

ЗНАЧЕНИЕ И КОРРЕКТНОСТЬ ТЕРМИНА “АНАЭРОБНЫЙ ПОРОГ”. ПОРОГОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОМПЕНСАТОРНО-ПРИСПОСОБИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ ОРГАНИЗМА ПРИ ВОЗРАСТАЮЩЕЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

Леявина Т. А., Ситникова М. Ю., Березина А. В., Шляхто Е. В.

Разделение физической нагрузки на фазы необходимо для своевременного принятия правильных клинических решений в медицине и для оценки уровня профессиональной подготовленности спортсменов в спортивной медицине.

Цель. 1) Выявить последовательность компенсаторно-приспособительных реакций, происходящих в организме человека в процессе возрастающей ФН. 2) Оценить корректность термина “анаэробный порог”.

Материал и методы. В исследование было включено 28 спортсменов-триатлетов и 35 здоровых нетренированных лиц, которые выполнили кардиореспираторный тест на тредмиле с использованием аппаратуры “Oxycon Pro”, Jaeger, Germany. Исследуемые были инструктированы на выполнение нагрузки максимально возможной мощности. Физиологические этапы включения компенсаторных механизмов при ФН определяли по изменению уровня лактата, pH и HCO_3^- в венозной крови и изменению газообмена.

Результаты. По результатам настоящего исследования выявлено существование всего четырех физиологических этапов ФН. Первый физиологический этап — это пороговый перелом в содержании молочной кислоты — лактатный порог. Второй — начало снижения pH венозной крови — pH-порог. Третий физиологический этап — точка респираторной компенсации. Четвертый физиологический этап соответствует моменту ФН, когда аэробный метаболизм достиг “апогея” и увеличение образования энергии аэробным путем далее невозможно — аэробный лимит. Термин “анаэробный порог” не подходит к описанию ни одного из этих этапов.

Заключение. 1. На основании результатов проведенного исследования можно выделить четыре физиологических этапа, которые возникают при возрастающей ФН: лактатный порог, pH-порог, точка респираторной компенсации и аэробный лимит. 2. Термин “анаэробный порог” не корректен и не отражает изменения физиологических процессов в организме человека при физической нагрузке.

Российский кардиологический журнал 2014, 11 (115): 19–24
<http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2014-11-19-24>

Ключевые слова: кардиореспираторный тест, компенсаторно-приспособительные этапы физической нагрузки.

ФГБУ Федеральный центр сердца, крови и эндокринологии им. В. А. Алмазова, Санкт-Петербург, Россия.

Леявина Т. А.* — с. н. с. научно-исследовательского отдела сердечной недостаточности, Ситникова М. Ю. — руководитель научно-исследовательского отдела сердечной недостаточности, Березина А. В. — руководитель Научно-исследовательской лаборатории эргоспирометрии, Шляхто Е. В. — д. м. н., профессор, академик РАМН, директор ФГБУ.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):
tatianalelyavina@mail.ru

АП — анаэробный порог, ИМТ — индекс массы тела, КРТ — кардиореспираторный тест, ФН — физическая нагрузка, ЧСС — частота сердечных сокращений, O_2/HR — кислородный пульс, RCP — точка респираторной компенсации, RER — дыхательное газообменное отношение, VO_2 — объем поглощенного кислорода, VE — объем минутной вентиляции, VCO_2 — объем выделенного углекислого газа.

Рукопись получена 04.12.2013
Рецензия получена 21.01.2014
Принята к публикации 28.01.2014

IMPORTANCE AND CORRECTNESS OF THE TERM “ANAEROBIC THRESHOLD”. THRESHOLD CHANGES OF COMPENSATORY AND ADAPTIVE BODY REACTIONS IN INCREASING PHYSICAL EXERTION

Lelyavina T. A., Sitnikova M. Yu., Berezina A. V., Shlyakhto E. V.

A distinction of the physical exertion into phases is necessary for on-time decision making of the correct clinical decisions in medicine and for evaluation of the level of sportsmen professional preparedness in sport medicine.

