

ТЕСТИРОВАНИЕ
{ АЭРОБНОЙ
МОЩНОСТИ

Аэробная мощность — это интенсивность производства энергии посредством аэробного метаболизма.

Энергия, обеспечивающая процессы возбуждения — сокращения в мышце, образуются в результате гидролиза АТФ.

Уровень концентрации АТФ в мышце незначителен, необходима его регенерация за счет метаболических реакций со скоростью, соответствующей скорости его потребления.

Эти реакции могут быть с анаэробным алактатным метаболизмом; анаэробным гликолитическим метаболизмом; аэробным метаболизмом.

При аэробном метаболизме АТФ образуется в результате окисления углеводов и триглицеридов до CO_2 и H_2O в митохондриях (СО₂).

Хотя все три процесса регенерации АТФ происходят одновременно во время любой активности, относительный вклад каждого вида метаболизма изменяется в соответствии с продолжительностью и интенсивностью активности.

По мере повышения интенсивности физической нагрузки, достигается точка, выше которой аэробные пути не в состоянии производить АТФ с необходимой интенсивностью, вызывая тем самым дополнительный анаэробный метаболизм.

Интенсивность, с которой аэробный метаболизм способен обеспечить рабочую мощность, зависит от двух факторов: химической способности тканей использовать кислород и совместных способностей легочного, сердечного, кровяного, сосудистого и клеточного механизмов транспортировать кислород к митохондриям мышцы.

Теоретически возможно выделение каждого из этих факторов но обычно, рассматривают транспорт и потребление в качестве одной единицы. Это измерение состоит просто из определения общего количества кислорода, поступающего из воздуха легких для обеспечения аэробного метаболизма.

Максимальная аэробная мощность это максимальное количество кислорода, которое организм может использовать путем забора его из атмосферы, транспортировки и потребления тканями. Кроме того, ее называют пиковой аэробной мощностью, наряду с использованием других терминов, включая максимальное произвольное потребление кислорода, аэробная работоспособность и способность к работе на выносливость.

Максимальная аэробная мощность (МАМ) количественно эквивалентна максимальному количеству кислорода, которое индивидуум способен потреблять за единицу времени в течение активности большой группы мышц с постепенно возрастающей интенсивностью, продолжающейся до изнеможения. При выражении в кислородных терминах максимальную аэробную мощность обычно описывают в виде максимального (max) объема (V) кислорода (O_2) в минуту и сокращают в виде $VO_2 \text{ max}$. О максимальной аэробной мощности обычно сообщают как об абсолютном объеме в минуту ($\text{л} \cdot \text{мин}^{-1}$) в таких видах спорта, в которых имеет значение общий выход работы, и как об объеме в минуту относительно массы тела ($\text{мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$).

Квалифицированные спортсмены, которые выступают в видах спорта, требующих длительных усилий (свыше 2 мин), обычно отличаются более высокой МАМ, чем те, кто выступает в видах спорта с прерывистой продолжительностью.

Наивысшие относительные значения связаны с такими видами спорта, как многоборье и бег на средние дистанции.

Наивысшие абсолютные значения отмечаются у физически развитых и хорошо тренированных спортсменов, которым необходима большая мышечная масса для создания высокой интенсивности работы в течение продолжительного времени. Иногда гребец, лыжник-гонщик, велогонщик или конькобежец может обладать абсолютным и относительным значениями МАМ, которые приближаются к верхним пределам.

До какой степени высокие значения МАМ могут объясняться тренировкой или генетическим даром — неизвестно.

Но благодаря тренировке здоровые, молодые, относительно нетренированные взрослые люди способны повысить значение МАМ на 15 — 20 % и выше в зависимости от предтренировочного уровня.

Было показано, что такое повышение обусловлено изменениями как в центральном (сердечно-легочный транспорт), так и в периферическом (васкуляризация и химия тканей) компонентах аэробной системы.

Лактатный порог.

Концентрация лактата в крови не является прямым отражением его образуемого количества. Концентрация лактата крови отражает только отсутствие равновесия между его количеством, образуемым и выделяемым в кровь, и количеством, используемым в тканях или покидающим кровь для использования в других тканях.

Определенная интенсивность нагрузки может первоначально вызвать повышение концентрации лактата крови, а затем — понижение, показывая, что в целом способность организма усваивать лактат превышает интенсивность его образования.

В конечном счете, постепенное повышение интенсивности нагрузки приводит к интенсивному образованию лактата, при котором его концентрация в крови становится устойчивой, указывая на равновесие между образованием и потреблением лактата.

