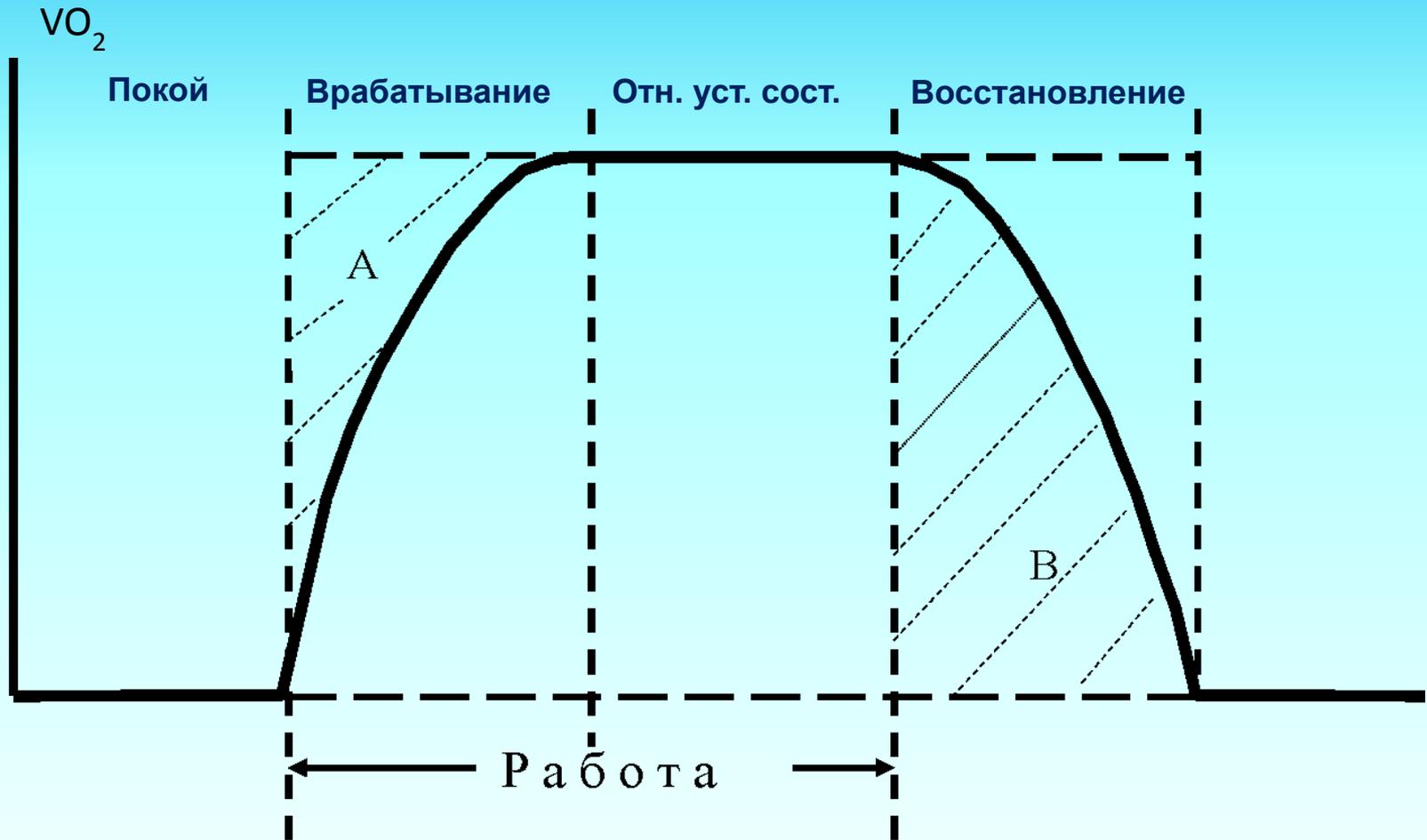


Курс лекций профессора М. И. Бочарова

Физиология спорта

**Тема 4. Функциональные состояния организма
при спортивной деятельности (4 раздела)**

**Периоды состояний организма
(предстартовый, основной, восстановление)**



Раздел 1. Предстартовые состояния, разминка

Предстартовое состояние и разминка

Предстартовое состояние. Происходит в зависимости от предстоящей работы и может проявляться за несколько минут, часов или дней до соревнования.

Это состояние может проявляться в увеличении ЛВ, ЧСС, PO_2 , нарушении сна, аппетита, стула, возникновении тревожности, повышенной возбудимости и т.п.

По природе это состояние относят к условно рефлекторным механизмам, при активации нейрогуморальной системы.

Условными раздражителями могут являться – место соревнований, речевые раздражители, видение афиш, будущего соперника, сами мысли о соревновании и пр.

Мощные эмоциональные возбуждения активизируют симпато-адреналовую систему, вследствие чего происходит мощный выброс гормонов в кровь. Под влиянием катехоламинов и других гормонов ускоряется процесс расщепления гликогена в печени, жиров в жировом депо, увеличивается просвет сосудов в мышцах.

Величина предстартовой реакции зависит от характера предстоящей работы: чем кратковременней предстоящая работа, тем мощнее реакция организма и наоборот; а также состояния тренированности.

Не во всех случаях предстартовые изменения функционирования систем организма оказывают положительное влияние на спортивный результат.

Различают **три формы предстартовых состояний**: ***состояние готовности, стартовая лихорадка, стартовая апатия.***

1. *Состояние готовности* – умеренное эмоциональное возбуждение и адекватная активация физиологических функций;
2. *Стартовая лихорадка* – выраженное эмоциональное возбуждение и физиологических функций.
3. *Стартовая апатия* – неадекватно сильное и относительно длительное возбуждение функций приводит к снижению спортивной результативности.

Разминка

Разминка оптимизирует предстартовое состояние, обеспечивает начальный процесс вработывания организма к предстоящей работе, повышает работоспособность.

Важнейший результат разминки – согласование функций дыхания, кровообращения и двигательного аппарата.

Оказывает значительное влияние на зависящие от температуры физиологические процессы (диссоциация кислорода из оксигемоглобина и миоглобина, мышечный кровоток, метаболизм, вязкость мышц, растяжимость соединительной ткани, скорость передачи нервного импульса к мышце).

Общие эффекты разминки:

- повышает возбудимость сенсорных и моторных нервных центров, вегетативных центров, активизирует деятельность гормональной системы;
- усиливает деятельность всех звеньев кислородтранспортной системы;
- увеличивает кожный кровоток, положительно влияя на терморегуляцию;
- повышает температуру тела и особенно рабочих мышц;
- увеличивает скорость проведения нервных импульсов;
- увеличивает обмен веществ;
- повышает температуру крови, обеспечивая облегчение диффузии O_2 в мышца.

Повышение температуры мышц на $3,1^{\circ}\text{C}$ уменьшает продолжительность сокращения и время полурелаксации, но не влияет на одиночное или тетаническое напряжение. В противоположность этому снижение температуры мышц приводит к увеличению продолжительности сокращения и время полурелаксации. Наблюдения показывают, что релаксация в большей степени зависит от температуры мышц, чем от создания усилия.

Экспериментально установлено, что максимальное изометрическое усилие мышцы кисти остается относительно постоянным при охлаждении до 25°C , но уменьшается примерно на 30% при охлаждении в диапазоне $12-15^{\circ}\text{C}$.

Различают *общую* и *специальную* разминку.

Общая – направлена на повышение общей готовности организма к предстоящей деятельности.

Специальная – направлена на оптимизацию специальной работы, включает упражнения специфические для данного вида спорта.

Разновидности и эффекты разминки

Существуют разные стратегии обеспечения изменений температуры мышц при измерении максимального усилия, связанные с предстоящим видом деятельности. Есть факты об **активном** (связанном с работой мышц) и **пассивном** (например, при использовании внешнего источника тепла) изменении температуры мышц при разминке.

Исследования показывают, что лучший эффект аэробного обеспечения мышечной работы дает **активная** разминка. Причем продолжительность разминки должна превышать пять минут, вызывать потоотделение и повышения активности кардиореспираторной системы.