Aim. 1) To reveal the consequence of compensatory reactions in human body during increasing physical exertion (PE). 2) To evaluate correctness of the term “anaerobic threshold”.

Material and methods. Totally 28 triathletes included and 35 healthy non-trained individuals underwent cardiorespiratory test on treadmill using equipment “Oxycon Pro” by Jäger, Germany. Participants were instructed to reach maximum effort. Physiological stages of compensatory mechanisms involvement during PE were evaluated by lactate measurements, pH and HCO_3^- in venous blood and gas exchange shifts.

Results. By the results of the current study we distinguished four main physiologic stages of PE. The first physiological stage is a threshold break in lactate level — lactate threshold. The second — beginning of pH decrease in venous blood — pH-threshold. The third physiologic stage — point of respiratory compensation. The fourth stage relates to the moment of PE when aerobic

metabolism is at “apogee” and the increase of energy production by aerobic pathway is not further possible — aerobis limit. The term “anaerobic threshold” is not relevant to any of these stages.

Conclusion. 1. According to the results of the study it is possible to distinguish four physiologic stages that appear during increasing PE: lactate threshold, pH-threshold, point of respiratory compensation and aerobic limit. 2. The term “anaerobic threshold” is not correct and does not reflect changes of physiologic processes in the human body during physical exertion.

Russ J Cardiol 2014, 11 (115): 19–24
<http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2014-11-19-24>

Key words: cardiorespiratory test, compensatory-adaptive stages of physical exertion.

FSBI Federal Centre of the Heart, Blood and Endocrinology n.a. V.A. Almazov, Saint-Petersburg, Russia.

Разделение физической нагрузки (ФН) на фазы необходимо для своевременного принятия правильных клинических решений в медицине и для оценки уровня профессиональной подготовленности спортсменов в спортивной медицине. Вероятно поэтому Карлман Вассерман et al. [1] впервые ввели термин “анаэробный порог”, определение которого на сегодняшний день является наиболее популярным и широко распространенным способом разделения ФН на этапы.

Тем не менее, биохимические процессы, происходящие в организме при наступлении “анаэробного порога”, до сих пор полностью не ясны. В доступной литературе существует несколько, иногда противоречащих друг другу, определений АП:

Анаэробный порог определяется как уровень ФН, выше которого аэробный метаболизм не способен полностью удовлетворить энергетические запросы организма; возникает анаэробный метаболизм [1].

АП — точка, в которой содержание лактата в крови начинает резко расти, а содержание бикарбоната — уменьшаться [2].

АП — это такой уровень потребления кислорода, превышение которого приводит к возникновению метаболического ацидоза и сопряженных сдвигов газообмена [3]. На уровне АП аэробные механизмы образования энергии в мышечном волокне становятся недостаточными, вследствие чего к процессу энергообразования подключается анаэробный гликолиз [4]. АП, известный также как вентиляторный порог, — это наивысший уровень поглощения кислорода (VO_2), достигнутый без повышения концентрации молочной кислоты в крови и лактат-пируватного отношения [5]. АП — это такой момент ФН, когда энергетические потребности начинают превышать возможности доставки и утилизации кислорода, и энергия начинает вырабатываться за счет анаэробных механизмов [6].

В документе Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing, изданном Американским торакальным обществом в 2002г, звучит следующее определение анаэробного порога [7]: “анаэробный порог, также известный как лактатный порог, молочнокислый порог, газообменный порог или вентиляторный порог, это такое физиологическое состояние, при котором развивается метаболический ацидоз в результате повышения содержания лактата в крови”.

В клинических рекомендациях по выполнению КРТ у взрослых, изданного кардиологами Американской ассоциации сердца [8], приведено определение вентиляторного порога — “вентиляторный порог обозначает физиологическое состояние, наступление которого оценивается при помощи анализа изменений параметров газообмена и характеризуется уровнем физической нагрузки, когда вентиляция (VE) начинает стремительно увеличиваться относительно повышения объема поглощаемого кислорода (VO_2).

