слова:** дети 5-8 лет, мышечная работоспособность, спорт, эргометрические показатели, структура энергообеспечения циклической работы

**Son'kin V.D.**

#### Muscular Performance of Children Aged 5-8 Years Old, Non-Sports Participants and Participants

**ABSTRACT.** Ergometric testing was used to compare the muscular performance of 5- to 8-year-old children, both active and non-active. Participants included 111 child athletes (39.4% girls) and 507 non-athletes (50.3% girls). Sprints (120-150 m) and long-distance runs (6 min) were used as test loads. A significant advantage of children involved in sports was revealed in terms of sprint and long-distance running speed, as well as calculated ergometric parameters. The type of sport influences the preferential development of aerobic, anaerobic glycolytic, or anaerobic phosphagen mechanisms of energy production. The notion of many sports pediatricians regarding the lack of specific adaptation of the body of children of this age during training was not confirmed.

**Key words:** children aged 5-8 years, muscular performance, sports, ergometric indicators, energy supply structure of cyclic work

Мышечная, или физическая работоспособность, является важнейшей характеристикой организма, отражающей уровень его морфофункционального созревания и степени интеграции функциональных систем для достижения полезного результата – реализации двигательной функции [1]. Одна из главных задач исследования детей, начавших занятия спортом в раннем возрасте, состоит в изучении влияния этих спортивных занятий на работоспособность и ее компоненты. Для измерения и оценки работоспособности чаще всего применяются тесты, основанные на достижении устойчивого состояния функциональной активности в процессе выполнения нагрузки повышающейся мощности (например – PWC170). Однако, в дошкольном возрасте дети с трудом достигают плато тех или иных вегетативных функций, по реакции которых оценивают уровень работоспособности [8, 16, 20]. По этой причине в целях реализации задач настоящего исследования был использован эргометрический подход к измерению мышечной работоспособности, разработанный нами ранее [12].

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### ***Формирование выборки***

Экспериментальные данные были получены в ходе углубленного исследования, в котором участвовали дети из Клуба единоборств «Булат», ЛРОО СШ «Дельфин», МБОУ ДО «Спортивная школа № 1» и МБОУ ДО «СШ № 12» г. Липецка). Изначально было обследовано 130 детей-спортсменов (39% девочек) и 507 детей, которые не занимаются спортом (50% девочек). Критерием включения в конечную выборку для эргометрических расчетов считали то, что скорость стайа (бег на длинную дистанцию – 6-минутный бег) меньше, чем скорость спринта (бег на короткую дистанцию 90, 120 или 150м), а также попадание величины признаков в диапазон среднее  $\pm$  4 стандартных отклонений. По причине несоответствия критериям были удалены 40 наблюдений (1 – не занимается спортом, 39 – занимаются спортом). Стандартизацию антропометрических данных проводили для каждой половозрастной группы с помощью программы AntroPlus.

В таблице 1 представлена возрастно-половая структура обследованной выборки.

### ***Расчет показателей мышечной работоспособности***

Для расчета показателей мышечной работоспособности детей был реализован алгоритм оценки мышечной работоспособности, базирующийся на эргометрической нелинейной модели А.Мюллера – В.Зациорского [14,

**Численность обследованных детей, занимающихся  
и не занимающихся спортом, в исходной выборке**

Возраст	Не занимаются	Единоборства	Плавание	Спортивная гимнастика	Футбол
Мальчики					
5-6 лет	96	4	8	6	4
7-8 лет	156	20	3	2	9
Девочки					
5-6 лет	93	0	2	19	1
7-8 лет	162	1	3	3	6

4], с применением двух беговых нагрузок предельного характера – короткой – спринтерской (90, 120 или 150м в зависимости от возраста ребенка) и длинной – стайерской (6-минутный бег) [5, 12]. Эта модель позволяет вычислить индивидуальные коэффициенты и, на их основании, реперные эргометрические точки, по которым можно судить о максимальной анаэробной (алактатной) мощности ( $W_{max}$ ), максимальной мощности гликолитического источника энергии ( $W_{40}$ ), максимальной мощности аэробного источника энергии ( $W_{240}$ ), об аэробной производительности на уровне анаэробного порога ( $W_{900}$ ) и об интегральной ёмкости энергетических систем организма ( $K$ ) [9;13]. Этот эргометрический подход к оценке мышечной работоспособности хорошо себя зарекомендовал в исследованиях по физиологии спорта и возрастной физиологии [2, 3, 6, 7, 11].

***Алгоритмы расчетов***

Уравнение Мюллера-Зациорского имеет вид:  $t = e^b / W^a = K / W^a$

где  $t$  – время выполнения нагрузки;

$W$  – мощность (или скорость) выполнения нагрузки

$e$  – основание натуральных логарифмов (= 2.718)

$K$  – интегральная емкость энергетических систем организма

$a$  и  $b$  – индивидуальные коэффициенты, их, собственно, и надо вычислить.

Если уравнение прологарифмировать по основанию натуральных логарифмов, то получится уравнение прямой:  $\ln(t) = b - a \ln(W)$

Для вычисления искомых значений используется система из двух уравнений для короткой нагрузки (в нашем случае – бег 90/120/150м) и для длинной нагрузки (в нашем случае – 6-минутный бег):

$$(1) \ln(t_1) = b - a \ln(W_1)$$

$$(2) \ln(t_2) = b - a \ln(W_2)$$

Эта система уравнений должна быть решена относительно переменных **a** и **b**.

