

В настоящее время в статьях, публикуемых на сайтах спортивной направленности, существует множество толкований процессов энергообеспечения мышечной деятельности и их роли при выполнении работы. Авторы материалов, основываясь на общедоступных источниках, предлагают читателям спорные, а, иногда, и противоречивые выводы. Такая ситуация искажает действительное положение вещей и порождает множество «мифов».

Данная статья носит обобщающий характер. Для более глубокого понимания энергетики мышечной клетки при работе в различных режимах, рекомендуется прочитать, указанные в списке литературы, источники.

Краткая характеристика механизмов энергообеспечения (МЭО) мышечной деятельности ¹.

Основная задача МЭО состоит в ресинтезе АТФ. Принято различать два механизма и три типа реакций:

Анаэробный механизм:

1. *Анаэробный алактатный (фосфагенный, креатинфосфатный, фосфокиназный).* К данному типу реакций относятся: собственно гидролиз АТФ, креатинфосфатная (реакция перефосфорилирования между КрФ и АДФ) и миокиназная (перефосфорилирование двух молекул АДФ) реакции. Все они идут без участия кислорода и без образования лактата.
2. *Анаэробный лактатный (анаэробный гликолиз).* Этому типу реакции соответствует гликолиз, протекающий в анаэробных условиях. В нем, в качестве основного субстрата, используется гликоген мышц.

Аэробный механизм:

3. *Аэробное окисление.* К данным механизмам относятся реакции, протекающие при участии кислорода: аэробный гликолиз (гликоген мышц, печени и глюкоза крови), аэробное окисление жиров и белков, а также промежуточные метаболиты гликолиза и окисления жирных кислот (молочная кислота, кетоновые тела и др.). В основном, это реакции окислительного фосфорилирования, протекающие в митохондриях.

Каждый из приведенных выше механизмов имеет разные энергетические возможности, которые можно характеризовать по следующим критериям оценки:

<p><i>Максимальная мощность, (Дж*кг⁻¹*мин⁻¹, или моль*мин⁻¹)</i></p>	<p>- это наибольшая доступная скорость образования АТФ для данного метаболического процесса. ММ в первую очередь лимитирует предельную интенсивность работы. <i>Максимальная анаэробная мощность (МММ)</i> – максимальная мощность всех анаэробных процессов.</p>
<p><i>Скорость развертывания</i></p>	<p>- это время достижения метаболической реакцией уровня максимальной мощности.</p>

<p><i>Время работы на максимальной мощности</i></p>	<p>- это временной интервал, в течение которого данная метаболическая реакция может производить энергию на максимальном уровне, преимущественно обеспечивая мышечную работу.</p>
<p><i>Время работы до критического истощения</i></p>	<p>- это максимально возможное время мышечной работы, преимущественно² обеспеченное одной из реакций. В данных условиях реакция не достигает максимального уровня мощности. Показатель говорит не о полном истощении ресурсов системы ЭО, а о падении мощности и емкости настолько, что она больше не способна занимать преимущественное положение в энергообеспечении работы и требует активного подключения других механизмов ресинтеза.</p>
<p><i>Метаболическая емкость, (Дж*кг⁻¹, или моль*кг⁻¹)</i></p>	<p>- это показатель общего количества АТФ, которое может быть получено за счет данного метаболического пути.</p>
<p><i>Метаболическая эффективность (МЭ), E_φ</i></p>	<p>- это показатель накопления энергии, выделяемой в ходе метаболической реакции, в виде АТФ. Энергия, образующаяся в ходе реакций, расходуется двумя путями: часть ее идет на ресинтез АТФ, а другая часть рассеивается в виде тепла. Уравнение общей энергии, полученной в реакции (E₀), упрощенно можно представить следующим образом:</p> $E_0 = E_{ATP} + E_Q, \text{ где}$ <p>E_{ATP} – энергия, расходуемая на синтез АТФ. E_Q – энергия, рассеянная в виде тепла.</p> <p>МЭ отражает экономичность реакции и может быть оценена по формуле, через отношение энергии, преобразованной в АТФ (E_{ATP}), к общему количеству энергии, произведенной в ходе реакции (E₀):</p> $E_\phi = E_{ATP} / E_0$ <p>По сути, показатель E_φ является КПД по АТФ для метаболической реакции.</p>
<p><i>Хемомеханическая эффективность, E_e</i></p>	<p>- это количественный показатель преобразования полученной в ходе реакции АТФ (E_{ATP}) в механическую работу мышц (сокращение). Эффективность хемомеханического сопряжения примерно одинаковая для всех путей ЭО и составляет около 50%. Это значит, что из всей полученной в реакции АТФ непосредственно на сокращение (E_{СОКР}) идет около 50%, остальное тратится клеткой на другие нужды.</p> $E_e = E_{СОКР} / E_{ATP}$
<p><i>Общий КПД,³ E_M</i></p>	<p>- это показатель преобразования энергии метаболических процессов в механическую работу. Выражается через соотношение метаболической эффективности реакции к хемомеханической эффективности утилизации АТФ:</p> $E_M = E_\phi \times E_e$

Сравнительная характеристика основных метаболических путей представлена в сводной таблице (см. табл.1).