При любой интенсивности до этого уровня и включая его, аэробный метаболизм организма в целом оказывается способным к обеспечению уровня АТФ, достаточного для того, чтобы выдержать нагрузку без чистого увеличения лактата. Если интенсивность образования лактата превышает этот уровень, то лактат постепенно накапливается в крови, поскольку интенсивность его оттока из работающих клеток превышает интенсивность потребления другими тканями.

Интенсивность нагрузки, при которой начинается устойчивое повышение концентрации лактата крови, была принята как точка идентичности, указывающая на переход от аэробной нагрузки к нагрузке, требующей большего вовлечения анаэробного метаболизма.

Во-первых, допускается, что существует интенсивность нагрузки, связанная с началом накопления лактата крови.

Во-вторых, допускается, что некоторые спортсмены, вероятно, избегают накопления лактата, пока не достигают более высокой интенсивности нагрузки.

В-третьих, некоторые данные показывают, что способность задерживать накопление лактата до достижения более высокой интенсивности нагрузки можно развивать (как и другие характеристики, связанные с выносливостью).

Критическая интенсивность нагрузки, при которой происходит увеличение лактата, получила следующие названия: анаэробный порог, начало накопления лактата крови и лактатный порог (ЛП).

Интенсивность работы, вызывающая минимальную интенсивность накопления лактата, обычно может поддерживаться в течение часа или дольше, тогда как работа при МАМ обычно ограничена до 6 — 8 мин.

Взаимодействие МАМ и ЛП

Обычно спортсмены, обладающие высокой МАМ, обладают и высоким ЛП, но относительное значение обоих показателей меняется в зависимости от вида спорта.

В видах соревнований большой продолжительности (бег на 10 000 м или марафон) мощность выполняемой спортсменом нагрузки на уровне ЛП является лучшим предсказателем успеха по сравнению с МАМ, поскольку мощность нагрузки ЛП отражает способность спортсмена бегать с интенсивностью, очень близкой к ЛП. С другой стороны, в аэробных видах меньшей продолжительности (бег на 1500 м или гребля), в которых интенсивность нагрузки фактически превышает интенсивность при МАМ, спортсмен должен получить максимум выгоды от наличия высокой МАМ, независимо от уровня ЛП.

Например, в кратковременных аэробных видах соревновательных нагрузок (от 2 до 6 мин) или в видах, в которых используется высокоинтенсивный спринт в конце продолжительного периода времени работы (финишное ускорение), результат во многом зависит от высоких анаэробных возможностей и высокой устойчивости крови и тканей к лактату.

Целесообразность тестирования аэробной мощности

Целесообразность измерения аэробной мощности у спортсменов основана на положении о том, что существенные генетические, половые и возрастные различия в МАМ, ЛП и анаэробной мощности взаимозависимы, могут изменяться под воздействием тренировки и изменяются в зависимости от их значений в данном виде спорта. Поэтому необходимо выйти за пределы простого рассмотрения МАМ и включить измерения ЛП и анаэробной мощности, пытаюсь оценить способности или влияние тренировки.

Оценка различных компонентов и характеристик, связанных с аэробной мощностью, помогает определить следующее:

1. текущую готовность или пригодность спортсмена к выполнению данной деятельности или функциональную готовность в рамках данной деятельности;
2. акцент, который необходимо сделать на аэробной или других типах тренировки;
3. время изменения тренировочного акцента;
4. величину и темпы изменений, вызванных данной тренировочной программой;
5. темп и структуру соревновательной деятельности или стратегию;
6. имеет ли спортсмен проблемы (медицинские, питания, возрастного развития или перетренированности), которые ограничивают отдельные стороны соревновательной деятельности и аэробную работоспособность в целом.

ЧСС как коррелят аэробной мощности

Трудности, связанные с непосредственным измерением МАМ, привели к разработке разных подходов к оценке аэробных возможностей посредством использования более легко количественно определяемых показателей функций, реакции которых на нагрузку связаны с $\dot{V}O_2$. Среди них ЧСС обычно признается в качестве самой полезной, поскольку ее повышение линейно связано с повышением рабочей нагрузки и максимальные значения ЧСС обычно достигаются при такой же интенсивности нагрузки, при которой достигается МАМ. Одновременно измеряя МАМ и ЧСС при нагрузке в лаборатории, исследователь может оценить относительную интенсивность нагрузки в полевых условиях на основе одной ЧСС и косвенно определить МАМ

Устойчивость ЧСС во время нагрузки, обычно указывает на преимущественно аэробный характер работы, а постоянное повышение ЧСС во всем диапазоне нагрузки обычно указывает на определенную степень использования анаэробной энергии.

ЧСС не пригодна для количественного определения сверхмаксимальной интенсивности нагрузки, поскольку обычно достигает максимального уровня при нагрузке, по интенсивности совпадающей с МАМ.