Результат тестирования каждого испытуемого состоит из двух групп показателей: мощности (скорости) и предельного времени удержания нагрузки соответственно для 1 ( $W_1$  и  $t_1$ ) и 2 ( $W_2$  и  $t_2$ ) тестовых нагрузок при  $W_2 > W_1$ . Для этого первым делом надо оценить скорость на каждой из дистанций.

В тесте 90/120/150м задана дистанция, но скорость бега зависит от спортивного результата: скорость = 90 / время бега  $t$  или 120 / время бега  $t$  или 150 / время бега  $t$ .

В тесте 6 минут время задано ( $t=360$  секунд), а скорость определяется пройденной дистанцией, деленной на 360с – скорость = дистанция / 360.

Значения индивидуальных констант **a** и **b** уравнения Мюллера рассчитывают из результатов двухнагрузочного тестирования на основании двух уравнений:

$$a = \ln(t_1/t_2) / \ln(W_2/W_1)$$
$$b = \ln(t_1 * W_1^a) \text{ или } b = \ln(t_2 * W_2^a)$$

где  $t_1$  – время пробегания короткой дистанции;  $t_2$  – время пробегания длинной дистанции;  $W_1$  – скорость бега на короткой дистанции;  $W_2$  – скорость бега на длинной дистанции.

Полученные индивидуальные величины параметров **a** и **b** далее используем для расчетов энергетических показателей.

Величину интегральной энергетической емкости **K** рассчитывают по формуле:

$$K = e^b$$

Для расчета мощностей характеристических точек используют универсальную формулу:

$$W_t = (K / t)^{(1/a)}$$

где  $W_t$  – мощность (скорость) соответствующей характеристической точки;  $t$  – предельное время удержания нагрузки мощностью  $W_t$ ; **K** и **a** – индивидуальные коэффициенты уравнения Мюллера.

С помощью этой формулы рассчитывают:

$W_{max}$  (мощность/скорость, которую человек теоретически способен удерживать в течение 1 с, характеризует зону максимальной мощности),  $t=1$ ;

$W_{40}$  (мощность/скорость, удерживаемая 40 с, соответствующая верхней границе зоны субмаксимальной мощности)  $t = 40$ ;

$W_{240}$  (мощность/скорость, удерживаемая 240 с, что соответствует верхней границе зоны большой мощности, то есть МПК)  $t = 240$ ;

$W_{900}$  (мощность/скорость, удерживаемая 900 с, примерно соответствующая Анаэробному порогу и верхней границе зоны умеренной мощности).  $t = 900$ .

При расчете эргометрических показателей учитывали разную длину короткой (спринтерской) дистанции для детей в зависимости от возраста:

5-летние дети: Скорость спринта = 90 метров/ время

6-летние дети: Скорость спринта = 120 метров/ время

7-8-летние дети: Скорость спринта = 150 метров/ время

Статистический анализ

Сравнительный анализ проводили в программной среде R [21] и с помощью программного обеспечения PAST [20]. Медианные оценки, а также показатели размаха (межквартильный размах) определялись с помощью процедуры бутстрепа [18,19]. При сравнении медианных оценок рассчитывались стандартизированные и нестандартизированные размеры эффекта и 95% доверительные интервалы [95% ДИ]. Р-значения были скорректированы методом Холма ( $p_{Holm}$ ). Визуализация данных проводилась с помощью пакетов «*ggplot2*». Диагностическую ценность показателей в бинарной классификации оценивали методом ROC-анализа. Рассчитывали площадь под ROC-кривой (AUC) с 95% ДИ. Оптимальное пороговое значение определяли по максимальному индексу Юдена. Для данного порога определяли чувствительность и специфичность теста. Статистическую значимость AUC оценивали с использованием Z-критерия; различия считали значимыми при  $p < 0.05$ . ROC анализ проводили в программе EasyROC (<http://biosoft.erciyes.edu.tr/app/easyROC/>). Также был проведен кластерный анализ. Подбор кластеров был осуществлен с помощью пакета “NbClust”, который позволяет на основе большого количества индексов кластеризации, определить оптимальное количество кластеров. Для выявления структуры данных и снижения размерности набора переменных был применён метод главных компонент (Principal Component Analysis, МГК). Анализ позволил преобразовать исходные взаимосвязанные переменные в новый набор независимых переменных — главных компонент, которые объясняют наибольшую долю общей дисперсии данных. Перед проведением анализа данные были стандартизированы (центровка и масштабирование переменных). Для интерпретации результатов анализировали первые главные компоненты, объясняющие наибольшую долю вариабельности данных. Результаты МГК с учетом полученных кластеров

представлены в виде графиков распределения наблюдений (scores plot) и нагрузок переменных (loadings).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Прежде всего обращает на себя внимание различие в показателях физического развития детей разных видов спорта (рис.1). Предварительно данные были нормированы относительно глобальных референсных значений ВОЗ и анализировались вместе. На рис. 1 представлен разброс данных в выборке по длине (рис.1А), массе тела (рис. 1Б) и Индексу Массы Тела – ИМТ (рис.1В). Обращает на себя внимание длинный хвост в распределении величин ИМТ (рис.1В) у детей, не занимающихся спортом, характерный для большинства популяций и связанный с присутствием в составе выборки детей с избыточной массой тела и ожирением.

