

Порог анаэробного обмена и его представление в системных категориях спортивной деятельности человека

С. Я. КЛАССИНА

ФГБНУ Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина
ФАНО России, Москва, Россия

Сведения об авторах:

Классина Светлана Яковлевна – ведущий научный сотрудник лаборатории системных механизмов спортивной деятельности ФГБНУ НИИ нормальной физиологии имени П.К. Анохина ФАНО России, к.б.н.

Anaerobic threshold and its representation in systemic categories of human sports activity

S. YA. KLASSINA

P.K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, Moscow, Russia

Information about the authors:

Svetlana Klassina – M.D., Ph.D. (Biology), Leading Researcher of the Laboratory of Systemic Mechanisms of Sports Activity of the P.K. Anokhin Institute of Normal Physiology

Цель исследования: системный анализ спортивной деятельности человека и определение порога анаэробного обмена в системных категориях деятельности. **Материалы и методы:** в обследовании приняли участие 10 мужчин-добровольцев в возрасте от 21 до 38 лет (средний возраст $29,3 \pm 3,4$), которым была предложена возрастающая по интенсивности ступенчато-дозированная физическая нагрузка на велоэргометре до отказа. Мощность первой ступени нагрузки составляла 60 Вт, а мощности последующих ступеней нагрузки последовательно увеличивались с шагом 20 Вт до отказа испытуемого. Длительность физической работы на каждой из ступеней нагрузки составляла 2 мин, а само нагрузочное тестирование велось на фоне постоянной скорости вращения педалей. Перед обследованием экспериментатор давал словесную инструкцию испытуемому, оценивал его уровень мотивации. В фоне и на каждой ступени нагрузки у испытуемых регистрировали частоту сердечных сокращений, частоту дыхания, артериальное давление, скорость вращения педалей велоэргометра. Расчетным путем оценивали вегетативный индекс Кердо, ударный объем крови и минутный объем кровообращения. Для системного анализ спортивной деятельности использовали концепцию системного квантования поведения К.В. Судакова. **Результаты:** показано, что ступень нагрузки 160 Вт является пороговой мощностью, на которой происходит смена механизма энергетического обмена с аэробного на анаэробный. Эта мощность оказалась самой оптимальной в плане достижения результата, когда на фоне максимальной «физиологической цены» достигался заданный этапный результат деятельности. В пользу этого свидетельствует минимизация индекса эффективности регуляции на этой ступени нагрузки. Полагаем, что в основе этого лежит оптимизация системной организации функций. **Выводы:** признаком порога анаэробного энергетического обмена является достижение заданного результата деятельности на фоне высокой «физиологической цены».

Ключевые слова: спорт; концепция системного квантования поведения, результат спортивной деятельности; «физиологическая цена» результата; системная организация функций.

Для цитирования: Классина С.Я. Порог анаэробного обмена и его представление в системных категориях спортивной деятельности человека // Спортивная медицина: наука и практика. 2017. Т.7, №3. С. 65-71. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.3.65.

Objective: system analysis of human sports activity and anaerobic threshold definition in the system activity categories. **Materials and methods:** 10 male volunteers participated in the study; they were offered a step-by-step graduated exercise on the veloergometer up to failure. The power of the first stage was 60 W, and the power of the subsequent stages was sequentially increased by 20 W until the subject failed. The duration of exercise was 2 min at each stage, and the pedaling speed was constant. Before the examination an experimenter gave a verbal instruction to the subject, assessed his level of motivation. Subject's heart rate, breathing rate, blood pressure and pedaling speed was recorded at the each stage. The vegetative index of Kerdo, stroke volume and cardiac minute volume was estimated by calculation. The concept of systemic quantization of behavior by K.V. Sudakov was used for a system analysis of sports activity. **Results:** the energy metabolism changed from aerobic to anaerobic at the stage of 160 W defined as threshold power. This power was the most optimal power when result could be achieved, because expected interim result was achieved in presence of maximum «physiological price». Minimizing of the index of regulator efficiency at this stage confirmed that fact. We believe that the basis is the optimization of

systemic organization of functions. **Conclusions:** a sign of the anaerobic threshold is the achievement of a result of sport activity in presence of high «physiological price».

