

О ВЗАИМОСВЯЗИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АНАЭРОБНОЙ И АЭРОБНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ВОЛЕЙБОЛИСТОК С РАНГОВОЙ ОЦЕНКОЙ УРОВНЯ ИХ СПОРТИВНОГО МАСТЕРСТВА

Мирелла Стех, Валерий Смутьский

Академия физического воспитания и спорта в Гданьске (Польша)

Аннотация. В статье представлены результаты определения факторной структуры анаэробно-аэробной производительности квалифицированных волейболисток. Исследована взаимосвязь ранговой оценки эффективности соревновательной деятельности спортсменок с ведущими показателями выделенных факторов. Статистически достоверно высокая степень корреляции ранга установлена лишь с показателем VO_{2max} .

Ключевые слова: волейболистки, анаэробно-аэробная производительность, спортивное мастерство.

Анотація. Стех М., Смутьський В. Про взаємозв'язок показників анаеробно-аеробної продуктивності кваліфікованих волейболісток з ранговою оцінкою рівня їх спортивної майстерності. У статті представлені результати визначення факторної структури анаеробно-аеробної продуктивності кваліфікованих волейболісток. Досліджено взаємозв'язок рангової оцінки ефективності змагальної діяльності спортсменок з провідними показниками виділених факторів. Статистично істотно висока ступінь кореляції рангу виявлена лише з показником VO_{2max} .

Ключові слова: волейболістки, анаеробно-аеробна продуктивність, спортивна майстерність.

Annotation. Stech M., Smulskij V. About interdependence of anaerobic-aerobic output indices of high performance women's volleyball players and ranking estimation of their sport skill level. In the paper there are presented the results designation of factor structure of anaerobic-aerobic output of high performance women's volleyball players. The interdependence between ranking estimation of sportswoman skill level and the basic indices of separated factors was examined. High correlation level of ranking estimation with VO_{2max} was evaluated only.

Key words: woman volleyball players, anaerobic-aerobic output, sport skill.

Введение

Волейбол представляется видом спорта переменной интенсивности с анаэробными и аэробными компонентами энергообеспечения. Однако анаэробные возможности и мощность являются определяющими качествами в волейболе [1, 2, 7].

Во время нахождения мяча в игре энергетические потребности обеспечиваются исключительно анаэробной алактатной системой, а именно – распадом АТФ и фосфокреатина в мышцах. Фактически, активные фазы игры редко продолжаются более 8-10 с., в связи с чем вклад анаэробного гликолиза в энергообеспечение с продукцией лактата ограничивается редко происходящими и более продолжительными фазами выполнения 3-4 последовательных атак и успешных защит. Этим объясняется тот факт, почему уровень лактата в крови, определяемый разными исследователями по окончании матча или после сета, редко превышал $2 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$. Скорее всего, анаэробный гликолиз играет более существенную роль в женском волейболе, в котором ударение на атаку и защиту более сбалансировано, чем в мужском волейболе, а мяч остается в игре более продолжительное время [1, 3].

Аэробный гликолиз в волейболе менее важен по сравнению с видами спорта, требующими проявления выносливости. Его вклад практически ограничивается обеспечением энергией в восстановительных фазах между игровыми моментами. Поэтому неудивительно, что максимальное потребление кислорода (МПК) у элитных волейболисток не превышает уровень $54-56 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$, что намного ниже аналогичного показателя у элитных марафонцев или велосипедистов ($80-85 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$) [4, 8].

С учетом изложенного становится очевидным тот факт, что для обеспечения высокого уровня физической подготовленности как важного фактора эффективности соревновательной деятельности, волейболистки должны обладать соответствующим анаэробным и аэробным энергетическим потенциалом. В этой связи можно предполагать существование у квалифицированных представителей данного вида спорта определенного (оптимального) соотношения между эффективностью функционирования различных энергетических механизмов, протекающего на фоне не максимально возможных для этих систем показателей. Одним из подходов к выяснению характера и эффективности такого соотношения может быть определение факторной структуры анаэробно-аэробной производительности волейболисток и выявление взаимосвязи наиболее информативных показателей выделенных факторов с ранговой оценкой уровня их спортивного мастерства.

Цель работы – определить факторную структуру анаэробно-аэробной производительности квалифицированных волейболисток и выявить особенности взаимосвязей наиболее информативных показателей выделенных факторов с ранговой оценкой эффективности соревновательной деятельности спортсменок.