При этом, повысившаяся температура мышц снижается примерно через 15 *мин* после разминки; следовательно, время между разминкой и событием не должно превышать этого периода времени. К тому же разминка, выполняемая для повышения внутренней температуры, организуется с учетом характера предстоящей деятельности и температуры окружающей среды.

Одна из целей разминки заключается в минимизации **жесткости мышц** посредством приведения в действие большинства основных групп мышц во всем диапазоне движения. Разминка разрушает актин-миозиновые связи и снижает пассивную жесткость мышцы. В противоположность этому повышение жесткости вследствие бездействия снижает чувствительность мышцы к возмущениям.

Показано, что повышение жесткости мышц можно исключить с помощью **активных** или **пассивных** движений, но не посредством изометрических сокращений. Этот эффект был отнесен к **тиксотропному** свойству мышцы. **Тиксотропия** – свойство, которым характеризуются различные гели, например, мышца. Гели становятся жидкими при встряхивании, перемешивании или ином возмущении и снова застывают при отстаивании, по аналогии с мышечным покоем.

Контрольные вопросы

(«предстартовые состояния, разминка»)

1. Раскрыть периоды функциональных состояний организма при спортивной деятельности.
2. В чем проявляется предстартовое состояние на кануне соревнований?
3. Раскрыть три формы предстартовых состояния, их проявления и влияния на спортивный результат.
4. Основное назначение разминки.
5. Раскрыть основные физиологические эффекты разминки.
6. За счет чего повышается работоспособность мышц при разминке.
7. В чем отличия упражнений и их назначения при общей и специальной разминки?
8. Чем отличается разминка и её особенности в зависимости от предстоящей мышечной деятельности?
9. Функциональное значение повышения температуры тела и локомоторных мышц при разминке.
10. В чем физиологический смысл активной и пассивной разминки.
11. Как долго сохраняется эффект спортивной разминки?
12. В чем проявляется свойство тиксотропии мышц и её значение при мышечной деятельности.

Раздел 2. Вработывание, мертвая точка, устойчивое состояние

Врабатывание (В)



Врабатывание происходит в начальном периоде работы. Одна из особенностей **В** заключается в *относительной замедленности* усиления вегетативных функций (кровообращения, и особенно дыхания). Другая особенность проявляется в *гетерохронности* усиления функций, когда **В** опорно-двигательного аппарата происходит быстрее, чем вегетативных систем.

Длительность периода **В** находится в обратной зависимости от интенсивности упражнения (при нагрузке, соответствующей МПК – 1,2-2,0 мин., при 30% от МПК до 10 мин.). Чем выше тренированность организма, тем быстрее происходит врабатывание.

При интенсивной работе, за счет анаэробных процессов, образуется *кислородный дефицит*, что сопровождается дополнительным усилением деятельности систем кровообращения и дыхания. При аэробной работе малой мощности кислородный дефицит может покрываться во время самой работы

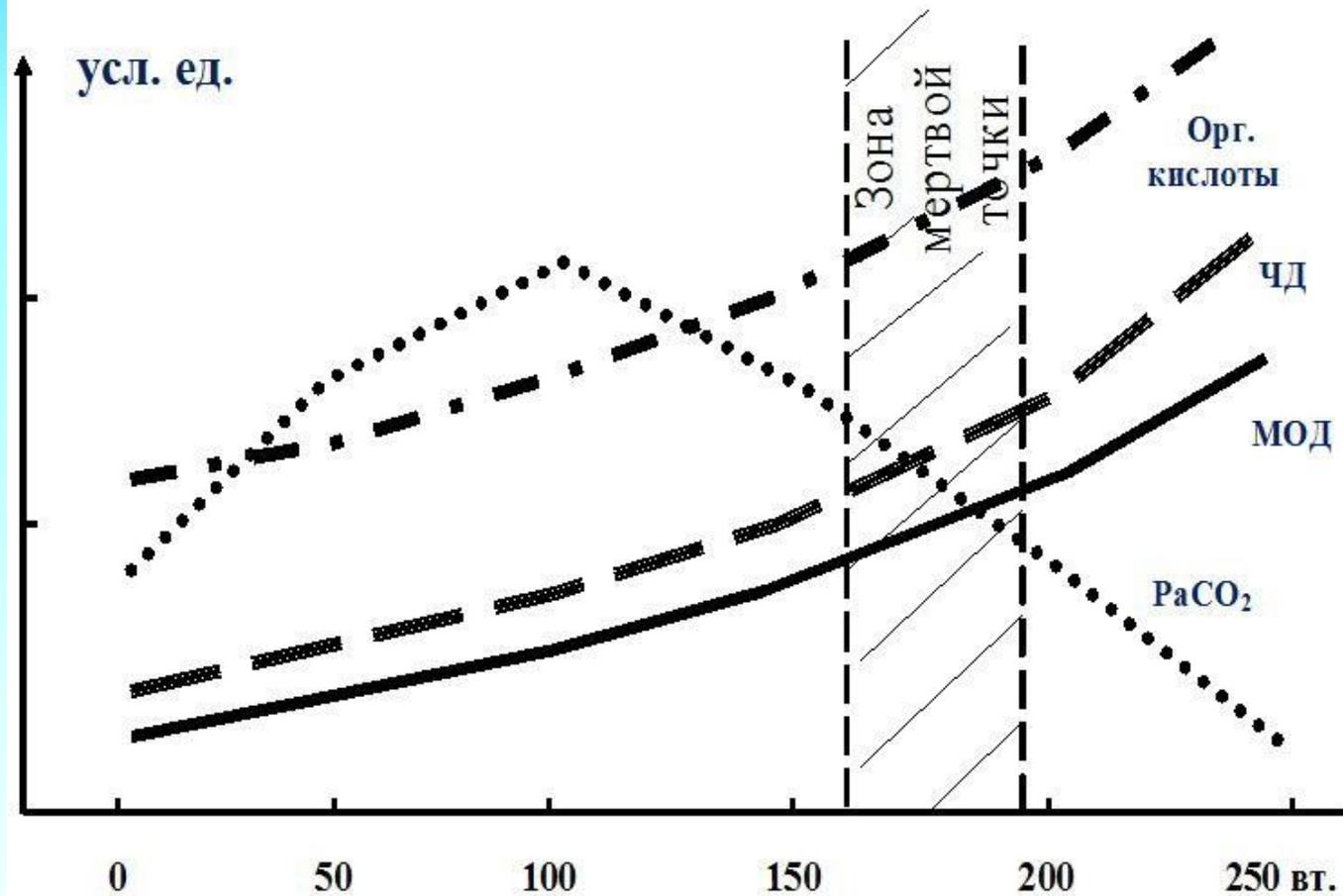
«Мертвая точка» (МТ)

Период вработывания может сопровождаться возникновением «*мертвой точки*», которая характеризуется несоответствием в напряжении физиологических систем и потребностями организма в O_2 . Волевое преодоление **МТ** сменяется «вторым дыханием».

Предполагается наличие связи между параметрами **МТ** и порогом анаэробного обмена. Однако при беге с максимальной скоростью на 800 м такая связь отсутствует. Также, предполагается, что **МТ** как состояние дыхательной недостаточности развивается перед финишем в условиях значительного накопления органических кислот.

Наступление **МТ** определяется торможением дыхательного центра, возникающим вследствие усиленного раздражения рецепторов гортани. Ощущение комка и царапающие боли в горле являются следствием уменьшения просвета голосовой щели. В связи с этим высказывается предположение, что развитие **МТ** связано с резким торможением функции дыхательного центра под влиянием форсированной вентиляции верхних дыхательных путей при снижении резервного объема входа.

Динамика развития метаболического ацидоза



Устойчивое состояние – steady-state

В период *устойчивого состояния (УС)* кислородный дефицит нарастает в меньшей степени. При этом, разные физиологические системы (кровообращения и дыхания) достигают устойчивого состояния на разных периодах времени.

Чем интенсивнее мышечная работы, тем меньше выражена фаза **УС** и наоборот.