Key words: sport; concept of systemic quantization of behavior; result of sport activity; «physiological price» of result; systemic organization of functions.

For citation: Klassina SYa. Anaerobic threshold and its representation in systemic categories of human sports activity. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2017;7(3):65-71. (in Russian). DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.3.65.

Введение

Порог анаэробного обмена (ПАНО) – одна из ключевых характеристик спортивной деятельности, поскольку позволяет судить не только о смене механизма энергетического обмена, но и об уровне спортивной подготовки спортсмена. На практике определение ПАНО весьма трудоемко, поскольку требует биохимических исследований. Полагаем, что системный подход к анализу спортивной деятельности позволит представить ПАНО в системных категориях деятельности. К таковым могут быть отнесены системные физиологические показатели, несущие в сжатом виде информацию о поведенческой системе в целом.

Целью данного исследования является системный анализ спортивной деятельности человека и определение порога анаэробного обмена в системных категориях деятельности.

Материалы и методы

В обследовании приняли участие 10 мужчин-добровольцев в возрасте от 21 до 38 лет (средний возраст $29,3 \pm 3,4$), регулярно занимающихся физической культурой на любительском уровне (циклические виды спорта, занятия 1-2 раза в неделю). Всем им была предложена возрастающая по интенсивности ступенчато-дозированная физическая нагрузка на велоэргометре до отказа. Мощность первой ступени нагрузки составляла 60 Вт, а мощности последующих ступеней нагрузки последовательно увеличивались с шагом 20 Вт до отказа испытуемого. Длительность физической работы на каждой из ступеней нагрузки составляла 2 мин, а само нагрузочное тестирование велось на фоне постоянной скорости вращения педалей – 7 км/час. Перед обследованием экспериментатор давал словесную инструкцию испытуемому, далее контролировал функциональное состояние испытуемого и поддержание заданной скорости вращения педалей – 7 км/час.

Для проведения исследований был выбран велоэргометр «SportsArt 5005», а само нагрузочное тестирование велось под контролем ЭКГ-графии (1 отведение) и пневмографии с использованием компьютерного комплекса «Поли-Спектр-8» («Нейрософт», Россия). Это позволило оценить частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин) и частоту дыхания (ЧД, 1/мин), а также на основе опроса испытуемого оценить субъективное самочувствие (sam, баллы) в пятибалльной шкале на каждой из ступеней нагрузки. Те же показатели регистрировались у испытуемых в исходном (фоновом) состоянии. Кроме

того, на каждой ступени нагрузки оценивали скорость вращения педалей велоэргометра (V, км/час, прибор «SIGMA – bc-509», Германия), датчик которого крепился к педали велоэргометра.

Артериальное давление (АД) измеряли в исходном состоянии, и на его основе расчетным путем оценивали вегетативный индекс Кердо (vik, %) [1], ударный объем крови (УОК, мл) и минутный объем кровообращения (МОК, л/мин) [2]. Оценку уровня мотивации проводили на основе психологической шкалы оценки потребности достижения [3].

Методологической основой системного анализа являлась концепция системного квантования поведения, в соответствии с которой любая деятельность может быть представлена как последовательность системных поведенческих единиц – системоквантов [4]. На рисунке 1 представлена схема спортивной деятельности испытуемого на основе системного квантования поведения.

Конечным результатом деятельности испытуемого являлось выполнение физической работы до отказа (Ротказа). Достижение испытуемым конечного результата происходило поэтапно – от ступени к ступени, причем на каждой ступени экспериментатор словесно инструктировал испытуемого.

Под этапным результатом понимали выполнение физической работы на каждой ступени нагрузки в течение 2-х минут на фоне поддержания постоянной скорости вращения педалей – 7 км/час. Параметром этапного результата являлось отклонение фактической скорости вращения педалей (V, км/час) от скорости заданной экспериментатором. Расчет количественной оценки параметра этапного результата (ΔV , км/час) производили по формуле: $\Delta V = V - 7$ (км/час).