Наглядно виден сдвиг распределения у спортивных гимнастов в сторону меньших значений ДТ: в этом проявляется специфический отбор в данный конкретный вид спорта (медианная z-оценка ДТ=-0,44±1,27). Для остальных групп различия значения варьировали от -0,08 до 0,14 стандартных отклонений. Однако, значимых различий между группами по длине тела обнаружено не было. По ИМТ значимо опережают всех, дети, которые занимаются плаванием (усредненная z-оценка 0,35±0,75). Но опять же различия незначимы. Как видно по распределению ИМТ, в группу с избыточным весом (SDS≥1) и ожирением (SDS≥2) попадают достаточно часто дети, которые занимаются спортом. При этом причины выявления повышенного ИМТ у этих детей неочевидны: это может быть

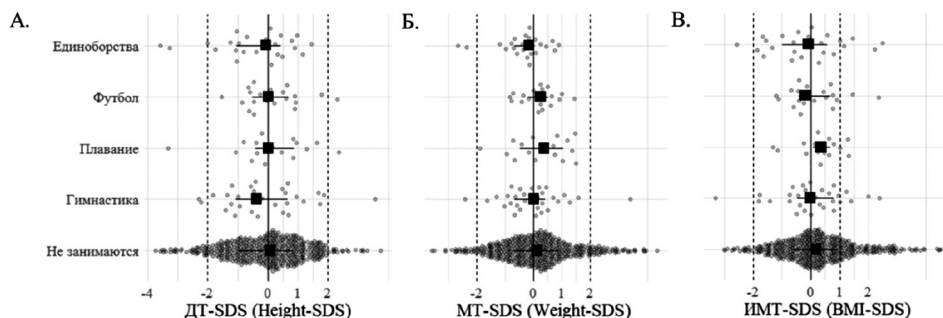


Рис. 1 Разброс показателей длины тела (ДТ, А), массы тела (МТ, Б) и индекса массы тела (ИМТ, В) по группам видов спорта и не занимающихся. Линиями указаны диапазоны значений по ВОЗ.

Примечание. Статистическое оценивание проводилось на основе бутстрепана. Указаны медианы и межквартильный размах.

связано как с избыточным количеством жира в организме, так и с более развитой мускулатурой.

Таким образом, уже на ранней стадии спортивных занятий, начинает действовать отбор, связанный с морфофункциональными свойствами, благоприятными для занятий конкретным видом спорта.

В таблице 2 представлены средние значения натуральных (скорости бега на короткой и длинной дистанциях) и расчетных эргометрических показателей для мальчиков и девочек как занимающихся, так и не занимающихся тем или иным видом спорта. Этот материал позволяет сделать предварительные сопоставления.

С возрастом от 5-6 к 7-8 годам у мальчиков, занимающихся спортом, скорость спринта увеличивается на 10%, тогда как у девочек – на 33%. Еще выразительнее эта разница по скорости стайа: у мальчиков прирост составляет 3,6%, тогда как у девочек – 37%. При этом исходный уровень показателей как в быстром беге, так и в медленном, заметно выше у мальчиков. Мальчики, не занимающиеся спортом, существенно уступают по данным скорости бега своим сверстникам, приобщенным к спорту. Среди девочек это различие не столь выражено (таб.2).

Таблица 2.

**Медианные значения  $\pm$  межквартильный размах (МКР)  
эргометрических показателей у обследованных детей**

Неспортсмены				Спортсмены			
5-6 лет		7-8 лет		5-6 лет		7-8 лет	
♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Скорость спринта, м/с							
4,1 $\pm$ 0,4	3,8 $\pm$ 0,5	4,5 $\pm$ 0,7	4,3 $\pm$ 0,5	4,7 $\pm$ 1,1	4,4 $\pm$ 0,8	5,2 $\pm$ 0,9	5,6 $\pm$ 2,0
Скорость стайа, м/с							
2,0 $\pm$ 0,5	2,0 $\pm$ 0,8	2,1 $\pm$ 0,6	1,9 $\pm$ 0,7	2,8 $\pm$ 0,9	1,9 $\pm$ 0,5	3,0 $\pm$ 0,5	2,7 $\pm$ 0,5
Wmax							
5,9 $\pm$ 1,1	6,1 $\pm$ 1,7	6,5 $\pm$ 1,4	6,5 $\pm$ 1,4	8,6 $\pm$ 4,2	12,8 $\pm$ 8,0	11,1 $\pm$ 3,5	13,8 $\pm$ 8,6
W40							
3,0 $\pm$ 0,5	2,9 $\pm$ 0,6	3,1 $\pm$ 0,5	3,0 $\pm$ 0,6	4,2 $\pm$ 0,5	3,8 $\pm$ 0,4	4,8 $\pm$ 0,6	4,9 $\pm$ 0,9
W240							
2,1 $\pm$ 0,5	2,1 $\pm$ 0,5	2,2 $\pm$ 0,8	2,1 $\pm$ 0,5	3,0 $\pm$ 0,7	2,0 $\pm$ 0,8	3,2 $\pm$ 0,5	2,9 $\pm$ 0,7
W900							
1,7 $\pm$ 0,5	1,7 $\pm$ 0,8	1,7 $\pm$ 0,6	1,6 $\pm$ 0,7	2,4 $\pm$ 0,9	1,4 $\pm$ 0,5	2,4 $\pm$ 0,4	2,2 $\pm$ 0,7

Примечание. Статистическое оценивание проводилось на основе бутстрэпа [18, 19]

На рисунке 2 представлены данные эргометрических показателей в зависимости от вида спорта и стандартизированная разница между группами.