Наиболее справедливым будет говорить не об УС, а о *квазиустойчивом состоянии*, или мнимом состоянии. Так как в этот период может происходить уменьшение дыхательного коэффициента, рекрутирование новых ДЕ и сократительной способности скелетных мышц, увеличение АВР- O_2 , нарастание лактата в крови, образование дефицита O_2 в организме, что, например, наблюдается при работе большой мощности, соответствующей МПК.

Контрольные вопросы

(«вработывание, мертвая точка, устойчивое состояние»)

1. Когда возникает период вработывания, его длительность в зависимости от мышечной работы?
2. В чем проявляется особенность включения вегетативных (кровообращения, дыхания) и двигательных функций в период вработывания?
3. Характеристика гетеронности и гетерогенности физиологических функций в период вработывания.
4. От чего зависит длительность периода вработывания?
5. В чем проявляется и за счет чего происходит образование дефицита кислорода при вработывании?
6. Длительность периода вработывания в видах спорта.
7. При каком энергетическом обеспечении мышечной работы больше образуется дефицит кислорода. .
8. Раскрыть феномен «мертвой точки», механизмы её возникновения и преодоления.
9. Роль метаболического ацидоза в возникновении «мертвой точки».
10. Общая физиологическая характеристика устойчивого состояния при мышечной работе.
11. Сущность квазиустойчивого состояния организма.

Раздел 3. Утомление

Мышечное утомление. Мышечное утомление сопряжено с кратковременными эффектами, понижающими работоспособность. Они включают как двигательные, так и сенсорные процессы.

Исследования продемонстрировали, что утомление обуславливается не ухудшением отдельного процесса, а механизмами, которые вызывают утомление и изменяются от одного состояния к другому. Этот эффект был назван *зависимостью утомления мышц от задачи*.

Когда человек выполняет какую-либо двигательную задачу, требования к ней (например, величина усилия, участвующие мышцы, продолжительность действия) усиливают различные физиологические процессы адекватно действию.

К числу таких процессов можно отнести: уровень мотивации субъекта, невральную стратегию (систему возбуждения мышц и двигательной команды), интенсивность и продолжительность действия, скорость сокращения и степень, с которой поддерживается непрерывность действия.

Эти физиологические процессы включают: возбуждение двигательных нейронов ЦНС, мышц и двигательных единиц, нервно-мышечное преобразование, сочетание возбуждения с сокращением, наличие метаболитических субстратов, внутриклеточную среду и мышечный кровоток.

К механизмам мышечного утомления

Центральное возбуждение. Исследования показывают, что невральное возбуждение мышцы, обеспечиваемое ЦНС, при утомлении не всегда максимально, и понижение центрального возбуждения может быть фактором, способствующим уменьшению усилия.

Во-первых, у субъектов отсутствие максимальной мотивации не уменьшает произвольного или искусственного (электрический стимул) усилий. Отсутствие мотивации, вероятно, обуславливает неадекватность центрального возбуждения соответствующих двигательных нейронов.

Во-вторых, известно, что некоторые мышцы возбудить гораздо труднее, чем другие.

В-третьих, утомляемость мышцы различна при *концентрических* (момент силы мышцы превышает момент силы нагрузки, длина мышцы укорачивается) и *эксцентрических* (вращающий момент нагрузки превышает момент силы мышцы, длина мышцы увеличивается) сокращениях.

Нервно-мышечное преобразование. В преобразовании аксонного потенциала действия в сарколеммный потенциал действия участвуют различные процессы, их совокупность называется *нервно-мышечным преобразованием*.

Поддержание высокой активности ослабляет некоторые из процессов, участвующих в нервно-мышечном преобразовании, что может обуславливать уменьшение усилия, связанного с утомлением.

Возможные ослабления включают: неспособность аксонного потенциала действия оказывать влияние на все ветки аксона, уменьшение выделения и истощение нейромедиатора, снижение чувствительности постсинаптической мембраны.

Наиболее общий путь проверки ухудшения нервно-мышечного преобразования у людей заключается в исследовании М-ответа. Уменьшение амплитуды М-ответа свидетельствует об ослаблении одного или нескольких процессов, участвующих в преобразовании аксонного потенциала в мышечный (сарколеммный) потенциал действия.

Установлено, что непосредственно после утомляющего сокращения и последующего восстановления формы волны после отдыха в течение 10 *мин* наблюдается уменьшение М-ответа.

Связь возбуждения с сокращением. В нормальных условиях возбуждение нервной системы приводит к активации мышцы и соответствующему циклическому изменению поперечных мостиков.

Семь процессов обуславливают преобразование возбуждения в усиление активности мышечных волокон:

- 1) распространение потенциала действия вдоль сарколеммы;
- 2) распространение потенциала действия по поперечному каналцу;
- 3) изменение обуславливаемой ионами Ca^{2+} проводимости саркоплазматической сети;
- 4) перемещение ионов Ca^{2+} соответствии с их градиентом концентрации в саркоплазму;
- 5) повторное поглощение ионов Ca^{2+} саркоплазматической сетью;
- 6) связывание ионов Ca^{2+} с тропонином;
- 7) взаимодействие миозина и актина, и выполнение работы поперечным мостиком.

Есть работы, указывающие на то, что ухудшение связи возбуждения с сокращением при утомлении может наблюдаться на фоне неизменных невральных или метаболических (нормальное или незначительное изменение содержания мышечного лактата, АТФ, креатинфосфата, гликогена) факторов.

Также показано, что для утомляющих сокращений (большой продолжительности при малом усилии) тетаническое усилие восстанавливается быстро (2 мин.), восстановление после ухудшения нервно-мышечного преобразования длится несколько больше (4-6 мин.), а ухудшение связи возбуждения с сокращением может продолжаться часами.

Следовательно, связь возбуждения с сокращением у людей ухудшается вследствие продолжительных мышечных сокращений. Некоторое исключение составляют двигательные единицы типа FF (быстрые), у которых после длительной электростимуляции нарушение связи возбуждения с сокращением длится лишь несколько минут.

Метаболические субстраты. Критическими факторами сокращения мышцы являются нервная система и метаболическая энергия.

Однако способность поддерживать сокращение мышцы не всегда зависит от наличия метаболических субстратов, для некоторых двигательных задач их истощение определяет снижение производительности. Например, выполнении работы 70-80% от МПК, способность поддерживать усилия совпадает с истощением гликогена в работающих мышцах.

Аналогично, когда субъекты потребляют глюкозу или получают ее внутривенно, они способны к большей производительности. Следовательно, наличие углеводов определяет объем работы субмаксимальной мощности.

Как известно, на мышечное утомление также влияют:

- концентрация ионов водорода (H^+), которые могут ингибировать гликолиз;
- снижение внутриклеточного рН из-за повышения содержания CO_2 во внеклеточной среде;
- продукты гидролиза АТФ и др.

Кровоток. Хорошо известно, что ограничение кровотока в мышце приводит к ее более быстрому утомлению.

Увеличение мышечного кровотока в процессе двигательной активности необходимо для доставки энергетических субстратов, удаления продуктов метаболизма и рассеивания тепла. Однако когда мышца активна, повышается внутримышечное давление, которое сжимает кровеносные сосуды и ограничивает кровоток.

Например, известно, что с увеличением времени изометрического сокращения кровотоки в мышце уменьшаются.

При этом, невозможно идентифицировать конкретный уровень усилия, при котором кровоток перекрывается, так как внутримышечное давление может заметно изменяться в пределах группы мышц-антагонистов или отдельной мышцы для данной интенсивности сокращения.

Таким образом, уменьшение кровотока (ишемия) влияет на механическую производительность, вне зависимости от пониженного содержания кислорода в крови (гипоксия). Увеличение кровотока, связанное с гиперперфузией, может улучшать удаление метаболитов и в результате этого ограничивать наступление утомления.