Материалы и методы

В исследовании, выполненном в конце подготовительного периода годового цикла подготовки, приняли участие 12 волейболисток польской команды «Гедания» (высшая лига). Возраст спортсменок – $21,7 \pm 3,7$ лет, спортивный стаж – $9,1 \pm 1,1$ лет. Исследование осуществлялось в Научно-исследовательской лаборатории функциональной диагностики Академии физического воспитания и спорта г. Гданьска.

Для определения анаэробной производительности (максимальной мощности - $W_{\max}$ и $W_{\max} \cdot \text{kg}^{-1}$, средней мощности – W_{av} и $W_{\text{av}} \cdot \text{kg}^{-1}$, количества выполненной работы - KJ_{Σ} и $\text{J}_{\Sigma} \cdot \text{kg}^{-1}$, временных показателей достижения и поддержания максимальной мощности – соответственно $T_{\text{att}} W_{\max}$ и $T_{\text{ret}} W_{\max}$, а также индекса снижения мощности - $I_{\text{red}} W_{\max}$) волейболистки выполняли на велоэргометре 30-секундный анаэробный тест (Wingate Anaerobic Power Test [5].

Исследование аэробных возможностей волейболисток производили в лабораторных условиях с использованием ступенчатовозрастающей по мощности через каждые 2 минуты на 20 ватт велоэргометрической нагрузки до отказа и методики непосредственного газоанализа [9].

Для регистрации частоты сердечных сокращений (HR) использовали спорттестер ("Polar Sport Tester"), а для респираторных показателей – портативный анализатор "Cosmed" (К 4 В-2). В процессе тестирования регистрировали критическую мощность работы (W_{cr} и $W_{\text{cr}} \cdot \text{kg}^{-1}$). Из респираторных показателей – максимальную легочную вентиляцию ($VE_{\max}$), абсолютное и относительное максимальное потребление кислорода - МПК ($VO_{2\max}$ и $VO_{2\max} \cdot \text{kg}^{-1}$), содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе (VCO_2), дыхательный коэффициент (RQ), а также величину кислородного пульса (VO_2/HR).

Ранг уровня спортивного мастерства волейболисток устанавливался на основании экспертной оценки тренерами эффективности их соревновательной деятельности.

Математико-статистическую обработку полученных данных (определение $M \pm SD$, а также корреляционный и факторный анализ) осуществляли с помощью стандартной компьютерной программы „STATISTICA 6,0”.

Результаты исследования и их обсуждение

В таблицах 1 и 2 представлены средние значения показателей, характеризующих проявление волейболистками команды «Гедания» соответственно анаэробной и аэробной производительности

Таблица 1

Показатели анаэробной производительности волейболисток «Гедания» в тесте Wingate (n=12)

Статистические показатели	Показатели анаэробной производительности								
	W_{av}	$W_{\text{av}} \cdot \text{kg}^{-1}$	KJ_{Σ}	$\text{J}_{\Sigma} \cdot \text{kg}^{-1}$	$W_{\max}$	$W_{\max} \cdot \text{kg}^{-1}$	$T_{\text{att}} W_{\max} / \text{s}$	$T_{\text{ret}} W_{\max} / \text{s}$	$I_{\text{red}} W_{\max} / W_{\max} \cdot \text{s}^{-1}$
M	562,5	7,41	5,60	73,1	662,6	8,63	5,60	3,15	0,360
SD	96,0	0,43	0,95	5,0	110,5	0,38	0,64	0,59	0,090

Таблица 2

Показатели аэробной производительности волейболисток «Гедания» (n=12)

Статистические показатели	Показатели аэробной производительности										
	$VE_{\max} (l \cdot \text{min}^{-1})$	$VO_{2\max} (ml \cdot \text{min}^{-1})$	$VCO_2^{\max} (ml \cdot \text{min}^{-1})$	$VO_{2\max} (ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1})$	VE/VO_2	VE/VCO_2	RQ	$HR_{\max} (sk \cdot \text{min}^{-1})$	$O_2 \text{ pulse} (ml)$	W_{cr}	$W_{\text{cr}} \cdot \text{kg}^{-1}$
M	96,0	2530	3059	34,12	38,0	31,2	1,198	177,7	14,2		
SD	0,75	628	780	5,8	4,6	2,8	0,077	7,7	3,5	256,2	3,43
										37,1	0,53