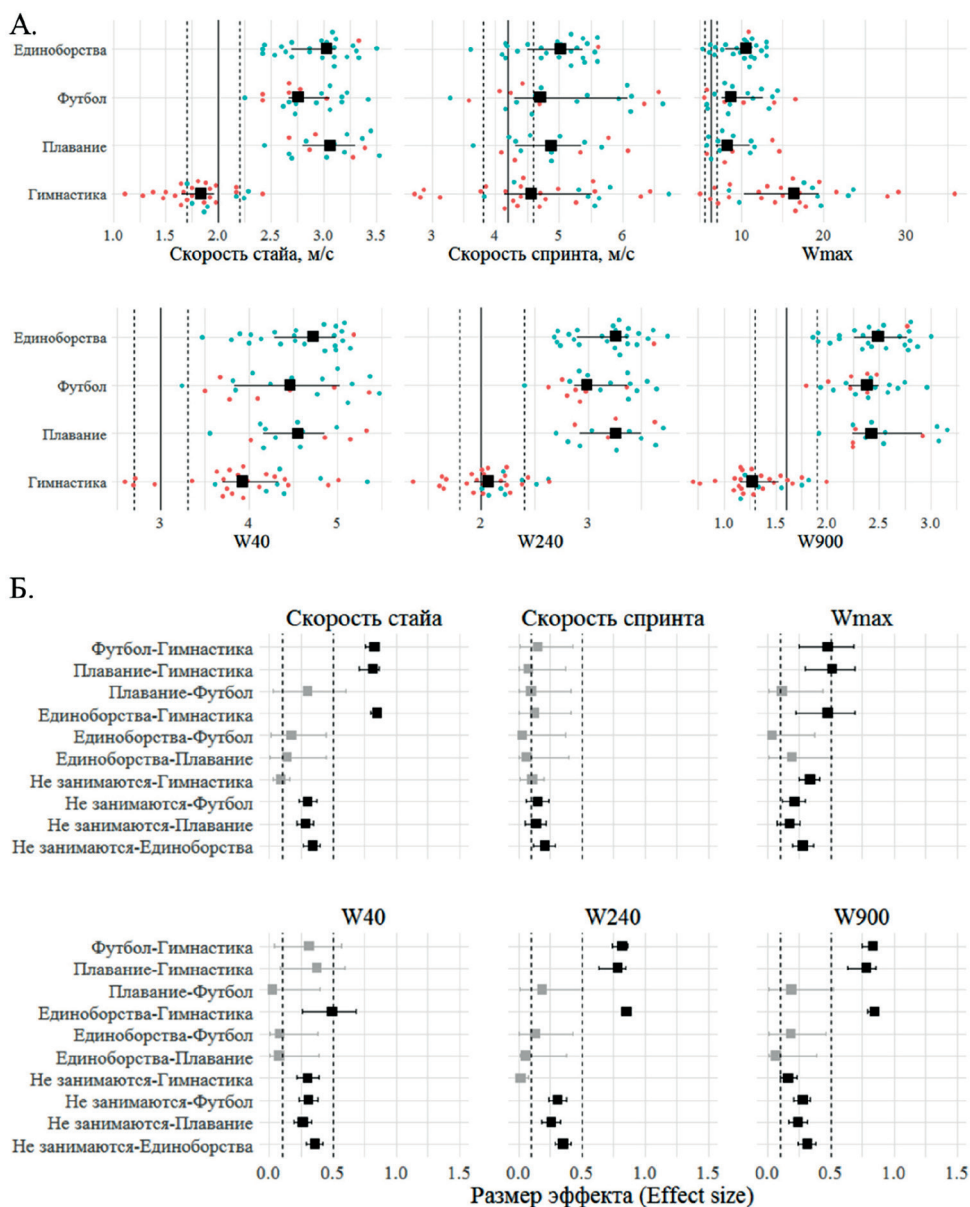


Рис. 2. Эргометрические показатели в зависимости от вида спорта и стандартизированные различия между группами (размеры эффекта по Уилкоксоу): А. Медианные значения (черный квадрат) и межквартильный размах (усы) эргометрических показателей в зависимости от вида спорта. Синим указаны данные мальчиков, красным – девочек. Черной линией представлено медианное значение для группы детей, не занимающихся спортом, пунктирными линиями – первый и третий квартили для группы детей, не занимающихся спортом. Б. Результаты сравнительного анализа групп. Черными (значимые различия  $p_{Holm} < 0.05$ ) и серыми (незначимые различия  $p_{Holm} > 0.05$ ) квадратами указаны стандартизированные размеры эффекта в тесте Уилкоксона, размах – 95% доверительные интервалы для значений размеров эффекта. Пунктирной линией указан размер эффекта  $> 0.5$  (большие различия между медианами). Значимыми различия считали при размере эффекта  $> 0,2$  и  $p_{Holm} < 0,05$ .

Что мы видим по этим графикам:

1) Футболисты/пловцы/единоборцы по скорости стаи,  $w_{240}$  и  $w_{900}$  отличаются от остальных групп.

2) Гимнасты отличаются от остальных групп по показателю  $W_{\max}$  в большую сторону.

3) Показатель  $w_{40}$  может быть использован для деления детей на спортсменов и неспортсменов.

4) Скорость спринта плохо работает, как показатель, по которому можно проводить деление детей по группам. У пловцов и единоборцев этот показатель чуть выше, но незначимо.

Выводы по графикам рис. 2Б: Показаны размеры эффекта. Размер эффекта – это стандартизированная разница между средними или медианами, в нашем случае медианами. Размер эффекта позволяет оценить разницу независимо от размера выборки. От размера выборки могут зависеть  $p$ -значения, и если размер выборки маленький, то  $p$ -значения могут не достигнуть пороговых значений, чтобы обнаружить значимую разницу. То есть  $p$ -значение нам говорит о том, есть ли различие, а размер эффекта – насколько велико это различие. В данном случае размер эффекта от 0,2 до 0,5 – различия средней силы, от 0,5 – большие различия.