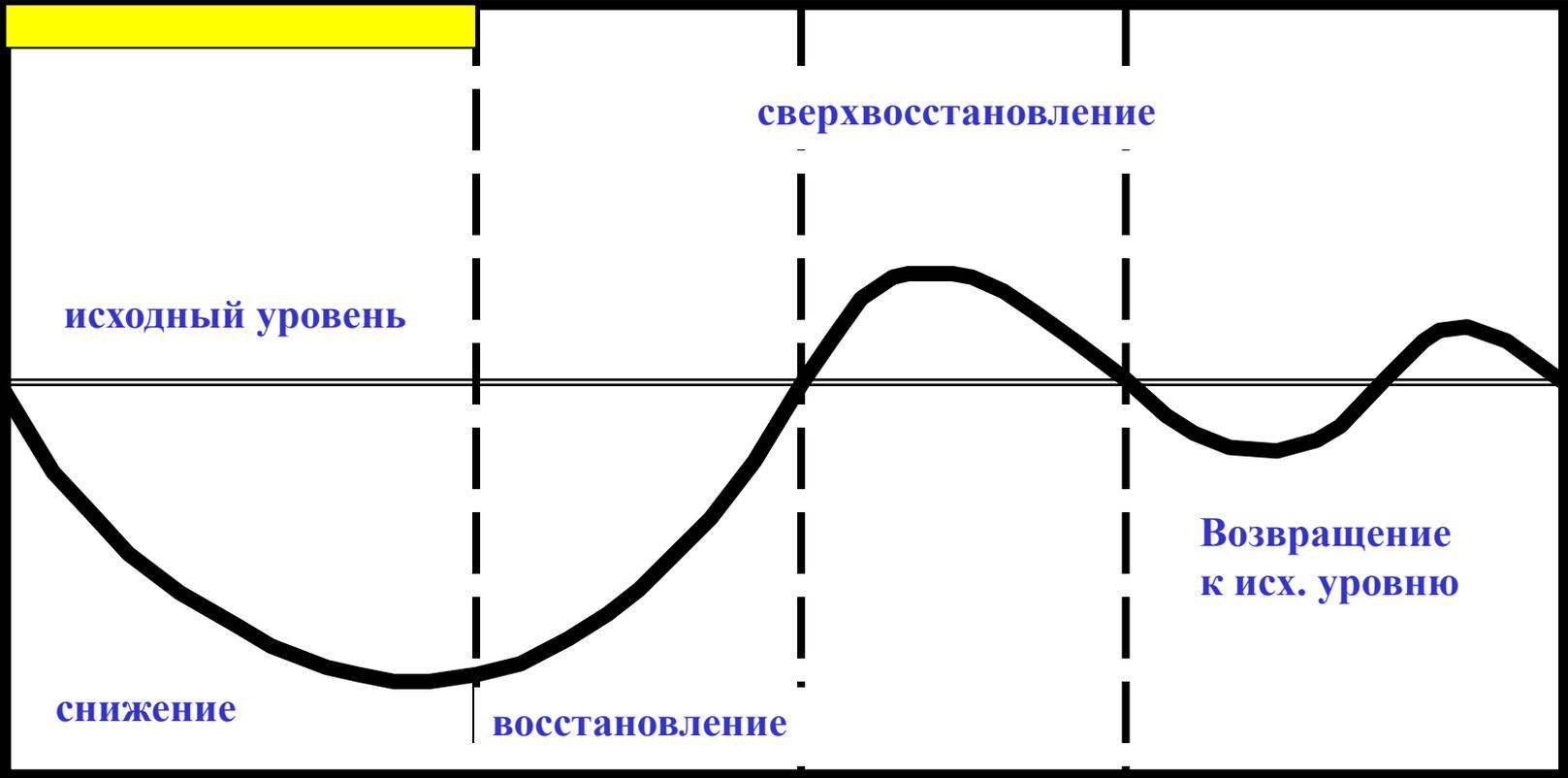
Механизмы развития утомления



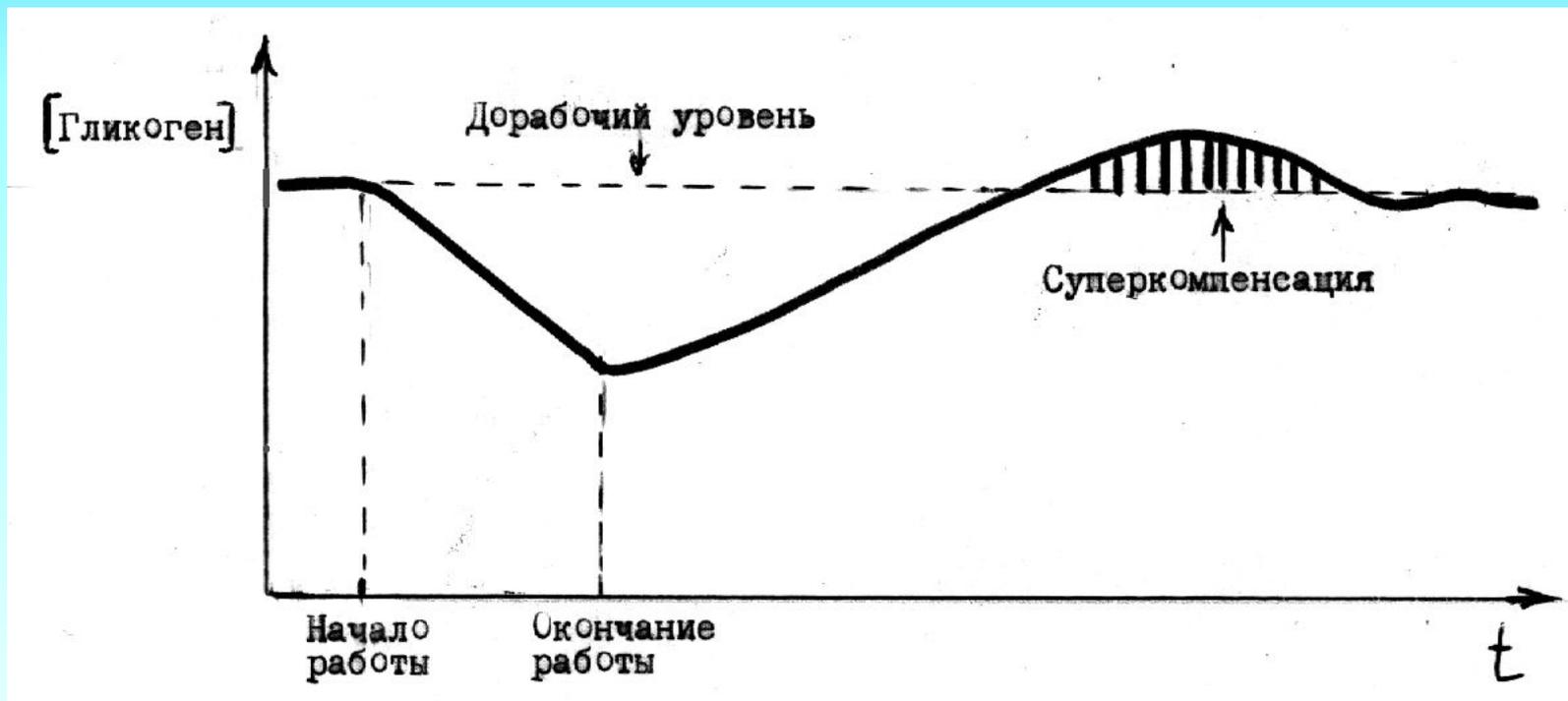
Фазы работоспособности

Работа

Отдых

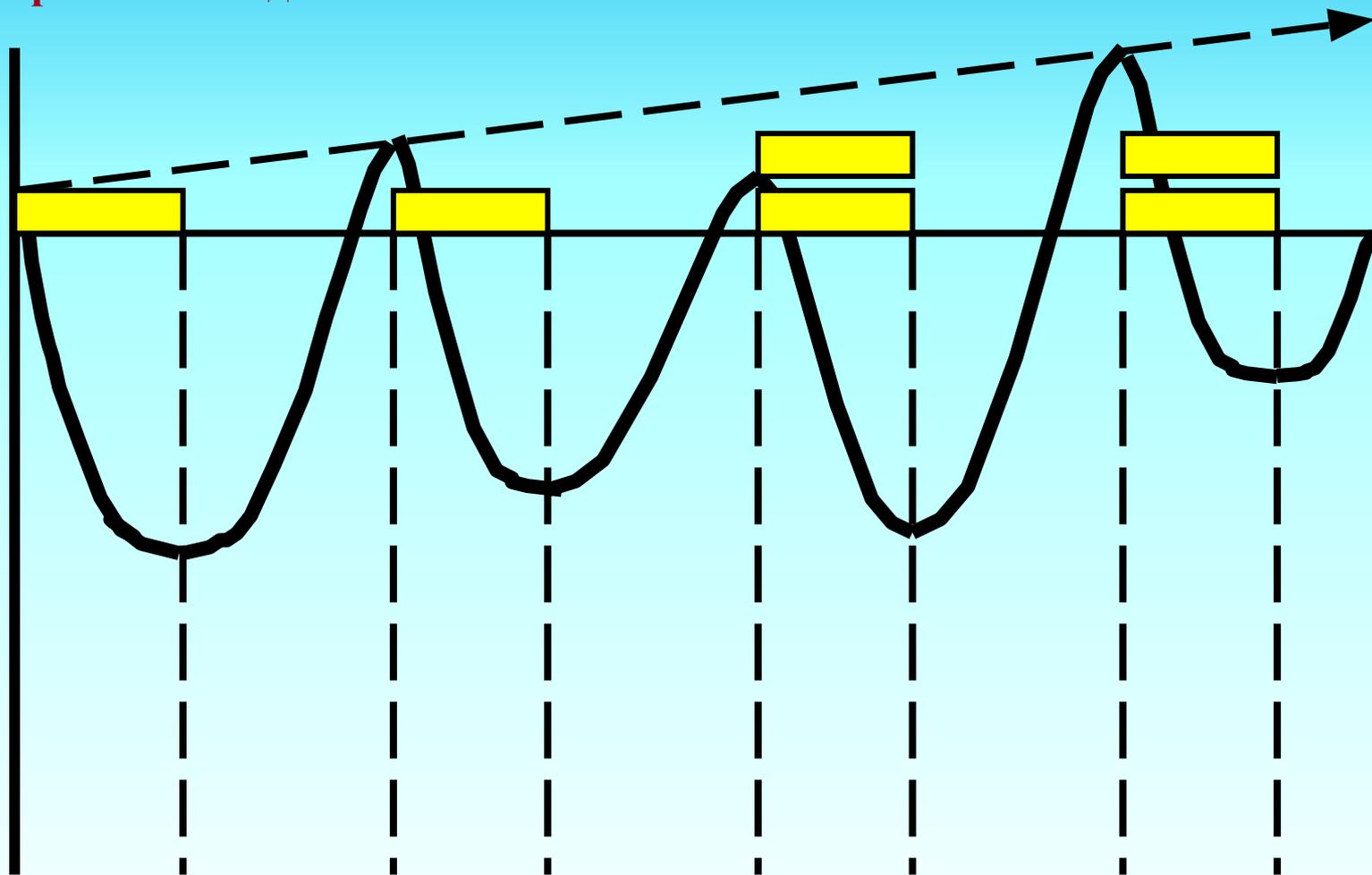