Каждый из представленных в приведенных выше таблицах показателей характеризует отдельные стороны состояния механизмов энергетического обеспечения двигательной активности спортсменов. Однако это еще не позволяет получить интегральное представление об особенностях состояния системы энергетического обеспечения, ее факторной структуре и наиболее информативных показателях ключевых факторов указанной структуры. Решение данного вопроса становится возможным путем использования факторного анализа (метода главных компонент) как математического инструмента классификации и редукции данных. В нашем случае такому анализу были подвергнуты представленные в совокупности данные об анаэробной и аэробной производительности волейболисток. С помощью указанного подхода в структуре общего состояния систем энергетического обеспечения двигательной активности обследованных волейболисток удалось выделить четыре определяющих фактора, вклад которых в общую характеристику структуры составил 83,9 % (табл. 3).

На основании анализа значений весовых коэффициентов были предложены условные обозначения факторов, а также определены те из показателей, которые в наибольшей степени являются для них информативными.

Наиболее существенный вклад в исследуемую структуру (30,4%) пришелся на первый фактор (F_1), в котором самые высокие и статистически значимые значения весовых коэффициентов составили показатели $VO_{2\max}$ и $VCO_{2\max}$ (соответственно 0,96 и 0,94). С учетом изложенного фактор F_1 условно назван нами *фактором абсолютного МПК*, а для его характеристики предложено ориентироваться на один из указанных выше показателей - $VO_{2\max}$.

Вклад второго по значимости фактора (F_2) в общую дисперсию показателей энергетического обеспечения двигательной активности волейболисток составил 21,8%. Для него наиболее весомыми оказались показатели, характеризующие как абсолютную анаэробную производительность в тесте Wingate: W_{av} (0,81); KJ_{Σ} (0,81) и $W_{\max}$ (0,82), так и аэробную, в частности $W_{cr} \cdot kg^{-1}$ (0,84). В связи с этим данный фактор можно условно обозначить как *фактор взаимосвязи абсолютной анаэробной и относительной аэробной мощности работы*. Для его характеристики нами выбраны два показателя: $W_{\max}$ и $W_{cr} \cdot kg^{-1}$.

Таблица 3.

Факторная структура состояния систем энергетического обеспечения двигательной активности волейболисток команды «Гедания»
($n=12$; плотным шрифтом выделены весовые коэффициенты, значения которых превышают 0,70)

Показатели		Факторы			
		F_1	F_2	F_3	F_4
Анаэробная производительность	W_{av}	0,40	0,81	0,37	0,16
	$W_{av} \cdot kg^{-1}$	0,00	0,29	0,91	0,03
	KJ_{Σ}	0,40	0,81	0,37	0,17
	$J_{\Sigma} \cdot kg^{-1}$	0,15	0,24	0,91	0,01
	$W_{\max}$	0,38	0,82	0,31	0,21
	$W_{\max} \cdot kg^{-1}$	0,16	0,04	0,94	0,15
	$I_{red} W_{\max}$	0,63	0,22	0,01	0,28
	$T_{att} W_{\max}$	0,51	0,43	0,17	0,04
	$T_{ret} W_{\max}$	0,23	0,18	0,59	0,08
Аэробная производительность	$VE (l \cdot min^{-1})$	0,86	0,06	0,18	0,38
	$VO_{2\max} (ml \cdot min^{-1})$	0,96	0,16	0,11	0,01
	$VCO_{2\max} (ml \cdot min^{-1})$	0,95	0,04	0,14	0,07
	$VO_{2\max} (ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1})$	0,75	0,41	0,20	0,04
	VE / VO_2	0,01	0,49	0,10	0,88
	VE / VCO_2	0,11	0,09	0,30	0,82
	RQ	0,22	0,84	0,02	0,26
	$HR_{\max}$	0,15	0,23	0,11	0,87
	$O_{2\text{ puls}}$	0,94	0,12	0,14	0,14
	W_{cr}	0,82	0,04	0,24	0,20
	$W_{cr} \cdot kg^{-1}$	0,30	0,84	0,16	0,07
Вклад фактора (%)		30,4	21,8	18,1	13,6