ЧСС в состоянии покоя и аэробная мощность

ЧСС в состоянии покоя в течение ряда лет была распространенным показателем физической подготовленности на основе того, что низкое значение ЧСС в состоянии покоя указывает на большой ударный объем сердца, который обычно ассоциирует с большим сердечным выбросом и высокими аэробными возможностями.

ЧСС в состоянии покоя значительно быстрее реагирует на тренировку, чем изменения МАМ, а некоторые спортсмены с очень высокой МАМ (70 — 80 мл·кг⁻¹·мин⁻¹) имеют нормальную ЧСС (около 70 в 1 мин), характерную для нетренированных лиц в состоянии покоя. Поэтому надежность использования ЧСС в состоянии покоя как показателя аэробной мощности недостаточна.

ЧСС при восстановлении и аэробная мощность корреляция между ЧСС при восстановлении и объективном измерении аэробной работоспособности слишком слаба.

СООТВЕТСТВИЕ ПРОГРАММ ТЕСТИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ВИДА СПОРТА

Поскольку прямая или косвенная зависимость от аэробного метаболизма и МАМ характерна для большинства видов спорта, при оценке уровня аэробной мощности спортсмена ее тестирование обычно является основным.

Измерение ЛП наиболее специализировано для аэробных видов спорта, связанных с выносливостью, хотя такие измерения быстро распространяются и применяются во многих видах спорта, несмотря на наличие проблем в совершенствовании эффективной и надежной технологии измерений.

Измерение времени до достижения пика МАМ более необходимо для определения спортивной работоспособности при нагрузке продолжительностью от 1 до 5 мин, чем в марафоне, тогда как аэробная емкость более важна при плавании на дистанции 800 м и беге с препятствиями на 3000 м, чем для спринта.

Время и дистанция — не единственные факторы, которые следует учитывать при планировании программы тестирования. Относительно невысокий темп работы, за которым следует короткий или более длинный спринт на финише, подчеркивает необходимость оценки анаэробной пиковой мощности и способности поддерживать высокую анаэробную мощность у выносливых спортсменов, демонстрирует взаимозависимость аэробных и анаэробных характеристик, оценка которых необходима в программе тестирования.

Структура расхода энергии, определяемая стратегией, используемой в ходе данного соревнования, или характером конкретного вида спорта, как и общая продолжительность специальной деятельности, определяют оптимальное сочетание характеристик для каждого вида спорта и образуют основу для составления набора тестов, которые являются всесторонними и экономными.

Режим нагрузки

Поскольку МАМ отражает способность организма транспортировать кислород и способность мышцы потреблять его, значение МАМ изменяется в соответствии с режимом нагрузки и вовлечением специфических мышц. Если измерения должны иметь какое-либо практическое значение протокол нагрузки должен очень близко имитировать мышечную массу и характер рабочей производительности спортсмена, интенсивность, продолжительность нагрузок и условия окружающей среды, в которых он тренируется.

Соотношение лактатный порог — специальная работоспособность

Успех в видах спорта, включающих длинные дистанции, зависит не только от МАМ спортсмена, но и от процента МАМ, который может быть поддержан. Теоретически измерение ЛП должно указывать на этот процент, поскольку накопление лактата крови, происходящее при интенсивности нагрузки выше ЛП, связано с уменьшением возможной продолжительности выполнения этой нагрузки.

1. Повышенные уровни лактата крови связаны как с более быстрым потреблением гликогена мышц, так и с нарушениями кислотно-основного состояния. Рабочая производительность может ограничиваться разными факторами — сниженное содержание субстрата или опосредованное рН угнетения ферментативно регулируемых реакций, таких как гликолиз или мобилизация липидов.

Положительная сторона использования принципа лактатного порога заключается в том, что существует специфическая интенсивность нагрузки ниже которой выносливость является функцией обеспечения топливом, поддержания температуры тела или степени повреждений мягких тканей. Выше этой интенсивности происходит значительное сокращение времени выносливости, которое, вероятно, зависит от метаболических нарушений, связанных с ацидозом. Такая интенсивность используется в качестве точки идентификации тренировочной и соревновательной интенсивности нагрузок и в качестве основы для планирования соревновательной стратегии в видах спорта, имеющих большую продолжительность.

Следовательно, для современного набора тестов необходим определенный метод объективного определения этой точки и контроля за ее изменением в процессе тренировки.