Суперкомпенсация гликогена при отставленном восстановлении

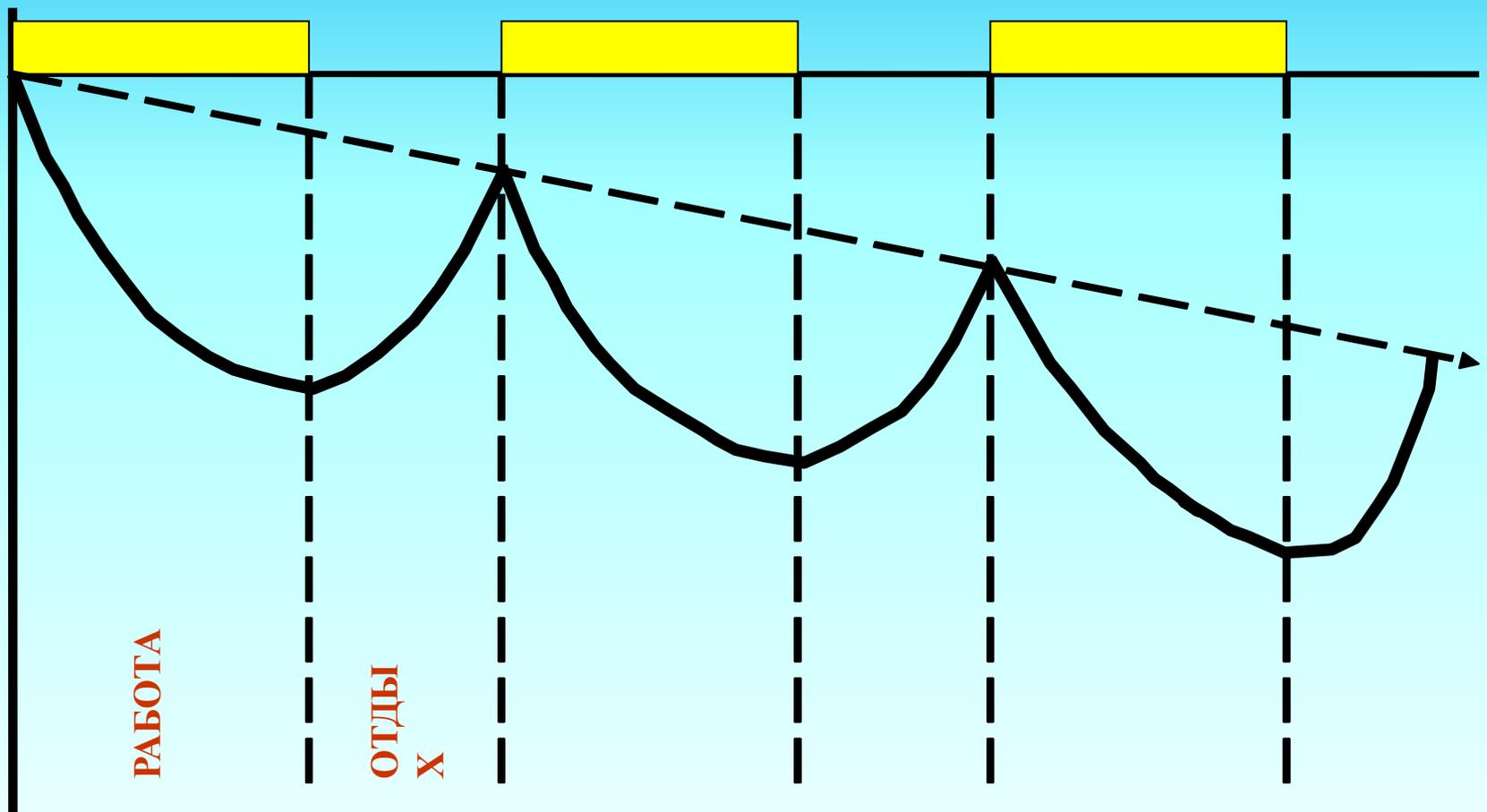


Эффект суперкомпенсации

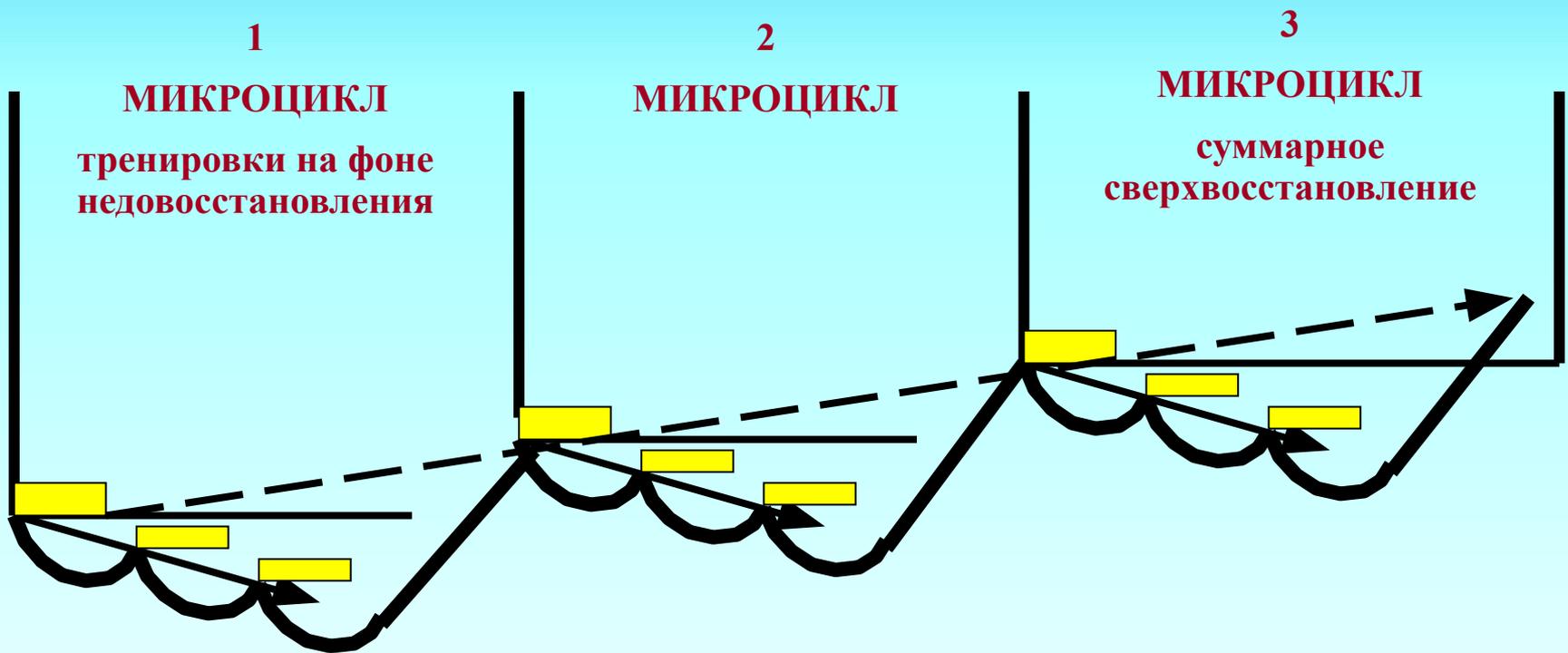