«Физиологическая цена» этапного результата рассчитывалась как:

$$\rho, \% = \sqrt{\sigma_{\text{чсс}}^2 + \sigma_{\text{чд}}^2},$$

где $\sigma_{\text{чсс}} = 100\% * (\text{ЧСС}_i - \text{ЧСС}_{\text{фон}}) / \text{ЧСС}_{\text{фон}}$; $\sigma_{\text{чд}} = 100\% * (\text{ЧД}_i - \text{ЧД}_{\text{фон}}) / \text{ЧД}_{\text{фон}}$; Показатели $\sigma_{\text{чсс}}$, % и $\sigma_{\text{чд}}$, % – сдвиги ЧСС и ЧД относительно фонового уровня.

«Физиологическая цена» ($\rho, \%$) – это обобщенная мера перестроек вегетативных функций в процессе достижения этапного результата [5].

Статистическая обработка полученного материала проводилась с использованием непараметрических критериев. Достоверность различия одноименных показа-

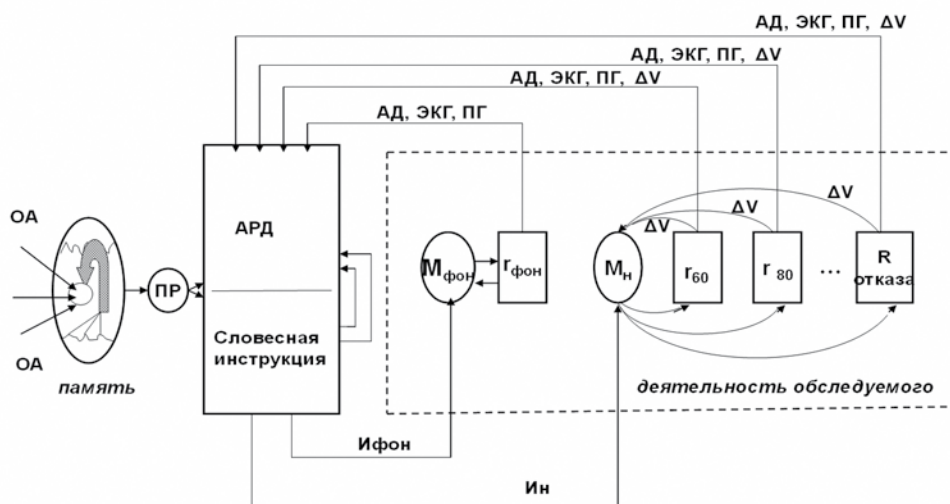


Рис. 1. Схема спортивной деятельности испытуемого на основе системного квантования поведения. Обозначения: АРД – акцептор результата действия, И – инструкция, М – мотивация, г- этапные результаты и их параметры ΔV , R отказа – конечный результат
Pic. 1. Scheme of the sports activities of a subject on the basis of system quantization of behavior. Legend: AAR – acceptor of action results, I - instruction, M – motivation, the r - stage results and their parameters ΔV , R failure – the end result

телей осуществлялась на основе критерия Вилкоксона. Все обследуемые были проинформированы о характере предлагаемого эксперимента и дали письменное согласие на участие в исследованиях. Программа эксперимента была одобрена Комиссией по биомедицинской этике НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина.

Результаты исследования и их обсуждение

Любая деятельность человека, и спортивная в частности, носит активный и целенаправленный характер. Тот факт, что результат деятельности находится вне организма человека, позволяет говорить о деятельности как о системе «организм-среда» и оценивать ее с системных позиций. Полагаем, что наилучшим инструментом изучения целостных биологических систем является теория функциональных систем П.К. Анохина [6]. В ее развитие К.В. Судаковым была выдвинута концепция о системном квантовании поведения. В соответствии с ней системокванты поведения (или деятельности) обладают всеми чертами функциональной системы и направлены на достижение полезного приспособительного результата. [4].

В работе с испытуемыми экспериментатор использовал словесное инструктирование. В результате такого рода инструктирования у испытуемого формировалась не только мотивация к деятельности, но и закладывалась в АРД информационная энграмма самой деятельности, с которой на основе обратной афферентации постоянно сравнивались реально достигаемые результаты. При этом в роли подкрепления здесь выступало «слово». С учетом сказанного попытаемся провести описание спортивной деятельности в системных категориях: мотивация, результат и его «физиологическая цена», системная организация функций в системокванте.