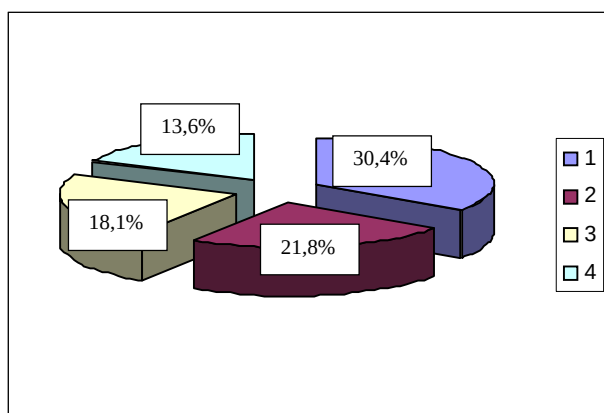
Вклад второго по значимости фактора (F_2) в общую дисперсию показателей энергетического обеспечения двигательной активности волейболисток составил 21,8%. Для него наиболее весомыми оказались показатели, характеризующие как абсолютную анаэробную производительность в тесте Wingate: W_{av} (0,81); KJ_{Σ} (0,81) и $W_{\max}$ (0,82), так и аэробную, в частности $W_{cr} \cdot kg^{-1}$ (0,84). В связи с этим данный фактор можно условно обозначить как *фактор взаимосвязи абсолютной анаэробной и относительной аэробной мощности работы*. Для его характеристики нами выбраны два показателя: $W_{\max}$ и $W_{cr} \cdot kg^{-1}$.

Третий фактор (F_3 , его процентный вклад в структуру составляет 18,1%) условно назван *фактором относительной максимальной анаэробной мощности*, поскольку наиболее весомым (0,89), а значит и наиболее информативным для него является показатель $W_{\max} \cdot kg^{-1}$.

Для четвертого по значимости фактора (F_4), вклад которого анализируемую структуру составил 13,6%, с наиболее значимым весовым коэффициентом (0,94) оказался показатель вентиляционного эквивалента

кислорода. Поэтому для данного фактора показатель VE/VO_2 следует считать наиболее информативным, а сам фактор можно условно обозначить как *фактор эффективности легочной вентиляции*.

На рис.1 представлено графическое изображение факторной структуры состояния энергетических систем обеспечения двигательной активности волейболисток исследованной команды



- 1 - F_1 - фактор абсолютного МПК
 2 - F_2 - фактор взаимосвязи абсолютной анаэробной и относительной аэробной мощности работы
 3 - F_3 - фактор относительной максимальной анаэробной мощности
 4 - F_4 - фактор эффективности легочной вентиляции

Рис. 1. Факторная структура состояния энергетических систем обеспечения двигательной активности волейболисток команды «Гедания»

Таким образом, результаты проведенного анализа позволили выделить в структуре состояния энергетических систем обеспечения двигательной активности обследованных волейболисток четыре определяющих фактора. Для характеристики каждого из них установлены наиболее информативные показатели и соответствующие им среднегрупповые значения, что в обобщенном виде отражено в табл.4. Здесь же представлены результаты корреляционного анализа взаимосвязи указанных показателей с ранговой оценкой уровня спортивного мастерства волейболисток

Таблица 4

Ведущие факторы структуры состояния энергетических систем обеспечения двигательной активности волейболисток команды «Гедания», их наиболее информативные показатели, а также соответствующие им среднегрупповые значения и их корреляционная взаимосвязь (коэффициенты r) с ранговой оценкой уровня спортивного мастерства спортсменов
(плотным шрифтом выделен коэффициент корреляции, уровень значимости которого $p < 0,05$)

Факторы	Показатели	Среднегрупповые значения ($M \pm SD$)	Коэффициент корреляции с рангом
F_1 - фактор абсолютного МПК	$VO_{2max} (ml \cdot min^{-1})$	2530 $\pm$ 628	0,78
F_2 - фактор взаимосвязи абсолютной анаэробной и относительной аэробной мощности работы	W_{max} $W_{cr} \cdot kg^{-1}$	662,6 $\pm$ 110,5 3,43 $\pm$ 0,53	0,45 0,10

F ₃ - фактор относительной максимальной анаэробной мощности	W _{max} · kg ⁻¹ .	8,63±0,38	0,15
F ₄ - фактор эффективности легочной вентиляции	VE/VO ₂	38,0±4,6	0,10