работа отдых



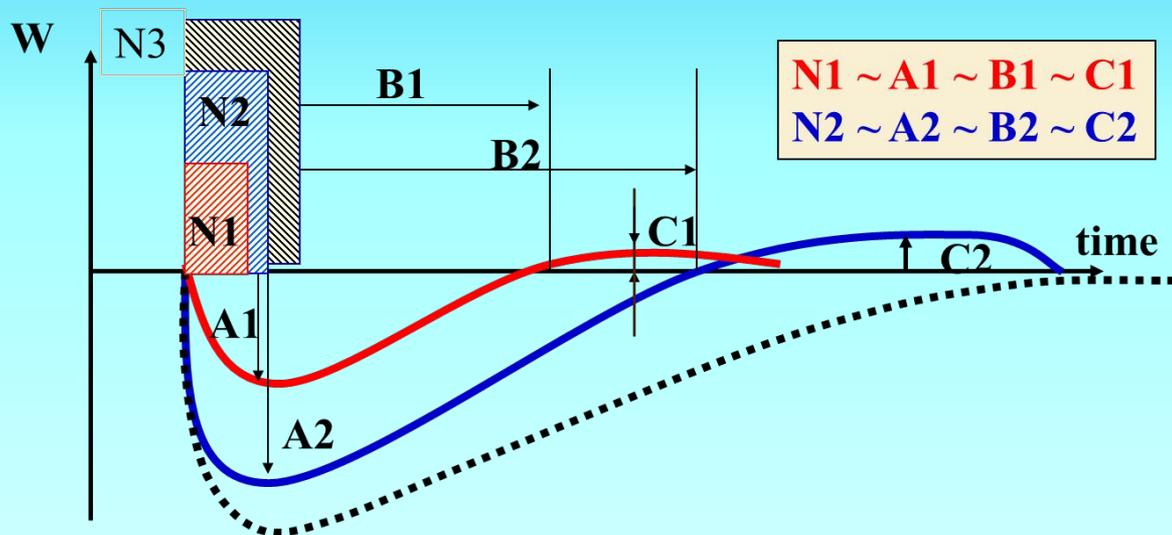
Недовосстановление



Вариант суперкомпенсации

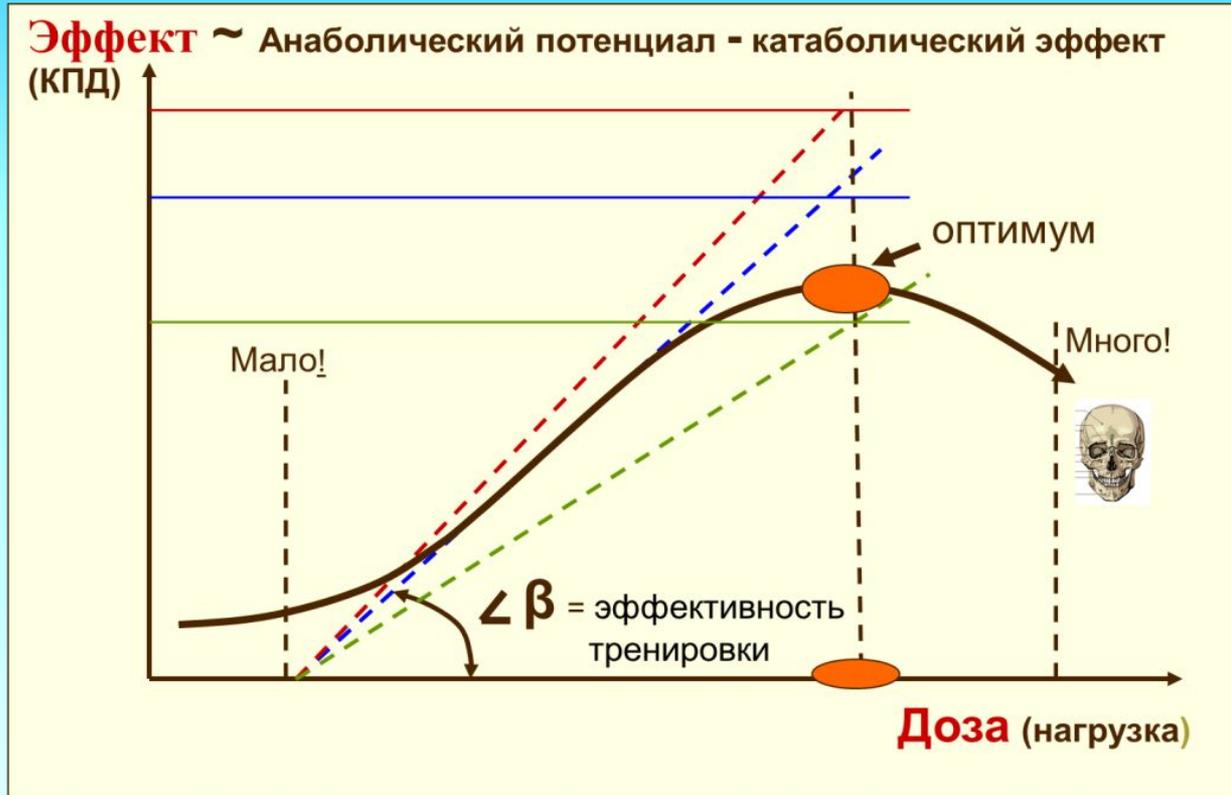


Закон «суперкомпенсации»