Факторы, включаемые в интерпретацию

Интерпретация основана на всестороннем понимании факторов, вносящих вклад в рабочую производительность, включая знания о потребностях, выдвигаемых специальной деятельностью: исходное состояние спортсмена перед началом тренировочной программы; тип, интенсивность, частота и продолжительность тренировки; социальные и психологические обстоятельства, влияющие на спортсмена. Поэтому к интерпретации должны привлекаться тренеры, спортсмены, проводящий тестирование персонал, биомеханики и спортивные психологи.

Использование существующих нормативных величин

В соответствии с данными большинства исследований и учебников, нормальное здоровое взрослое население в молодом возрасте демонстрирует абсолютные значения $\dot{V}O_2$ макс или МАМ в пределах от 2 до 6 л·мин⁻¹ и больше.

В относительных значениях пределы составляют от 30 до 95 мл·кг⁻¹·мин⁻¹ и больше. Исходные данные для очень широких пределов указанных значений включают мышечную массу, состав тела, пол, уровень зрелости, состояние тренированности и наследственность (исключая патофизиологические факторы).

Так называемая, средняя МАМ у 20-летней девушки, по разным данным, составляет от 1,8 до 2,3 л·мин⁻¹ (от 32 до 38 мл·кг⁻¹·мин⁻¹), тогда как сопоставимые значения у мужчины составляют от 2,7 до 3,2 л·мин⁻¹ (от 36 до 44 мл·кг⁻¹·мин⁻¹).

Хотя большое число определяющих МАМ факторов снижает точность оценок, но можно ожидать, что адекватная тренировка вызовет изменения от 15 до 20 % или больше в абсолютной МАМ индивидуума, когда начинает тренироваться молодой здоровый человек, который вел относительно малоподвижный образ жизни в течение предыдущих 10 — 12 мес.

Определение ограничений программы тренировки или тренируемости

Отсутствие улучшения может означать либо неспособность к улучшению, либо несоответствие тренировки.

Возможно, что непрерывная тренировка достигла своего максимального потенциала по улучшению возможностей аэробной системы и что интервальная тренировка, направленная на периферические факторы, была бы более полезна.

Отсутствие улучшения может указывать на наличие плохо понимаемого состояния, известного в качестве синдрома перенапряжения, который обычно определяют медицинским способом только после его развития до степени, требующей продолжительного периода для восстановления.

Отсутствие любого улучшения в показателях сигнализирует о необходимости коррекции, и регулярно реализуемая программа тестирования является одним из лучших способов для обнаружения такой ситуации.

Отсутствие постепенного нарастания нагрузки и недостаточное здоровье — самые простые аспекты анализа, с которых можно начинать оценку результатов тестов.

Если спортсмен тренируется в видах спорта на выносливость, но интенсивность тренировки значительно ниже интенсивности ЛП, необходима некоторая коррекция интенсивности нагрузок.

Если же интенсивность нагрузок адекватна, продолжительность, количество тренировок в неделю и периоды восстановления именно такие, какие обычно вызывают положительный эффект, и одновременно нет проблем медицинского характера или связанных с питанием, то можно ожидать, что либо чрезвычайно низок тренировочный стимул для системы транспорта кислорода, либо состав мышечных волокон спортсмена требует другого характера вовлечения их в работу.

Программа интервальной тренировки, для которой требуется низкая или умеренная мощность нагрузки (то есть та, которая обеспечивает интенсивность нагрузки выше ЛП и за 2 — 5 мин доходит до МАМ), обеспечит дополнительную стимуляцию сердечно-сосудистой системы и характер силовой работы, которые обычно отсутствуют в условиях "гладких" нагрузок.

Строгий контроль за восстановлением между тренировочными занятиями укажет, действительно ли утомление объясняет низкую МАМ, а период от 3 до 4 недель должен показать, была ли какая-то польза для развития аэробных возможностей.

Тестирование должно быть спланировано так, чтобы могло отразить требования к организму, определяемые спецификой соревновательной дисциплины, и быть прогрессивно нарастающим. Сущностью тестирования является поиск слабого звена, чтобы можно было определить это звено в качестве цели тренировки. Например, если целью тренировки является максимальное повышение МАМ, ее вклада в 8-минутную соревновательную дисциплину, то в какой-то период тренировки спортсмену потребуется сделать максимальный упор на увеличение возможностей системы транспорта и потребления кислорода в течение постепенно возрастающих периодов времени работы, приближающихся к 8 мин.

Определение типов мышечных волокон для интерпретации тестов

Известно, что скелетная мышца состоит из двух основных категорий ткани: быстросокращающихся волокон, которые относительно быстрее обеспечивают энергию анаэробным способом, и медленно-сокращающихся волокон, которые относительно лучше обеспечивают энергию аэробным способом. Пропорция каждого типа волокон может широко колебаться от одной мышцы к другой у одного индивидуума и в одной и той же мышце от одного индивидуума к другому.