Мотивация определяет деятельность, поскольку

оказывает решающую роль на структуру деятельности и ее вегетативное обеспечение. В этом смысле системоквант деятельности испытуемого имеет внешний и внутренний контуры регуляции, которые объединены в одну саморегулирующуюся систему, направленную на достижение результата (рис. 2). Причем внешний контур включает в себя поведенческие регуляторные механизмы, в основе функционирования которых лежит двигательная и сенсорная деятельности спортсмена, а внутренний контур представлен механизмами вегетативного обеспечения деятельности, перестройки в которых позволяют количественно оценить «физиологическую цену» достигнутого результата. Отсюда следует, что именно оптимальное «сопряжение» механизмов регуляции внешнего и внутреннего контуров обеспечивает достижение результата деятельности.

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что наши испытуемые исходно имели средний



Рис. 2. Схема сопряжения внешнего и внутреннего контуров системокванта
Pic. 2. The scheme of interaction of external and internal contours of the systemic quantum

уровень мотивации, который составил $12,0 \pm 0,4$ балла, а средние значения параметров этапных результатов и их «физиологической цены» представлены в таблице 1.

Динамика системных показателей более наглядно представлена на рис. 3.

Видно, что по мере увеличения мощности нагрузки (до 160 Вт) точность выполнения инструкций экспериментатора по поддержанию скорости вращения педалей велоэргометра ($V=7$ км/час) повышается, что выражается в снижении параметров этапных результатов, однако «физиологическая цена» этой работы, наоборот, повышается. Заметим, что «физиологическая цена» результа-

та становится наибольшей на ступени нагрузки 160 Вт, т.е. в момент минимизации параметра результата. Далее по мере увеличения мощности нагрузки параметр результата повышается, а «физиологическая цена» проявляет тенденцию к снижению. Последнее может быть истолковано как снижение эффективности деятельности.

В свете сказанного, целесообразно дать количественную оценку эффективности работы механизмов регуляции, направленных на обеспечение деятельности испытуемого на каждой из ступеней нагрузки. Введем индекс эффективности регуляции (ЭР), который прямо пропорционален полученному этапному результату и обратно пропорционален его «физиологической цене»

Таблица 1

Средние значения этапных параметров результата (ΔV , км/час) и их «физиологической цены» (ρ , %) при различной интенсивности физической нагрузки (N, Вт)

Table 1

The average values of the step parameters of the result (ΔV , km/h) and their «physiological rates» (ρ , %) at different intensity of physical activity (N, W)

N, Вт	60	80	100	120	140	160	180	200
ΔV (км/час)	$3,0 \pm 0,8$	$2,0 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,4$	$2,1 \pm 0,4$	$1,9 \pm 0,2$	$1,8 \pm 0,5$	$2,5 \pm 0,6$	$3,1 \pm 0,2$
ρ , %	$40,9 \pm 3,5$	$41,5 \pm 4,5$	$55,8 \pm 5,4^*$	$63,0 \pm 5,8$	$83,2 \pm 5,8^*$	$106,8 \pm 8,3^*$	$104,5 \pm 8,2$	$94,2 \pm 22,6$

Обозначения: * - $p < 0,05$ по отношению к мощности предыдущей ступени нагрузки.