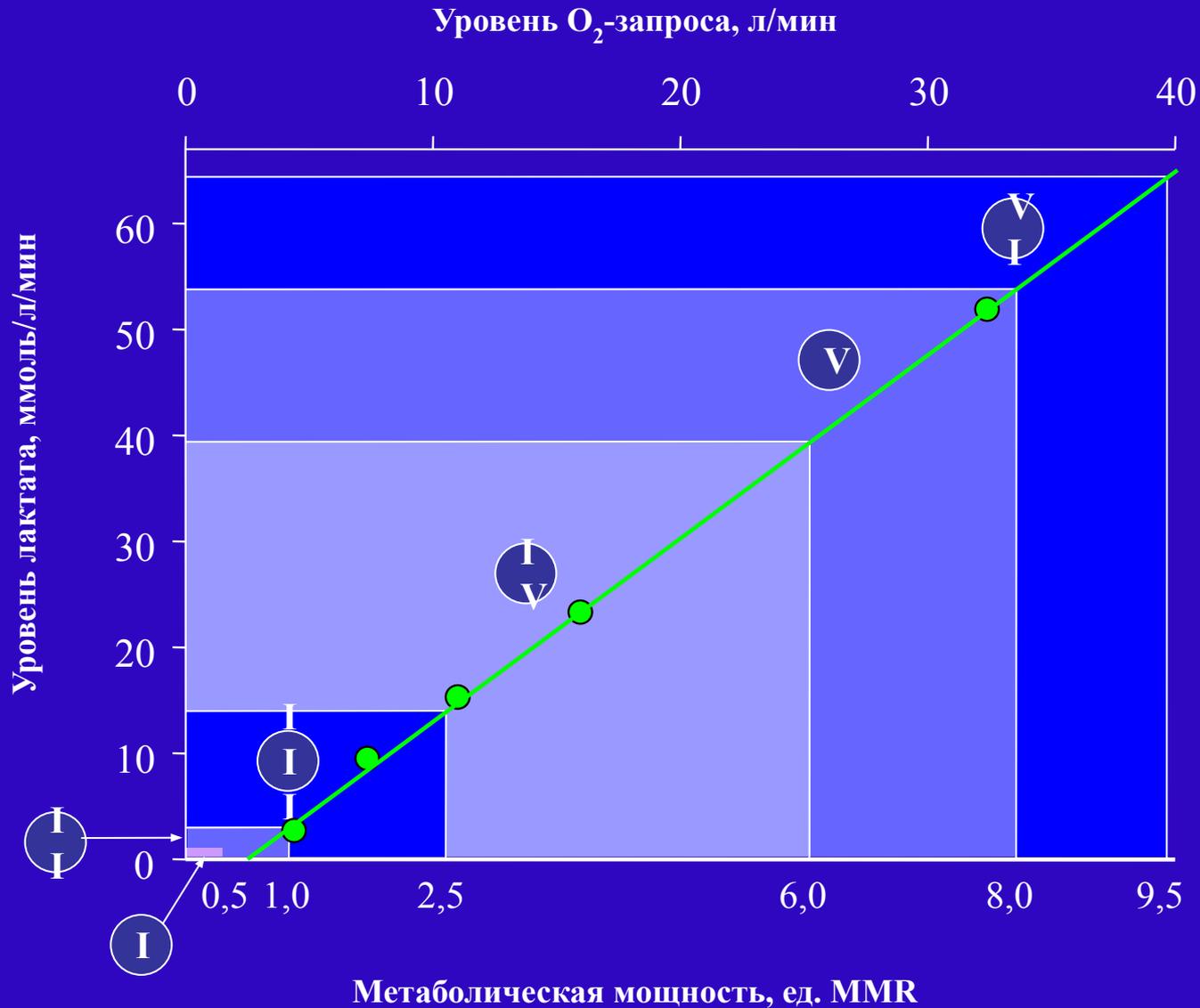
Показана схема изменения работоспособности (W) в течение времени (time) после проведенного занятия с нагрузкой N1 для новичков и пожилых людей, с нагрузкой N2 для подготовленных занимающихся и с чрезмерной нагрузкой N3 (пунктирная линия). Видно, что при индивидуально оптимальной нагрузке, после периода пониженной работоспособности наступает фаза повышенной работоспособности. Если же величина однократной или повторяющейся нагрузки превышает некоторый «порог», то фазы суперкомпенсации не наступает. Более того, состояние может оставаться хуже исходного очень длительное время (до 3-х недель)

Закон «доза-эффект»



Закон «доза-эффект», говорящий о том, что существует оптимум величины нагрузки, при которой тренировочный эффект будет максимальным.

Зависимость уровня молочной кислоты в крови от уровня O_2 -запроса упражнения



ЗОНЫ НАГРУЗКИ:

- VI
Алактатная анаэробная
- V
Смешанная алактатно-гликолитическая
- IV
Гликолитическая анаэробная
- III
Смешанная анаэробно-аэробная
- II
Смешанная аэробно-анаэробная
- I
Чисто аэробная

Контрольные вопросы («утомление»)

1. К чему приводит развитие утомления организма при мышечной работе?
2. Невральное возбуждение мышцы и мотивация как факторы регуляции усилия.
3. Особенности концентрических и эксцентрических сокращений мышц в развитии утомления.
4. Какие нервно-мышечные преобразования обуславливают уменьшение усилия, связанного с утомлением.
5. С чем связано уменьшение амплитуды М-ответа после утомляющего сокращения скелетной мышцы?
6. Какие семь процессов обуславливают преобразование возбуждения в усиление активности мышечных волокон?
7. Какие метаболические субстраты влияют на мышечное сокращение?
8. Дать характеристику центральным механизмам утомления.
9. Раскрыть механизм эффекта «суперкомпенсации».
10. Варианты развития «суперкомпенсации» в тренировочных микроциклах.
11. Дать характеристику «закона суперкомпенсации».
12. Характеристика зоны оптимума мышечной нагрузки для формирования эффекта суперкомпенсации.
13. Привести примеры зоны оптимума мышечной нагрузки для формирования суперкомпенсации в избранном виде спорта

Раздел 4. Восстановление

Биохимия восстановления после мышечной работы

Восстановление условно делится на две фазы: срочное и отставленное.

Срочное восстановление. На этом этапе устраняются продукты анаэробного обмена, главными из которых являются *креатин* и *лактат*.

Креатин образуется и накапливается в мышечных клетках во время физических нагрузок за счет креатинфосфатной реакции:



Эта реакция обратима. Во время отдыха она протекает в обратном направлении:



Избыток АТФ

Обязательным условием превращения *креатина* в *креатинфосфат* является *избыток АТФ*, который создается в мышцах после работы, когда уже нет больших энергозатрат на мышечную деятельность. Источником АТФ при восстановлении является тканевое дыхание, протекающее с достаточно высокой скоростью и потребляющее значительное количество кислорода. В качестве окисляемых субстратов чаще используются жирные кислоты.

Отставленное восстановление. На устранение **креатина** требуется не более 5 минут. В течение этого времени наблюдается повышенное потребление кислорода, называемое **алактатным кислородным долгом**.

Алактатный кислородный долг характеризует вклад креатинфосфатного пути ресинтеза АТФ в энергообеспечение выполненной физической нагрузки. Наибольшие величины алактатного кислородного долга (5-10 л) наблюдаются после выполнения физических нагрузок в зоне максимальной мощности.

Другой продукт анаэробного обмена – **лактат** образуется и накапливается в результате функционирования гликолитического пути ресинтеза АТФ. Устранение молочной кислоты происходит, преимущественно, во внутренних органах, так как она легко выходит из мышечных клеток в кровяное русло.

Лактат поступает к сердцу, там подвергается аэробному окислению и превращается в конечные продукты – CO_2 и H_2O . Это сопровождается выделением энергии, которая используется для обеспечения работы сердечной мышцы.

Значительная часть лактата из крови попадает в печень и превращается в глюкозу. Этот процесс называется **глюконеогенезом**. Синтез глюкозы из лактата требует энергии АТФ, источником которого служит тканевое дыхание, протекающее с повышенной скоростью и потребляющее избыточное (по сравнению с покоем) количество кислорода.

Другая часть лактата из крови поступает в почки. В почках, так же как и в миокарде, лактат может окисляться с участием кислорода до углекислого газа и воды, давая этому органу энергию. Часть лактата через почки поступает в состав мочи.