Исходя из полученных результатов можно выделить 3 кластера по эргометрическим показателям: 1) Неспортсмены, 2) Гимнасты и 3) Футболисты/Единоборцы/Пловцы. При этом, для каждого кластера будут свои ведущие эргометрические показатели. Для гимнастов –  $W_{\max}$ , для футболистов/единоборцев/пловцов – скорость стаи,  $W_{240}$  и  $w_{900}$ , для спортсменов в целом –  $w_{40}$  (рис. 2). Далее был проведен кластерный анализ. Подбор кластеров был осуществлен с помощью пакета NbClust, который позволяет на основе большого количества индексов кластеризации, определить оптимальное количество кластеров. Было показано, что в данном случае оптимальное количество кластеров – 3. Результаты МГК с учетом полученных кластеров представлены в виде графиков распределения наблюдений (scores plot) и нагрузок переменных (loadings) (рис.3).

Что мы видим на этом графике:

1) 3 группы детей (исходя из кластерного анализа и результатов сравнительного анализа): неспортсмены, гимнасты и остальные группы спортсменов. Центроиды расположены достаточно далеко друг от друга. Хоть группы и пересекаются, то есть нет 100% разделения, но мы

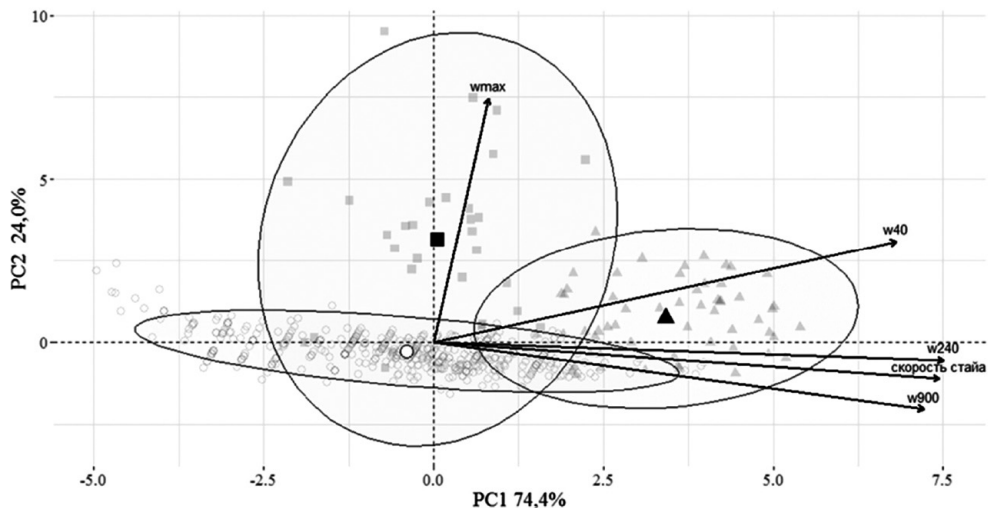


Рис. 3. Двойной график (биplot), полученный методом главных компонент. Было определено 3 кластера: 1) незанимающиеся спортом (центроид обозначен как белый круг), 2) гимнасты (центроид – черный квадрат), 3) остальные группы спортсменов (центроид – черный треугольник). Нагрузки переменных представлены стрелками. Показатель Спринтерская скорость не включался в анализ, так как по этому показателю дети не сильно отличаются друг от друга.

можем выделить 3 группы визуально – пространственное выделение полученных кластеров.

2) Две первые компоненты суммарно объясняют 98% изменчивости переменных (сумма PC1 = 74.4% (абсцисса) и PC2 = 24.0% (ордината))

3) Кластер гимнастов (черный квадрат) наибольшим образом ассоциирован с показателем  $W_{max}$ . Кластер футболистов/пловцов/единоборцев (черный треугольник) со стайерской скоростью,  $w_{240}$  и  $w_{900}$ . Показатель  $W_{40}$  скорее ассоциирован с занятием спортом. Кластер неспортсменов (белый круг) ассоциирован с более низкими значениями всех указанных показателей.

Таким образом, гимнастов в первую очередь отличает более высокий показатель  $W_{max}$  (максимальная анаэробная мощность). Остальные виды спорта наибольшим образом ассоциированы с такими показателями как  $W_{240}$  (максимальная аэробная мощность), стайерская скорость бега и  $W_{900}$  (пороговая аэробная мощность). Показатель  $W_{40}$  (максимальная гликолитическая мощность) для данной выборки детей лучше отражает деление на спортсменов и неспортсменов (рис. 2 и 3).

Эти результаты подтверждаются ROC-анализом. ROC-анализ используется для оценки диагностической способности показателя раз-

личать 2 группы. Проведенный ROC анализ показал, что по показателю w40 группы спортсменов и неспортсменов достаточно хорошо различаются. Параметры модели были следующие: площадь под кривой AUC 0,95 [0,92; 0,98] – что говорит о высокой точности определения группы по W40,  $z=26,7$  (значения z-статистики, чем выше, тем лучше),  $p=3 \times 10^{-157}$ . Оптимальное значение порога для W40 было равно 3,7, то есть по этому значению можно делить детей на спортсменов и неспортсменов (что, возможно, не совсем корректно в этом возрасте), индекс Юдена (J-индекс) – 0,83 (высокая диагностическая ценность, чем выше, тем лучше). 87,5% [78,7; 93,6%] детей-спортсменов и 95,7% [92,8; 96,8%] детей-неспортсменов были охарактеризованы правильно. Аналогичные данные были получены и для других пар групп (таблица 3).