При детальном анализе определений АП, приведенных выше, выясняется, что все они описывают разные фазы физической нагрузки. Многие исследователи пытались сравнивать во времени точки наступления АП, определенные с использованием различных неинвазивных методик у одних и тех же индивидуумов [9-10]. В большинстве случаев данные моменты времени не совпадали. Такая ситуация привела к появлению споров о том, какой же из методов определения АП точнее?

Дебаты о терминологии “анаэробного порога” продолжают по сегодняшний день. Таким образом, существует необходимость в четком разграничении фаз физической нагрузки и определении терминов.

Цели исследования: 1) выявить последовательность компенсаторно-приспособительных реакций, происходящих в организме человека в процессе возрастающей ФН, 2) оценить корректность термина “анаэробный порог”.

Материал и методы

В исследование было включено 28 спортсменов-триатлетов (из них 10 мужчин) и 35 здоровых нетренированных лиц (из них мужчин — 19). Возраст спортсменов колебался от 16 до 28 лет и составил в среднем $21,3 \pm 3,5$ года; индекс массы тела колебался от $19,8 \text{ кг/м}^2$ до $23,4 \text{ кг/м}^2$ и в среднем составил $21,1 \pm 2,0 \text{ кг/м}^2$. Средний возраст здоровых лиц составил $27,0 \pm 5,7$ лет (18-29 лет), ИМТ — $25 \pm 2,5 \text{ кг/м}^2$. Критериями включения в исследование были: добровольное согласие на исследование, отсутствие противопоказаний к выполнению кардиореспираторного теста (КРТ) и заболеваний, которые могли бы повлиять на его результаты.

Исследование было выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской Декларации. Все участники исследования подписали информированное согласие, форма которого была одобрена Этическим комитетом ФГБУ ФЦСКЭ им. В.А. Алмазова.

При предварительном клинико-лабораторном обследовании лиц, включенных в исследование, не было выявлено заболеваний сердечно-сосудистой, легочной и мышечной систем, которые могли бы повлиять на результаты КРТ. Для исключения патологии системы дыхания всем участникам исследования выполнялась спирометрия (“Oxuson Pro”, Jaeger, Germany), по данным которой патологии бронхолегочной системы выявлено не было. У всех участников исследования был определен уровень гемоглобина, значение которого соответствовало норме ($123,0-154,3 \text{ г/л}$), и в среднем составило $137 \pm 5,5 \text{ г/л}$.

Нагрузочный тест. КРТ выполняли на тредмиле с использованием аппаратуры для эргоспирометрических исследований “Oxuson Pro”, Jaeger, Germany.

Таблица 1

Показатели нагрузочного теста у спортсменов и здоровых нетренированных лиц на пике физической нагрузки

Показатель	Группа	Нетренированные добровольцы	Спортсмены	p
VO ₂ , кг, мл/мин/кг		30±5	60±5 (48-78)	<0,001
V _E /VCO ₂		26±4 (22-33)	30±3 (19-32)	<0,001
Пиковая мощность нагрузки, Вт,		170±10	250±25	<0,001
V _E , л/мин		57±5 (45-88)	125±12 (90-178)	<0,001
O ₂ /HR, мл		18±1,8	25±2,7	<0,001

Примечание: VO₂ — объем поглощенного кислорода на 1 кг массы тела, V_E/VCO₂ — вентиляторный эквивалент по углекислому газу, VE — объем минутной вентиляции, O₂/HR — “кислородный пульс”.

Для каждого участника исследования был создан индивидуальный протокол непрерывно возрастающей ФН, составленный таким образом, чтобы исследуемый достигал максимального усилия за 12-15 минут. Исследуемые были инструктированы на выполнение нагрузки максимально возможной мощности. Критерием максимального усилия являлось достижение “плато” VO₂ (отсутствие прироста объема поглощаемого кислорода на фоне увеличения мощности выполняемой нагрузки), дыхательного газообменного отношения (RER) — 1,2, достижение максимальной предсказуемой для индивида ЧСС [7, 8].

Перед проведением КРТ исследуемым устанавливали катетер в локтевую вену. Решение забирать образцы крови из вены было принято на основании результатов недавних исследований, свидетельствующих о высокой идентичности содержания лактата и гидрокарбоната в артериальной и венозной крови [10].