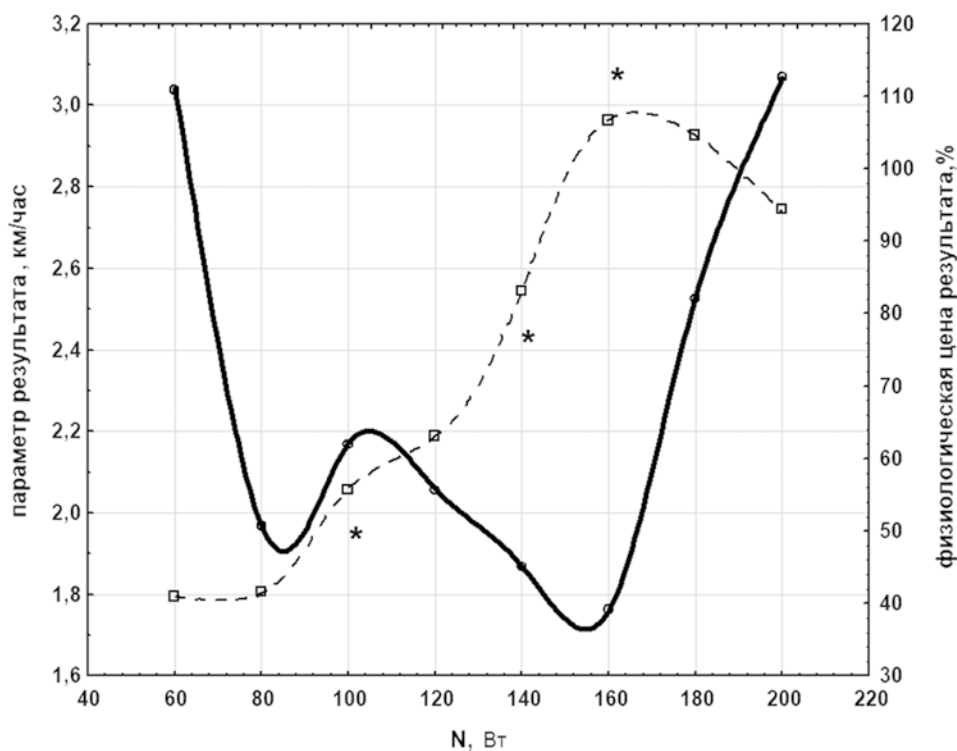


Рис. 3. Динамика параметра результата (ΔV , левая ось, сплошная линия) и его «физиологической цены» (ρ , правая ось, пунктирная линия) по мере ступенчатого увеличения интенсивности нагрузки (N, Вт). Обозначения: * - $p < 0,05$ –уровень значимости по отношению к предыдущей ступени

Fig. 3. The dynamics of the result parameter (ΔV , left axis, solid line) and its «physiological price» (ρ , right axis, dashed line) as a step increase in load intensity (N, W). Designations: * - $p < 0.05$ –level of significance in relation to the previous stage

$$\text{ЭР} = (\Delta V) / (\rho, \%)$$

Смысл индекса ЭР состоит в том, что он позволяет количественно оценить эффективность работы регуляторных механизмов, направленных сопряжение внешнего и внутреннего контуров системокванта (рис. 2). Заметим, что, чем меньше параметр результата, тем ближе этапный результат к заданному, а сформировавшаяся при этом системная организация функций в системокванте наиболее оптимальна его достижению. Следовательно, чем меньше ЭР, тем эффективнее спортивная деятельность, тем выше системная организация функций в процессе достижения заданного результата. Оценим эффективность работы регуляторных механизмов (ЭР) на каждой из ступеней нагрузки (табл. 2).

Таблица 2

Средние значения эффективности работы регуляторных механизмов (ЭРМ) на различных ступенях физической нагрузки (N,Вт)

Table 2

The average values of the effectiveness of regulatory mechanisms (ERM) at various levels of physical activity (N,W)

N, Вт	M±m
60	0,076±0,018
80	0,077±0,034
100	0,040±0,005
120	0,035±0,007
140	0,024±0,003 p<0,05
160	0,019±0,005
180	0,024±0,005
200	0,039±0,014

Из данных таблицы 2 видно, что по мере роста интенсивности физической нагрузки индекс ЭР меняется: в диапазоне мощностей 60-160 Вт он снижался, а начиная с мощности нагрузки 180 Вт, наоборот, повышался. Заметим, что достоверное снижение ЭР отмечается уже при нагрузке 140 Вт, но при нагрузке 160 Вт – ЭР достигает минимума. Это факт позволяет говорить о мощности нагрузки 160 Вт как о ступени нагрузки с оптимальной в плане достижения заданного этапного результата системной организацией функций. При нагрузках 180 Вт и выше эта оптимальность нарушается, что, в конечном итоге, осложняет получение заданного результата деятельности.

Известно, что при мышечной деятельности организм человека требует непрерывной поставки кислорода, за что отвечают сердечнососудистая система и система дыхания. Именно эти системы вовлекаются в системную организацию и направлены на достижение результата.

Основными информативными показателями этих вегетативных систем являются ЧСС и ЧД [7].