Таблица 1.

Сводная таблица основных критериев оценки механизмов энергообеспечения.⁽¹⁰⁾

Метаболический путь	Источник энергии	Тип реакции	Макс. Мощность реакции, Дж*кг ⁻¹ *мин ⁻¹	Макс. Емкость реакции, Дж/кг	Эффективность		Скорость развертывания.	Время работы на макс. мощности*	Время работы до критического исчерпания.
					Еф.	Ем.			
Гидролиз АТФ	АТФ	Анаэробная алактатная	3 280-4 620	370-820	0,80	0,40	-	0,5-1,5 сек.	0,5-1,5 сек.
Креатин фосфатная (Фосфгенная)	КрФ						0,5-0,7 сек.	4-10 сек.	15-35 сек.
Миокиназная реакция	АДФ						н/д	>1,5-2 сек.	н/д
Анаэробный гликолиз	Гликоген мышц	Анаэробная лактатная	2 500 - 3 150	840-2 090	0,36-0,52	0,22	15-20 сек.	до 1-1,5 мин.	до 2-3 мин
Аэробный гликолиз	Гликоген мышц и печени, лактат	Аэробное окисление	800-1 800	н/д	0,60	0,30	45-60 сек.	до 5 минут	до 10-20 мин.
Окисление жиров	Жирные кислоты, кетоновые тела						120-240 сек.	15-30 мин.	до неск. суток
Окисление белков	Белки, АК мышц						н/д	н/д	н/д

* Время удержания максимальной мощности оценивает доступную часть энергии механизма энергообеспечения, которая может быть использована при данном режиме нагрузки.

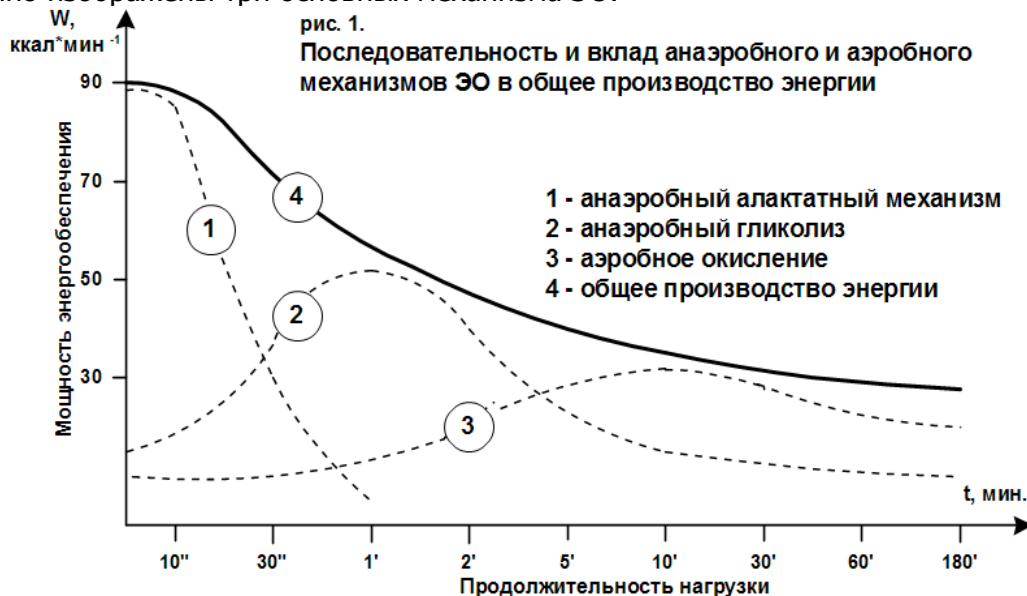
¹ Подробную характеристику и описание метаболических путей энергообеспечения см. «Энергетика мышечной деятельности».

² Понятие раскрыто в 3 части, в классификации физических упражнений по преимущественному типу реакции обеспечения.

³ В литературе можно встретить выражение величин E_M и E_Φ в процентах, что также верно.

Порядок подключения систем ЭО
при выполнении работы различной мощности.

Вторым важным аспектом в рассмотрении вопроса энергообеспечения мышечной деятельности является порядок подключения МЭО. На графике, представленном на рис.1, схематично изображены три основных механизма ЭО.