Забор крови осуществляли 1 раз в покое и каждую минуту во время выполнения ФН. Уровень лактата, рН и HCO₃ венозной крови определяли на портативном газоанализаторе i-STAT (Abbott, USA) с помощью наборов картриджей CG4. Физиологические этапы включения компенсаторных механизмов при ФН определяли по изменению уровня лактата, рН и HCO₃ в венозной крови и изменению газообмена. Для оценки газообмена использовались следующие показатели: динамика потребления O₂ (VO₂) и выделения CO₂ (VCO₂) и их соотношение (RER=VCO₂/VO₂), объем минутной вентиляции (VE), вентиляторный эквивалент по CO₂ (VE/VCO₂), отражающий объем минутной вентиляции, необходимый для выделения 1л CO₂. Точку респираторной компенсации (RCP) определяли по динамике вентиляторного эквивалента по углекислоте в момент его резкого увеличения.

Статистический анализ данных. Статистическая обработка выполнена с помощью пакета программ “Statistika, 6.0” для Windows. Рассчитывали средние значения и ошибку среднего (M±m). Сравнение средних проводили с помощью параметрических

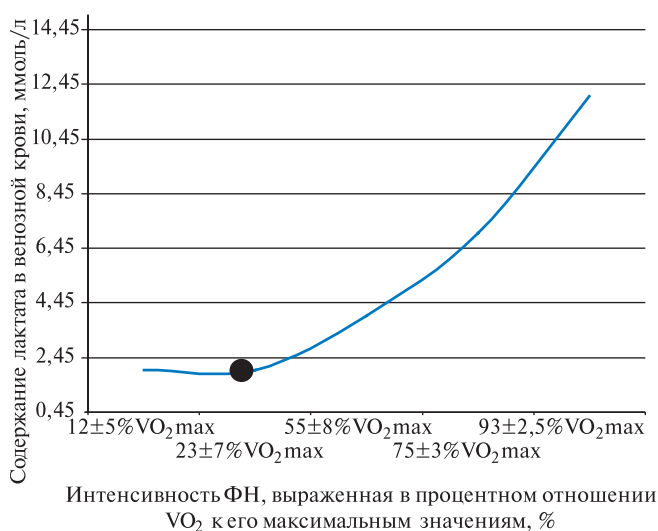


Рис. 1. Динамика содержания лактата в венозной крови при физической нагрузке у спортсменки.

Примечание: Ось x — интенсивность физической нагрузки, выраженная в процентном отношении VO₂ к его максимальным значениям. Ось y — содержание лактата в венозной крови в ммоль/л.

методов статистики с использованием критерия Стьюдента. За критерий достоверности различий принимали значение p<0,05.

Результаты и обсуждение

Основные результаты КРТ спортсменов и нетренированных лиц представлены в таблице 1.

У спортсменов уровень физической работоспособности был достоверно выше, чем у здоровых нетренированных лиц за счет высокого уровня тренированности лиц, профессионально занимающихся спортом. Доказательством этого служит тот факт, что у спортсменов выше прирост O₂ пульса и меньше прирост ЧСС на фоне постепенно возрастающей ФН, что свидетельствует о большем приросте ударного объема и более высокой артериовенозной разнице по кислороду. Тем не менее, при выполнении ФН у обследованных обеих групп наблюдались одностип-

ные физиологические этапы и компенсаторные механизмы регуляции гомеостаза, но при разной интенсивности ФН.

Динамика содержания лактата в крови на фоне ФН представлена на рисунке 1. На протяжении первых 3-5 минут нагрузки содержание лактата в венозной крови