Таблица 3.

### Результаты бинарной классификации (ROC-анализа различий пар групп)

AUC	Z	p	Порог	J-индекс	Чувствительность	Специфичность
Спортсмены/неспортсмены по показателю W40						
0,95 [0,92; 0,98]	26,7	$3 \times 10^{-157}$	3,7	0,83	0,88 [0,78; 0,93]	0,96 [0,93; 0,97]
Футболисты, пловцы и единоборцы (вместе)/ Гимнасты и неспортсмены по W240						
0,98 [0,97; 0,99]	77,3	0,00	2,7	0,86	0,97 [0,88; 0,99]	0,90 [0,87; 0,92]
Футболисты, пловцы и единоборцы (вместе)/ Гимнасты и неспортсмены по W900						
0,94 [0,91; 0,96]	33,8	$3 \times 10^{-250}$	2,1	0,70	0,86 [0,75; 0,94]	0,84 [0,81; 0,87]
Футболисты, пловцы и единоборцы/ Гимнасты и неспортсмены по стайерскому бегу						
0,97 [0,96; 0,98]	63,5	0,00	2,4	0,81	0,98 [0,91; 1,00]	0,83 [0,79; 0,86]
Гимнасты /остальные группы по Wmax						
0,91 [0,84; 0,99]	10,8	$3 \times 10^{-27}$	8,	0,76	0,87 [0,69; 0,96]	0,90 [0,87; 0,92]

Примечание: AUC – площадь под кривой, z – (чем выше значение, тем лучше сработал бинарный классификатор), p – p-значение, порог – значение, по которому проходило деление на группы, J-индекс – диагностическая ценность (чем выше значение, тем выше ценность), чувствительность – число истинно-положительных определений, специфичность – число истинно-отрицательных определений.

Расчет эргометрических показателей мышечной работоспособности дает в руки исследователя мощный инструмент для анализа адаптационных процессов по ходу спортивной тренировки. Это проявилось и в полученном нами материале у детей в возрасте от 5 до 8 лет. Интегральная картина энергообеспечения отдельно для мальчиков и девочек и отдельно по видам спорта, с привлечением данных по не занимающимся никаким спортом детям, представлена на рисунке 4. Фактически, полученные данные отражают структуру зон мощности по В.С.Фарфелю [14], отображая предельные для каждой зоны мощности параметры мощности (скорости) нагрузки. Эргометрические показатели работоспособности здесь характеризуют:  $W_{max}$  – максимальную анаэробную алактатную мощность;  $W_{40}$  – максимальную гликолитическую мощность;  $W_{240}$  – максимальную аэробную мощность;  $W_{900}$  – мощность на уровне анаэробного порога, отражающую уровень аэробной выносливости.

У мальчиков и у девочек примерно в равной степени не занимающиеся спортом испытуемые отстают по развитию показателей работоспособности во всех зонах мощности, причем между не занимающимися мальчиками и девочками нет существенных различий. А вот среди занимающихся разными видами спорта сложные конкурентные отношения, несколько различающиеся для мальчиков и девочек. Наибольшим диапазоном алактатной зоны нагрузки обладают мальчики – спортивные гимнасты. Они опережают всех других спортсменов, не говоря уже о не занимающихся. Девочки-спортивные гимнастки несколько отстают от мальчиков, но опережают девочек всех прочих видов спорта. Как среди мальчиков, так и среди девочек вторую позицию по сумме всех

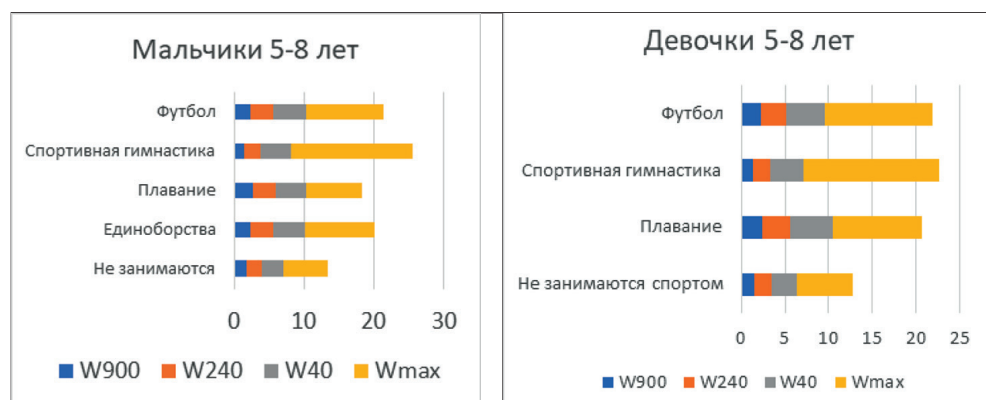


Рис. 4. Структура энергообеспечения циклической мышечной работы (бег) у мальчиков и девочек 5-8 лет

зон мощности занимают футболисты, но у мальчиков отрыв гимнастов от футболистов сильнее, чем у девочек. Третью позицию у мальчиков занимают единоборцы, лишь немного уступающие футболистам. У девочек группа единоборств отсутствует, т.к. в ней не набралось статистически значимого количества испытуемых. Группа плавания у девочек лишь немного отстает от футболисток, тогда как у мальчиков эта разница выражена отчетливо.