Поскольку результат является системообразующим фактором системокванта, то сердечнососудистая система и система дыхания вовлекаются в системоквант лишь в той мере, в какой это необходимо для достижения результата. По мере повышения мощности физической нагрузки степень включения той или иной вегетативной функции в системную организацию меняется, что находит свое отражение в величине сдвига показателя этой функции по отношению к его фоновому уровню. На рисунке 4 представлены сдвиги показателей ЧСС и ЧД по мере повышения мощности физической нагрузки.

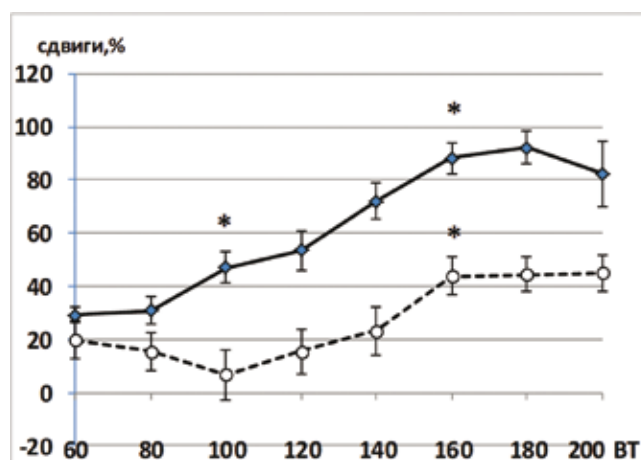


Рис. 4. Средние значения сдвигов ЧСС (сплошная линия) и ЧД (пунктирная линия) по отношению к фону на различных ступенях физической нагрузки. Обозначения: * - p<0,05 - достоверность различия по отношению к предыдущей ступени

Рис. 4. Average values of the changes in heart rate (solid line) and breathing rate (dashed line) against the background of various levels of physical activity. Designations: * - p<0,05 – reliability of differences relative to the previous stage

Из рисунка видно, что ЧСС растет прямо пропорционально увеличению мощности физической нагрузки, причем при мощностях нагрузок 100 и 160 Вт прирост ЧСС по отношению к предыдущей ступени носит достоверный характер (p<0,05). Показатель ЧД меняется не столь однозначно: на ступенях нагрузок 60-100 Вт он, наоборот, проявляет тенденцию к снижению, зато на ступенях 120-160 Вт он повышается синхронно с ростом ЧСС. Необходимо подчеркнуть, что на ступени нагрузки 160 Вт изменения ЧД по отношению к фону носят достоверный характер (p<0,05). Далее на ступенях нагрузок 180-200 Вт показатели ЧСС и ЧД практически останавливают свой прирост. Таким образом, на низких мощностях нагрузок поступление кислорода в организм испытуемого обеспечивается в большей степени за счет сердечнососудистой системы, однако при дальнейшем повышении мощности нагрузки в процесс поставки кислорода организму испытуемого активно подклю-

ется функция дыхания. На ступени 160 Вт этапный результат достигает минимума, а сдвиги ЧСС и ЧД значительно увеличиваются ($p < 0,05$), что позволяет говорить об эффективном взаимодействии сердечно-сосудистой системы и дыхания насыщению крови испытуемого кислородом, и, в конечном итоге, повышении его физической работоспособности. Однако при мощностях на грузки 180 Вт и выше этот механизм «ломается».

Чтобы понять, что же происходит с системными механизмами деятельности на ступени мощности 160 Вт, обратимся кардиореспираторным показателям и показателям гемодинамики. В таблице 3 представлены кардиореспираторные показатели и показатели системы кровообращения на различных ступенях нагрузок.

Видно, что на ступени нагрузки 160 Вт значительно повышается ЧСС ($p < 0,05$), ЧД ($p < 0,05$), VIK ($p < 0,05$) и МОК ($p < 0,05$). Все это позволяет говорить об усилении симпатических влияний на сердце, повышении ритма сердца и дыхания, активации кровотока на ступени нагрузки 160 Вт. Такого рода нагрузку можно определить как предельную, поскольку далее за исключением ЧСС значимых повышений показателей не отмечается, хотя симпатические влияния продолжают незначимо усиливаться.