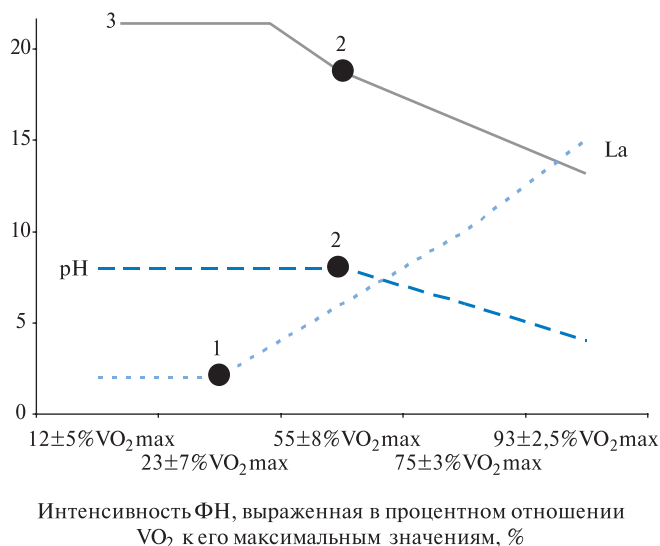


Рис. 2. Динамика содержания лактата, гидрокарбоната и pH венозной крови на фоне непрерывно возрастающей ФН у спортсменки. Ось x — интенсивность физической нагрузки, выраженная в процентном отношении VO₂ к его максимальным значениям.

составляло, в среднем, 2,1±0,2 (1,9-2,5) ммоль/л. При интенсивности ФН, соответствующей 23±7% VO₂ max, уровень лактата начинает возрастать и на пике ФН его значение в среднем составляло 12±3,2 ммоль/л (8-19 ммоль/л). Таким образом, при интенсивности ФН, соответствующей 23±7% VO₂ max, возникает резкое увеличение содержания лактата в венозной крови, что свидетельствует об исчерпывании резервов по поглощению образующейся молочной кислоты мышечными волокнами, печенью, миокардом. При этом формируется значимый изгиб (пороговый перелом) кривой, отражающей содержание лактата в крови. Далее содержание лактата в венозной крови увеличивалось постепенно. Такой тип динамики содержания молочной кислоты в крови наблюдался у 42 (93%) участников исследования.

В состоянии покоя значения pH и HCO₃ в среднем составили 7,32±0,05 и 27,3±2,1 ммоль/л, соответственно, что соответствует норме. В начале ФН pH крови значимо не изменяется. Однако при ФН ≥45% от VO₂ peak выявлено начало снижения pH, причем этот феномен возникает значительно позже относительно начала увеличения содержания лактата в крови, а также позже начала снижения уровня HCO₃ венозной крови (рис. 2). Снижение pH свидетельствует о развитии метаболического ацидоза.

Далее, на рисунке 3, показано, как изменяются показатели, измеряемые неинвазивно, объема погло-

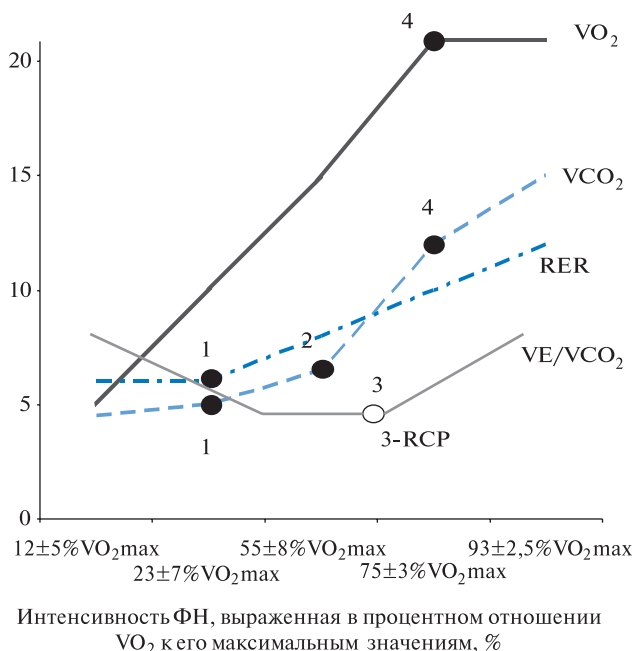
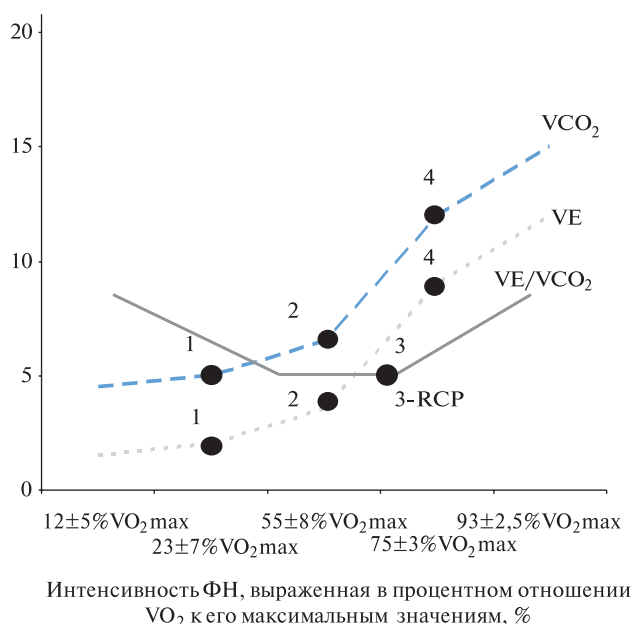