## **ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Из представленных фактов можно сделать два заключения:

Во-первых, уже в возрасте 5-8 лет занятия спортом значительно повышают мышечную работоспособность; во-вторых – этот прирост проявляется в разных зонах мощности в зависимости от вида спорта, то есть тренировки оказывают не только общеукрепляющий и тонизирующий эффект для развития работоспособности, но и специфический эффект, связанный с использованием нагрузок различной энергетической направленности. Интересно, что специфичность нагрузок в большей мере проявляется у мальчиков, чем у девочек. Можно полагать, что скоростные и скоростно-силовые нагрузки у гимнастов способствуют преимущественному развитию у них анаэробных возможностей, тогда как плавание и футбол воздействуют, прежде всего, на аэробные механизмы энергообеспечения. Это противоречит представлениям многих отечественных и зарубежных спортивных физиологов о неспецифичности адаптации детского организма к спортивным нагрузкам [10; 18; 20], и заставляет предполагать, что уже в раннем возрасте тренировочные воздействия вызывают специфические эффекты и должны быть тщательно регламентированы с точки зрения их направленности и интенсивности.

По структуре энергопродукции мы видим, что занятия спортивной гимнастикой стимулируют развитие в первую очередь алактатной энергетики, но негативно сказываются на развитии аэробной выносливости. Футбол и единоборства стимулируют развитие лактаcidного компонента, а плавание продуктивно для развития аэробной энергетики. Во всех случаях не занимающиеся спортом дети существенно отстают по показателям работоспособности от сверстников, занимающихся любым спортом.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Проведенное исследование подтвердило, что раннее начало спортивных занятий сопряжено со значительным увеличением мышечной

работоспособности по сравнению с детьми, которые спортом не занимаются. Показано, что разные виды спорта по-разному сказываются на развитии энергетических систем организма. Для спортивных гимнастов характерно преобладание анаэробной энергопродукции и недоразвитие аэробных механизмов. Для футболистов и единоборцев наиболее развитым источником энергии является гликолитический процесс, а пловцы тренируют главным образом аэробное энергообеспечение. Результаты позволяют предположить, что у девочек и мальчиков восприятие тренировочной нагрузки несколько различается, однако из-за недостаточного объема выборок межполовые сравнения внутри групп спортивной направленности в настоящее время затруднительно. Важно подчеркнуть, что дети уже на раннем этапе тренировки демонстрируют специфические для вида спорта адаптационные изменения в организме, что ставит вопрос об адекватности нагрузок для здоровьесберегающего развития спортсменов дошкольного возраста. Для решения этого вопроса необходимо продолжение исследований.

**Благодарность:** автор выражает искреннюю глубокую благодарность кандидату биологических наук Ольге Ивановне Парфентьевой за активное участие в анализе результатов исследования, включая все виды статистического анализа, и подготовку иллюстративного материала.

**Этические нормы.** Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. Возрастная физиология (физиология развития ребенка). Учебное пособие для студентов. – М.: Издательский центр «Академия», 2002. – 416 с.
2. Богатов А.А. Типологические особенности энергетического обеспечения мышечной деятельности лыжников-гонщиков массовых разрядов // дисс. к.б.н. – г. Саранск, 2000 – 164 с.
3. Воробьев В.Ф. Соотношение компонентов энергообеспечения мышечной работы различной мощности у мальчиков 10-11 лет: Автореф. дисс. к. б.н. – М., 1991. – 24 с.

4. Задиорский В.М. Физические качества спортсмена. М: Советский спорт, 2009. – 200 с.
5. Корниенко И.А., Сонькин В.Д., Воробьев В.Ф. Эргометрическое тестирование работоспособности // Моделирование и комплексное тестирование в оздоровительной физической культуре. – Сб. научных трудов / В.Д.Сонькин – ред. – М.: ВНИИФК, 1991. – С. 68-86.
6. Криволапчук И.А., Сухецкий В.К., Чернова М.Б., Чичерин В.П. Физическая работоспособность мальчиков–подростков 13-14 лет в широком диапазоне доступных нагрузок // Подготовка олимпийского резерва: спортивно-педагогические, медико-биологические и управленческие аспекты: сборник материалов I-й Международной научно-практической конференции, Волгоград, 14 июня 2023 года. Том Часть 2. – Волгоград: Волгоградская государственная академия физической культуры, 2023. – С. 198-201.
7. Криволапчук И.А. Энергообеспечение мышечной деятельности детей 5-6 лет и комплексная оценка физической работоспособности // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 2. – С. 76-87.
8. Маслова Г.М. Динамика физической работоспособности у детей, поступивших в школу в 6 и 7 лет // Новые исследования по возрастной физиологии. – 1979. – № 2. – С. 68-73.
9. Мельников А.А., Сонькин В.Д., Фомина Е.В., Козлов А.В. Скелетные мышцы и физическая работоспособность человека. – М.: РУС «ГЦОЛИФК», 2023. – 260 с.
10. Сонькин В.Д., Левушкин С.П. Раннее начало занятий спортом: «за» и «против» // Теория и практика физической культуры. – 2024. – № 11. – С. 90-92.
11. Сонькин В.Д., Зайцева В.В., Бурчик М.В., Корниенко И.А. Сравнительный анализ информативности эргометрических и функциональных показателей работоспособности // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 1997. – Т. 31, № 6. – С. 28-34.
12. Сонькин В.Д., Корниенко И.А., Богатов А.А. Способ эргометрической оценки физической работоспособности и описания индивидуальной структуры энергообеспечения мышечной деятельности: Патент РФ на изобретение № 2251967, с приоритетом от 02 июля 2002 г., (заявка № 2002117373, зарегистрировано в Гос.реестре изобретений РФ 20 мая 2005 г.)
13. Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе // М.: URSS – Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 с.
14. Фарфель В.С. Физиологические основы классификации физических упражнений. В кн.: Руководство по физиологии. Физиология мышечной деятельности, труда и спорта. – Л. Наука, 1969. – С. 425-439.
15. Шмидт-Нильсен К. Размеры животных: почему они так важны? - М.: Мир, 1987. – 259 с.