В приведенных данных обращает на себя внимание тот факт, что наиболее значимым в исследованной факторной структуре оказался фактор абсолютного МПК и что показатель VO_{2max} проявил тесную корреляционную взаимосвязь с ранговой оценкой уровня спортивного мастерства волейболисток. Отмеченная особенность может указывать, с одной стороны, на важную роль аэробной производительности для обеспечения эффективности их соревновательной деятельности, что вполне объяснимо, если принять во внимание достаточно высокую продолжительность матчей и что концентрация лактата в крови спортсменов, по данным разных авторов, по окончании матча или после сета, редко превышает 2 ммоль·л⁻¹ [1, 3, 7]. И это при том, что анаэробные возможности и мощность являются определяющими качествами в волейболе [6]. Однако, с другой стороны, тесная корреляция VO_{2max} (но не VO_{2max}·kg⁻¹) с ранговой оценкой уровня спортивного мастерства волейболисток вероятнее всего связана, прежде всего, с их соматическими характеристиками, поскольку, по нашим данным, ранг этих же спортсменов оказался взаимосвязан с такими показателями как длина и масса тела, а также с содержанием его обезжиренного компонента, в частности общего количества мышечной массы (соответственно $r=0,75; 0,61$ и $0,63$; $p<0,05$). При этом корреляция VO_{2max} (но не VO_{2max}·kg⁻¹) непосредственно с указанными соматическими показателями также оказалась достаточно высокой (соответственно $r=0,70; 0,80$ и $0,78$; $p<0,05$).

Заслуживает внимание во втором по значимости факторе взаимосвязь показателей абсолютной анаэробной и относительной аэробной мощности работы. Можно полагать, что такая взаимосвязь отражает специфический для данной группы волейболисток характер анаэробно-аэробного энергообеспечения сложившийся в значительной степени под влиянием систематических тренировочных и соревновательных нагрузок. Процентный вклад этого, как и двух остальных факторов, в общую характеристику исследованной структуры позволяет получить определенное представление о степени значимости отдельных ведущих показателей указанных факторов как для интегральной оценки состояния энергетических механизмов в организме волейболисток так и для проявления ими уровня своего спортивного мастерства.

Результаты исследования и сделанные на их основе выводы рассматриваются в качестве научной предпосылки для их последующего использования при разработке оптимальных подходов к изысканию средств и методов повышения эффективности тренировочной и соревновательной деятельности квалифицированных волейболисток.

Выводы

1. В структуре состояния энергетических систем обеспечения двигательной активности квалифицированных волейболисток выделено четыре определяющих фактора. Для характеристики каждого из них установлены наиболее информативные показатели и соответствующие им среднegrupповые значения.
2. Статистически достоверно высокая степень прямой корреляции ранговой оценки уровня спортивного мастерства волейболисток установлена лишь с VO_{2max} - ведущим показателем наиболее значимого фактора F₁. В основе этой корреляции лежит тесная взаимосвязь показателя VO_{2max} с соматическими характеристиками спортсменов - длиной и массой тела, а также с содержанием его обезжиренного компонента.

Литература

1. Беляев А.В. (1986). Тренировочный эффект игровых упражнений волейболистов. Методические рекомендации. Москва, ГЦОЛИФК.
2. Беляев А.В., Савин М.В. (ред.) (2000). Волейбол - М.: ФОН. - 368 с.
3. Голуб В.П. (1992). Контроль и нормирование тренировочных нагрузок на предсоревновательном этапе подготовки квалифицированных волейболистов. Автореф. дис. ... канд. пед. наук. Киев, КГИФК.
4. Коц Я.М. (ред.). Спортивная физиология (1986). - М.: ФиС. - 239 с.
5. Bar - Or O. (1987); The Wingate Anaerobic reliability validity. - Sport Med." 4: 381 - 394.
6. Feretti A., Zeppilli P. <http://www.sportsci.org/encycl/drafts/volleyball.doc>
7. Kunstlinger U., Ludwig H.G. and Stegeman J. (1987). Metabolic changes during volleyball matches. International Journal of Sports Medicine, 8: 315.
8. Snell P.G., Strau-Gundersen J., Levine B.D., Hawkin M.N., Rawen B.P. Maximal oxygen uptake as a parametric measure of cardiorespiratory capacity, Med Sci Sports Exerc, 39(1), s. 103-107.
9. Thoden J. Testing Aerobic Power. Physiological Testing of High Performance Athlete. - Champaign, Illinois: Human Kinetics Books, 1991. - P. 107-173].

Поступила в редакцию 16.11.2008г.