Рис. 3. Динамика показателей объема поглощаемого кислорода (VO₂), количества выделенной углекислоты (VCO₂), минутной вентиляции (VE), вентиляторного эквивалента по CO₂ (VE/VCO₂), дыхательного обменного отношения (RER), точки вентиляторной компенсации (RCP).

Примечание: Ось x — интенсивность физической нагрузки, выраженная в процентном отношении VO₂ к его максимальным значениям. Точкой 1 отмечены переломы кривых RER, VCO₂, VE, что соответствует включению анаэробного метаболизма — это лактатный порог. Точкой 2 отмечены переломы кривых VCO₂ и VE, что соответствует началу развития метаболического ацидоза — pH-порог. Точка 3 — точка респираторной компенсации. Точка 4 соответствует моменту ФН, когда аэробный метаболизм достиг "апогея" и увеличение образования энергии аэробным путем далее невозможно.

шаемого кислорода (VO_2), количества выделенной углекислоты (VCO_2), минутной вентиляции (VE), вентиляторного эквивалента по CO_2 (VE/VCO_2), точки вентиляторной компенсации (RCP), дыхательного обменного отношения (RER), в результате изменений содержания лактата, pH и бикарбоната в крови.

На рисунках 3 и 4 показано, что резкое увеличение уровня лактата сопровождается увеличением дыхательного коэффициента, выделения CO_2 в выдыхаемом воздухе и минутной вентиляции.

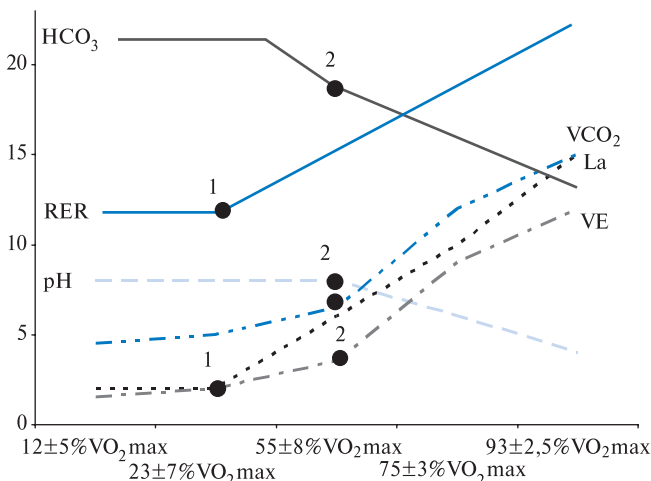
На рисунке 4 показаны изменения показателей газообмена при метаболическом ацидозе. Так, выявлено, что снижение pH сопровождается также резким приростом минутной вентиляции, RER, VCO_2 . При продолжении ФН уровень лактата возрастает, а pH падает, то есть метаболические изменения нарастают и для компенсации этого процесса возникает более резкое увеличение минутной вентиляции, вследствие чего возникает гипервентиляция даже для CO_2 и вентиляторный эквивалент CO_2 увеличивается. Достигается точка респираторной компенсации.