Известно, что при возрастающей по интенсивности ступенчатой нагрузке может измениться механизм энергетического обмена – с аэробного на анаэробный. Момент перехода от аэробного к анаэробному виду энергетического обмена был определен как порог анаэробного обмена (ПАНО) или лактатный порог [8]. Известно, что в анаэробной зоне физических нагрузок на фоне кислородного долга развивается метаболический ацидоз. Признакам ацидоза считают резкое изменение динамики физиологических показателей, а именно: рост

ЧСС, ЧД, минутного объема дыхания, МОК, изменение рН крови на фоне роста уровня молочной и фосфорной кислоты и др., которые коррелируют с концентрацией уровня лактата в крови. [9]. В результате спортсмен бывает вынужден снизить мощность физической работы или прекратить ее полностью, отказываясь от продолжения физической работы.

Показано, что при работе в аэробной зоне нагрузок предельную ЧСС для аэробной зоны можно прогнозировать в зависимости от возраста испытуемого по следующей формуле: $ЧСС_{пред.} = 180 - \text{возраст (год)}$ [10]. Поскольку средний возраст наших испытуемых составил $29,3 \pm 3,4$ года, то с учетом формулы предельная ЧСС у них должна быть равна 150,7 уд/мин., что близко к среднему уровню ЧСС на ступени нагрузки 160 Вт (табл. 3). Следовательно, мощность нагрузки 160 Вт – это пороговая мощность, после которой происходит изменение механизма энергообмена с аэробного на анаэробный. В пользу этого также свидетельствует выраженное и достоверное повышение ЧСС, ЧД, VIK, УОК и МО и тенденция к снижению субъективного самочувствия испытуемых на этой ступени нагрузки (табл. 3).

Мощность нагрузки 160 Вт является не только пороговой мощностью, но самой оптимальной в плане достижения результата, где на фоне максимальной «физиологической цены» достигается заданный этапный результат деятельности (рис. 3). В пользу этого свидетельствует минимизация индекса ЭР на этой ступени нагрузки. Полагаем, что в основе этого лежит оптимизация системной организации функций в системокванте. Дальнейшее повышение мощности физической нагрузки нарушает системную организацию функций в системокванте, что сопровождается снижением эффективности деятельности.

Таблица 3

Кардиореспираторные и гемодинамические показатели при различных мощностях физических нагрузок

Table 3

The cardiorespiratory and hemodynamic parameters at different power of physical activity

N, Вт	ЧСС, уд/мин	ЧД, л/мин	VIK, %	УОК, мл	МОК, л/мин	Sam, баллы
60	104,1±4,4	17,4±1,0	6,1±6,6	69,4±4,4	5,6±0,4	4,2±0,2
80	105,5±5,7	16,7±0,8	9,4±6,7	71,4±4,7	6,1±0,5	4,1±0,2
100	117,5±4,1	15,3±1,2	15,8±6,8	73,3±4,6	6,6±0,4	4,1±0,1
120	122,0±3,1	16,9±1,3	18,6±6,9	74,2±5,0	7,2±0,6	4,1±0,1
140	136,9±4,6 $p < 0,05$	17,9±1,3	23,6±4,4	86,6±5,1	9,3±0,6 $p < 0,05$	4,1±0,1
160	148,9±3,3 $p < 0,05$	20,8±1,5 $p < 0,05$	39,1±3,1 $p < 0,05$	91,5±4,4	12,2±0,8 $p < 0,05$	4,0±0,2
180	157,1±1,9 $p < 0,05$	19,7±0,8	42,0±3,9	87,7±5,6	12,8±1,0	4,0±0,4
200	157,0± 5,0	20,7±0,3	58,0±4,0	89,4±2,1	15,2±0,2	3,5±0,6

Обозначения: $p < 0,05$ – уровень значимости различия показателя по отношению к предыдущей ступени.

Заключение

На основе концепции системного квантования поведения проведено описание спортивной деятельности человека в системных категориях: мотивация, результат, «физиологическая цена» результата, системная организация функций. Показано, что в процессе возрастающей по интенсивности ступенчато-дозированной физической нагрузки до отказа можно выделить пороговую мощность, на которой происходит изменение механизма энергетического обмена с аэробного на анаэробный. Показано, что на пороговой ступени нагрузки происходит оптимизация системной организации функций, а признаком порога анаэробного энергетического обмена в системных категориях является достижение заданного результата деятельности на фоне высокой «физиологической цены».