16. Armstrong N., Welsman J., Winsley R. Is peak  $VO_2$  a maximal index of children's aerobic fitness? // *Int. J. Sports Med.* – 1996. – Vol. 17(5). – P. 356-359.
17. Armstrong N, Welsman JR. Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. // *Exerc Sport Sci Rev.* 1994; 22:435-76.
18. Efron B. Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife // *Annals of Statistics.* – 1979. – Vol. 7, №1. – P. 1-26.
19. Efron B., Tibshirani R.J. An Introduction to the Bootstrap (1st ed.): Chapman and Hall/CRC. – 1994.
20. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica.* – 2001. – Vol. 4(1): 4.
21. R Core Team R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2022.
22. Rowland T.W. Does peak  $VO_2$  reflect  $VO_{2max}$  in children? Evidence from supramaximal testing // *Med. Sci. Sports Exerc.* – 1993. – Vol. 25(6). – P. 689-693.

#### REFERENCES

1. Bezrukih M.M., Son'kin V.D., Farber D.A. Vozrastnaya fiziologiya (fiziologiya razvitiya rebenka). Uchebnoe posobie dlya studentov. – M.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2002. – 416 s.
2. Bogatov A.A. Tipologicheskie osobennosti energeticheskogo obespecheniya myshechnoj deyatel'nosti lyzhnikov-gonshchikov massovyh razryadov // diss. k.b.n. – Saransk, 2000. – 164 s.
3. Vorob'ev V.F. Sootnoshenie komponentov energoobespecheniya myshechnoj raboty razlichnoj moshchnosti u mal'chikov 10-11 let: Avtoref. k.b.n. – M., 1991. – 24 s.
4. Zaciorskij V.M. Fizicheskie kachestva sportsmena. M: Sovetskij sport, 2009. – 200 s.
5. Kornienko I.A., Son'kin V.D., Vorob'ev V.F. Ergometricheskoe testirovanie rabotosposobnosti // Modelirovanie i kompleksnoe testirovanie v ozdorovitel'noj fizicheskoj kul'ture. – Sb. nauchnyh trudov / V.D. Son'kin – red. – M.: VNIIFK, 1991. – S. 68-86.
6. Krivolapchuk I.A., Suheckij V.K., Chernova M.B., Chicherin V.P. Fizicheskaya rabotosposobnost' mal'chikov–podrostkov 13-14 let v shirokom diapazone dostupnyh nagruzok // Podgotovka olimpijskogo rezerva: sportivno-pedagogicheskije, mediko-biologicheskie i upravlencheskie aspekty: sbornik materialov I-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Volgograd, 14 iyunya 2023 goda. Tom Chast' 2. – Volgograd: Volgogradskaya gosudarstvennaya akademiya fizicheskoy kul'tury, 2023. – S. 198-201.
7. Krivolapchuk I.A. Energoobespechenie myshechnoj deyatel'nosti detej 5-6 let i kompleksnaya ocenka fizicheskoj rabotosposobnosti // *Fiziologiya cheloveka.* – 2009. – T. 35, № 2. – S. 76-87.

8. Maslova G.M. Dinamika fizicheskoj rabotosposobnosti u detej, postupivshih v shkolu v 6 i 7 let // Novye issledovaniya po vozrastnoj fiziologii. – 1979.- № 2. – С. 68-73.

9. Mel'nikov A.A., Son'kin V.D., Fomina E.V., Kozlov A.V. Skeletnye myshecy i fizicheskaya rabotosposobnost' cheloveka. – Moskva: RUS «GCOLIFK», 2023. – 260 s.

10. Son'kin V.D., Levushkin S.P. Rannee nachalo zanyatij sportom: "za" i "protiv" // Teoriya i praktika fizicheskoj kul'tury. – 2024. – № 11. – S. 90-92.

11. Son'kin V.D., Zajceva V.V., Burchik M.V., Kornienko I.A. Sravnitel'nyj analiz informativnosti ergometricheskikh i funkcional'nykh pokazatelej rabotosposobnosti // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya medicina. – 1997. – T. 31, № 6. – S. 28-34.

12. Son'kin V.D., Kornienko I.A., Bogatov A.A. Sposob ergometricheskoj ocenki fizicheskoj rabotosposobnosti i opisaniya individual'noj struktury energoobespecheniya myshechnoj deyatel'nosti: Patent RF na izobrenenie № 2251967, s prioritom ot 02 iyulya 2002 g., (zayavka №2002117373, zaregistrirovano v Gos.reestre izobretenij RF 20 maya 2005 g.).

13. Son'kin V.D., Tambovceva R.V. Razvitie myshechnoj energetiki i rabotosposobnosti v ontogeneze //M.: URSS – Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2011. – 368 s.

14. Farfel' V.S. Fiziologicheskie osnovy klassifikacii fizicheskikh uprazhnenij. V kn.: Rukovodstvo po fiziologii. Fiziologiya myshechnoj deyatel'nosti, truda i sporta. – L. Nauka, 1969. – S. 425-439.

15. Shmidt-Nil'ssen K. Razmery zhivotnyh: pochemu oni tak vazhny? – M.: Mir, 1987. – 259 s.