Несмотря на вышеописанные изменения, VO_2 увеличивается линейно по мере возрастания ФН, но до определенного уровня. Далее, несмотря на увеличение мощности ФН VO_2 реак практически не изменяется (рис. 5). При интенсивности ФН $93 \pm 2,5\%$ от VO_{2max} у спортсменов появляется “плато” VO_2 . Это свидетельствует о том, что как сердечно-сосудистая, так и легочная системы, доставляющие O_2 в организм, так и утилизация O_2 в мышцах, достигли своих максимальных возможностей и, соответственно, увеличение образования энергии анаэробным путем при этих обстоятельствах невозможно.

Обсуждение

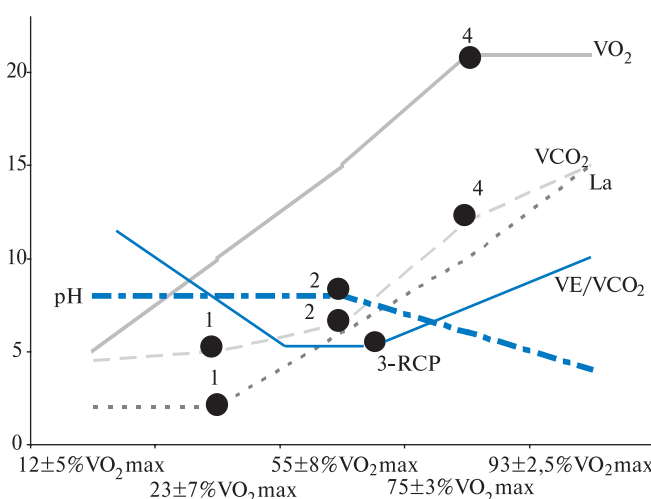
По результатам настоящего исследования выделено 4 этапа компенсаторно-приспособительных реакций организма в ответ на физическую нагрузку возрастающей мощности: лактатный порог, pH-порог, точка респираторной компенсации, аэробный лимит. Термин “анаэробный порог” не подходит к описанию ни одного из этих этапов. По своей сути данный термин подразумевает какое-то пороговое изменение в анаэробном пути получения энергии, т.е., как постулируется многими уважаемыми и популярными научными изданиями: АП — переход от исключительно аэробного способа получения энергии, к смешанному — аэробно-анаэробному [11-15].

Это не совсем верное утверждение, точнее, в корне неверное, т.к. анаэробный метаболизм протекает и в покое, а с началом физической нагрузки лишь интенсифицируется, достигая максимума при выполнении ФН максимально возможной для данного индивидуума мощности. Поэтому, какого-либо порога в анаэробном метаболизме не существует. Тогда как



Интенсивность ФН, выраженная в процентном отношении VO_2 к его максимальным значениям, %

Рис. 4. Изменения показателей газообмена при метаболическом ацидозе.
Примечание: Ось x — интенсивность физической нагрузки, выраженная в процентном отношении VO_2 к его максимальным значениям. Точка 1 — переломы кривых RER, VCO_2 , VE, что соответствует включению анаэробного метаболизма — это ЛАКТАТНЫЙ порог. Точка 2 — переломы кривых VCO_2 и VE, что соответствует началу развития метаболического ацидоза — pH-порог.



Интенсивность ФН, выраженная в процентном отношении VO_2 к его максимальным значениям, %

Рис. 5. Типичная динамика содержания лактата и pH венозной крови, объема поглощаемого кислорода (VO_2), количества выделенной углекислоты (VCO_2), вентиляторного эквивалента по CO_2 (VE/VCO_2), точки вентиляторной компенсации (RCP) у спортсменов и здоровых нетренированных лиц при непрерывно возрастающей ФН.

Примечание: Ось x — интенсивность физической нагрузки, выраженная в процентном отношении VO_2 к его максимальным значениям.