Выделяется из организма молочная кислота также в составе пота. У спортсменов содержание лактата в поте может значительно превышать его уровень в крови. Поэтому использование после тренировки сауны или бани позволяет ускорить выделение из организма молочной кислоты.

Для устранения избытка лактата обычно требуется не более 1,5 - 2 часов. В это время наблюдается повышенное (*по сравнению с дорабочим уровнем*) потребление O_2 , поскольку все превращения лактата протекают с участием O_2 (*лактатный кислородный долг*).

Лактатный кислородный долг характеризует вклад гликолитического пути ресинтеза АТФ в энергообеспечение проделанной работы. Наибольшие величины лактатного кислородного долга (20-22 л) определяются после физической нагрузки в зоне субмаксимальной мощности.

Частично креатин и лактат могут устраняться и во время тренировки: при снижении интенсивности выполняемых физических упражнений, а также в промежутках отдыха. Такое восстановление называется ***текущим***.

Кислородный долг и восстановление энергетических запасов организма

В процессе мышечной работы расходуются кислородный запас организма, фосфагены (АТФ и КрФ), углеводы, (гликоген мышц и печени, глюкоза крови) и жиры. После работы происходит их восстановление. Исключение составляют жиры, восстановления которых может и не быть.

Восстановительные процессы, происходящие в организме после работы, находят свое энергетическое отражение в повышенном по сравнению с предрабочим состоянием) потреблении кислорода - кислородном долге.

Согласно теории А. Хилла (1922), кислородный долг - это избыточное потребление O_2 сверх предрабочего уровня покоя, которое обеспечивает энергией организм для восстановления до предрабочего состояния, включая восстановление израсходованных во время работы запасов энергии и устранение молочной кислоты.

Скорость потребления O_2 после работы снижается экспоненциально: на протяжении первых 2-3 мин очень быстро (быстрый, или алактатный, компонент кислородного долга), а затем более медленно (медленный, или лактатный, компонент кислородного долга), пока не достигает (через 30-60 мин) постоянной величины, близкой к предрабочей.

После работы мощностью до 60% от МПК кислородный долг не намного превышает кислородный дефицит. После более интенсивных упражнений кислородный долг значительно превышает кислородный дефицит, причем тем больше, чем выше мощность работы.

Быстрый (алактатный) компонент O_2 -долга связан главным образом с использованием O_2 на быстрое восстановление израсходованных за время работы высокоэнергетических фосфагенов в рабочих мышцах, а также с восстановлением нормального содержания O_2 в венозной крови и с насыщением миоглобина кислородом.

Медленный (лактатный) компонент O_2 -долга связан со многими факторами. В большой мере он связан с после-рабочим устранением лактата из крови и тканевых жидкостей. Кислород в этом случае используется в окислительных реакциях, обеспечивающих ресинтез гликогена из лактата крови (главным образом, в печени и отчасти в почках) и окисление лактата в сердечной и скелетных мышцах.

Кроме того, длительное повышение потребления O_2 связано с необходимостью поддерживать усиленную деятельность дыхательной и сердечнососудистой систем в период восстановления, усиленный обмен веществ и других нейрогуморальных процессов (активность ВНС, повышенная температура тела).

Восстановление запасов кислорода. Кислород находится в мышцах в форме химической связи с миоглобином. Эти запасы очень невелики: каждый килограмм мышечной массы содержит около 11 мл O_2 . Следовательно, общие запасы "мышечного" O_2 (из расчета на 40 кг мышечной массы у спортсменов) не превышают 0,5 л. В процессе мышечной работы он может быстро расходоваться, а после работы быстро восстанавливаться. Скорость восстановления запасов O_2 зависит лишь от доставки его к мышцам.

Сразу после прекращения работы артериальная кровь, проходящая через мышцы, имеет высокое парциальное напряжение (содержание) O_2 , так что восстановление O_2 -миоглобина происходит, за несколько секунд.

Таким образом, уже через несколько секунд после прекращения работы кислородные "запасы" в мышцах и крови восстанавливаются. Парциальное напряжение O_2 в альвеолярном воздухе и в артериальной крови не только достигает предрабочего уровня, но и превышает его.

Также быстро восстанавливается содержание O_2 в венозной крови, оттекающей от работавших мышц и других активных органов и тканей тела. Поэтому нет никаких оснований использовать дыхание чистым O_2 или смесью с повышенным содержанием O_2 после работы.

Восстановление фосфагенов (АТФ и КрФ)

Фосфагены, особенно АТФ, восстанавливаются очень быстро. Уже на протяжении 30 с после прекращения работы восстанавливается до 70% израсходованных фосфагенов, а их полное восполнение заканчивается за несколько минут, причем почти исключительно за счет энергии аэробного метаболизма (в быструю фазу O_2 -долга).

Чем больше расход фосфагенов за время работы, тем больше требуется O_2 для их восстановления (для восстановления 1 моля АТФ необходимо 3,45 л O_2).

У нетренированных мужчин максимальная величина быстрой фракции O_2 -долга достигает 2-3 л, у высококвалифицированных спортсменов (скоростно-силовых видов) до 7 л.

Восстановление гликогена. В настоящее время установлено, что восстановление гликогена в мышцах может длиться до 2-3 дней.

Скорость восстановления гликогена и количество его восстанавливаемых запасов в мышцах и печени зависит от двух основных факторов: степени расходования гликогена в процессе работы и характера пищевого рациона в период восстановления.

При пищевом рационе с высоким содержанием углеводов (более 70% суточного каллоража) этот процесс ускоряется – уже за первые 10 ч в рабочих мышцах восстанавливается более половины гликогена, к концу суток происходит его полное восстановление, а в печени содержание гликогена значительно превышает обычное.

В дальнейшем количество гликогена в рабочих мышцах и в печени продолжает увеличиваться и через 2-3 суток после "истощающей" нагрузки может превышать предрбочее в 1,5-3 раза – феномен *«суперкомпенсации»*.

При ежедневных интенсивных и длительных тренировочных занятиях содержание гликогена в рабочих мышцах и печени существенно снижается ото дня ко дню, что требует адекватное потребление углеводовных ресурсов организма.

Устранение молочной кислоты. В период восстановления происходит устранение молочной кислоты из рабочих мышц, крови и тканевой жидкости, причем тем быстрее, чем меньше образовалось молочной кислоты во время работы.

После максимальной нагрузки для полного устранения накопившейся молочной кислоты требуется 60-90 мин в условиях полного покоя - сидя или лежа (пассивное восстановление). Однако, если после такой нагрузки используется активный отдых (активное восстановление), то устранение молочной кислоты происходит значительно быстрее.

Значительная часть медленной (лактатной) фракции O_2 -долга связана с устранением молочной кислоты. Чем интенсивнее нагрузка, тем больше эта фракция. У нетренированных людей она достигает максимально 5-10 л, у спортсменов, особенно у представителей скоростно-силовых видов спорта, - 15-20 л.

Четыре основных пути устранения молочной кислоты:

- 1) окисление до CO_2 и H_2O (так устраняется примерно 70% всей накопленной молочной кислоты);
- 2) превращение в гликоген (в мышцах и печени) и в глюкозу (в печени) около 20%;
- 3) превращение в белки (менее 10%);
- 4) удаление с мочой и потом (1-2%).

Контрольные вопросы **(«восстановление»)**

1. Раскрыть биохимический механизм быстрого восстановления АТФ.
2. Описать механизм возникновения кислородного долга и периоды его ликвидации.
3. Дать характеристику алактатного и лактаcidного кислородного долга.
4. Что лежит в основе быстрого и медленного компонентов O_2 -долга?
5. Кислородный долг и восстановление энергетических запасов организма.
6. Восстановление запасов кислорода.
7. Восстановление фосфагенов (АТФ и КрФ).
8. Механизмы восстановления гликогена.
9. Механизмы устранения молочной кислоты.
10. Основных пути превращения молочной кислоты.
11. Пути восстановления энергетических ресурсов после мышечной тренировки.
12. Дополнительные средства восстановления работоспособности.

Благодарю за внимание!