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

Funding: the study had no sponsorship

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Список литературы/References:

1. Kérdö I. Einausdaten der Blutzirkulationkalkulierter Index zur Beurteilung der vegetativen Tonuslage. Acta neurovegetativa. 1966;29(2):250-268.
2. Карпман В.Л., Любина Б.Г. Динамика кровообращения у спортсменов. М.: Физкультура и спорт, 1982. 135 с. / Karpman VL, Lubina BG. Dinamika krovoobrashcheniya u sportsmenov. Moscow, Fizicheskaya kultura i sport, 1982. 135 p. (in Russian).
3. Энциклопедия психологических тестов. Личность, мотивация, потребность. М.: ООО «Из-во АСТ», 1997. 300 с. / Entsiklopediya psikhologicheskikh testov. Lichnost, motivatsiya, potrebnost. Moscow, Izdatelstvo AKT, 1997. 300 p. (in Russian).
4. Судаков К.В. Избранные труды. Т.1: Развитие теории функциональных систем. М.: ГУНИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина РАМН, 2007. 343 с. / Sudakov KV. Izbrannye trudy. Vol.1: Razvitie teorii funktsionalnykh system. Moscow, Institut normalnoy fiziologii imeni P.K. Anokhina RAMN, 2007. 343 p. (in Russian).
5. Рыжиков Г.В., Классина С.Я. Пространственно-временная структура «кванта» производственной деятельности контролера и его физиологическое обеспечение // Физиология человека. 1984. Т.10, №1. С.144-152. / Ryzhikov GV, Klassina

na SYa. The spatial-temporal structure of the controller's production activity «quantum» and its physiological support. Fiziologiya cheloveka (Human physiology). 1984;10(1):144-152. (in Russian).

6. Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М: Медицина, 1968. 547с. / Anokhin PK. Biologiya i neyrofiziologiya uslovnogo refleksa. Moscow, Meditsina, 1968. 547 p. (in Russian)

7. Ландырь А.П., Ачкасов Е.Е. Регуляция и определяющие факторы частоты сердечных сокращений в покое в спортсмен-нов // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2012. №6. С. 47-51. / Landyr AP, Achkasov EE. Regulation and determinants of heart rate at rest in athletes. Lechebnaya fizkultura i sportivnaya meditsina (Exercise Therapy and Sports Medicine). 2012;(6):47-51. (in Russian).

8. Wasserman K, Mellroy MB. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. Am. J. Cardiol. 1964;(14):844-852.

9. Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная. М.: Олимпия Пресс, 2005. 528 с. / Solodkov AS, Sologub EB. Fiziologia cheloveka. Obshchaya. Sportivnaya. Vozrastnaya. Moscow, Olimpiya-Press, 2005. 528 p. (in Russian).

10. Яремчук Е. Бег для всех. Доступная программа тренировок. СПб: Издательский дом «Питер», 2015. 230 с. / Yaremchuk E. Beg dlya vseh. Dostupnaya programma trenirovki. Saint-Peterburg, Izdatelskiy dom «Piter», 2015. 230 p. (in Russian).

Ответственный за переписку:

Классина Светлана Яковлевна – ведущий научный сотрудник лаборатории системных механизмов спортивной деятельности ФГНБУ НИИ нормальной физиологии имени П.К. Анохина ФАНО России, к.б.н.

Адрес: 119311, Россия, г. Москва, ул. Крупской, д. 6
Тел. (раб): +7 (495) 601-22-45
Тел. (моб): +7 (905) 547-62-34
E-mail: klassina@mail.ru

Responsible for correspondence:

Svetlana Klassina – M.D., Ph.D. (Biology), Leading Researcher of the Laboratory of Systemic Mechanisms of Sports Activity of the P.K. Anokhin Institute of Normal Physiology
Address: 6, Krupskoy St., Moscow, Russia
Phone: +7 (495) 601-22-45
Mobile: +7 (905) 547-62-34
E-mail: klassina@mail.ru

Дата направления статьи в редакцию: 13.03.2017

Received: 13 March 2017

Статья принята к печати: 20.03.2017

Accepted: 20 March 2017