такой порог или лимит существует в метаболизме аэробном, когда при достижении определенной (для данного субъекта) мощности ФН количественный ресурс митохондрий мышечных клеток по производству энергии аэробным путем исчерпан, на кривой

поглощения кислорода в этот момент появится плато, несмотря на это, исследуемый продолжает выполнять ФН возрастающей мощности. В данном случае это возможно лишь за счет увеличения интенсивности анаэробного метаболизма. Момент начала плато и есть лимит аэробного метаболизма или **аэробный лимит**.

Таким образом, термин “анаэробный порог”, несмотря на свою звучность и довольно-таки широкую распространенность, не является корректным и не отражает изменения физиологических процессов в организме человека при физической нагрузке. Тем не менее, многие кардиологи принимают диагностические решения и составляют программы физической реабилитации для пациентов с сердечно-легочной патологией, базируясь именно на определении АП.

Литература

1. Wasserman K, Beaver WL, Whipp BJ. A New Method for Detecting Anaerobic Threshold by Gas Exchange. *Journal of Applied Physiology* 1986; 60 (6): 2020-7.
2. Grippy MA. *Pathophysiology of Lungs*. Moscow.: Izdatel'stvo BINOM; 2005. Russian (Гриппи М.А. “Патофизиология легких”. Москва: издательство БИНОМ; 2005.)
3. Lacour JR. Muscle activity and energy expenditure. *Revue Respiratory* 2011; 28(10): 1278-92.
4. Howard L, Grocott MPW, Naeije R, et al. Cardiopulmonary Exercise Testing. *Pulmonary Medicine*, vol. 2012; Article ID 564134, 3 pages, 2012. doi:10.1155/2012/564134.
5. Guazzi M, Arena R. New clinical cardiopulmonary exercise testing joint statement from the European Society of Cardiology and American Heart Association. *European Heart Journal* 2012; 33(21): 2627-8.
6. Bertuzzi R., Nascimento E., Urso R. et al. Energy system contributions during incremental exercise test. *Journal of Sports Science and Medicine* 2013; 12(3): 454-60.
7. American Thoracic Society/American College of Chest Physicians ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing. *American Journal Respiratory Care Medicine* 2003; 167: 211-77.
8. Guazzi M, Adams V, Conraads V, et al. Clinical Recommendations for Cardiopulmonary Exercise Testing Data Assessment in Specific Patient Populations. *Circulation*. 2012; 126: 2261-74.
9. Geir S, Robstad B, Skjnsberg O, et al. Respiratory gas exchange indices for estimating the threshold. *Journal of Sports Science and Medicine* 2005; 4: 29-36.
10. Gary J, Ross A, Sietsema K, et al. Clinician's Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults: A Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation* 2010; 122: 191-225.
11. Mezzania A, Agostoni P, Cohen-Solald A, et al. Standards for the use of cardiopulmonary exercise testing for the functional evaluation of cardiac patients: a report from the Exercise Physiology Section of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation* 2009; 16: 249-67.
12. Fujimoto N, Prasad A, Hastings J, et al. Cardiovascular effects of 1 year of progressive endurance exercise training in patients with heart failure with preserved ejection fraction. *American Heart Journal* 2012; 164(6): 869-77.
13. Ross A, Myers J, Guazzi M, et al. Cardiopulmonary Exercise Testing Is a Core Assessment for Patients With Heart Failure. *Congestive Heart Failure* 2011; 17 (3): 115-9.
14. Stickland M, Butcher S, Marciniuk D, et al. Assessing Exercise Limitation Using Cardiopulmonary Exercise Testing. *Pulmonary Medicine* 2012; 2012: 1- 13.
15. Piotrowicz E. Cardiac rehabilitation can be effective in all stable patients. *Cardiology J* 2011; 18(6): 607-9.

На основании результатов настоящего исследования мы рекомендуем в подобных случаях пользоваться предложенным нами методом разделения физической нагрузки на физиологические этапы.

Заключение

1. На основании результатов проведенного исследования можно выделить четыре физиологических этапа, которые возникают в процессе возрастающей физической нагрузки. К ним относятся: аэробный или лактатный порог, рН-порог, точка респираторной компенсации и аэробный лимит.

2. Термин “анаэробный порог” не корректен и не отражает изменения физиологических процессов в организме человека при физической нагрузке.