По материалам сайта: <http://www.ironscience.ru>

Комментарии:

1. На рис.1 изображен график максимально возможного уровня энергопродукции (ккал/мин.), на который способны системы энергообеспечения. Такая продукция достигается при выполнении непрерывной работы максимальной мощности, где работа все время выполняется на уровне максимальной мощности. В реальных условиях реализовать такую нагрузку можно, используя специальное оборудование, которое, с ростом утомления в рабочей группе, позволяет ступенчато снижать нагрузку посредством веса отягощения. Методическим приемом, с помощью которого можно добиться похожей биохимической картины, является «дроп-сет».
2. Процесс развития максимальной производительности различными системами ЭО имеет гетерохронный [*гетеро- греч. chronos – время*], т.е. разновременный характер. Системы выходят на пик мощности не одновременно, а последовательно.
3. В обсуждениях процессов продукции энергии вообще и данного графика в частности существует распространенное заблуждение о том, что, во-первых, анаэробные процессы распада КрФ и гликогена в состоянии покоя не протекают, а «стартуют с нуля» только при физической нагрузке. Во-вторых, что увеличение продукции энергии в МЭО происходит последовательно, при исчерпании предыдущего ресурса. Объясняются эти заблуждения тем, что в состоянии относительного покоя в клетку поступает достаточно кислорода и мощности аэробных систем хватает для покрытия всех запросов на ресинтез АТФ в клетке.
В действительности, в состоянии относительного покоя, основную нагрузку по обеспечению несут на себе реакции аэробного окисления, субстратами которого являются гликоген мышц и жирные кислоты. Реакция протекает при достаточном поступлении кислорода. Однако, наряду с аэробным окислением глюкозы, в клетках постоянно идет реакция анаэробного гликолиза. Косвенно о данном факте можно судить по такой гомеостатической константе крови, как уровень лактата в покое. Он, по различным данным, составляет от 3,8 до 4,0 ммоль/литр.
Иначе обстоят дела с КрФ. Его деятельность в состоянии покоя можно сравнить с «холостым ходом» у двигателя внутреннего сгорания в машине, стоящей на нейтральной передаче: ДВС производит работу, но автомобиль стоит на месте. Иными словами, креатин постоянно перефосфорилируется, присоединяя и теряя фосфатную группу с выделением и поглощением энергии и, подобно АТФ по состоянию реакции, находится в состоянии динамического равновесия. При этом концентрация КрФ, определяющая емкость алактатного механизма ЭО, величина не постоянная.
4. Стоит четко различать 3 ключевых процесса:
 - *Процесс вовлечения различных МЭО в продукцию энергии при выполнении работы.* Это выглядит как последовательный процесс по причине гетерохронности выхода ресинтеза на пик мощности.
 - *Процесс активации МЭО.* Все системы ЭО активны всегда, все время. Они начинают свою работу еще до рождения человека и затухают только после его физической смерти. В процессе выполнения упражнений они лишь увеличивают продукцию энергии, активируясь все вместе, с первой же секунды работы, но в разной степени и с различной скоростью.
 - *Процесс преимущественного обеспечения работы.* При работе различной мощности и длительности, в виду гетерохронности выхода на пик мощности и разности скорости протекания реакций, наблюдается явление временного преобладания продукции АТФ за счет того или иного процесса.
5. Еще одним распространенным заблуждением является утверждение о том, что продукция энергии за счет системы ЭО ограничена каким-то интервалом времени и представляется в качестве некой константы. Часто можно прочесть фразы: «на КрФ мы работаем 10 секунд, а дальше на гликолизе». Это мнение основано на неверной трактовке графика на рис.1. Данные табл.1 и график на рис.1 представлены для работы на уровне 100% мощности. В практике же спортивной тренировки наиболее распространенной является работа с весами от 50 до 80% от МАМ.

В графике на рис.2, на примере креатинфосфатной (КрФ-ой) реакции, показана возможность одного и того же механизма обеспечивать работу разной продолжительности.



В первом случае, при нагрузке максимальной мощности, скорость расхода АТФ не адекватна скорости его ресинтеза, и система КрФ уже к 10 секунде начинает активно падать, а к 25-30-ой перестает принимать значимое участие в обеспечении работы. Во втором случае скорость расхода АТФ не столь высока и КрФ-ая реакция позволяет поддерживать ресинтез на необходимом уровне большее время. Механизм ЭО не меняется, но продолжительность его работы разная.

6. Важно отметить, что указанные в табл.1 значения мощности и емкости для различных МЭО обозначены в широких пределах. Показатели на уровне нижней границы можно наблюдать либо у нетренированных, либо у мало тренированных атлетов. Показатели на уровне верхних границ наблюдаются у подготовленных атлетов. Данные анализировались на основании разных источников.

Краткая классификация физических упражнений (ФУ) и нагрузки (ФН). Типовые нагрузки в бодибилдинге.

Классификация ФУ по степени вклада основных метаболических путей в процесс энергообеспечения мышечной деятельности:

- *ФУ анаэробной направленности.* Это ФУ, в которых вклад анаэробного алактатного и гликолитического процессов ЭО составляет более 60% от общего энергетического запроса.
- *ФУ аэробной направленности.* Это ФУ, в которых вклад аэробных механизмов более 70%.
- *ФУ смешанной направленности: аэробно-анаэробные и анаэробно-аэробные.* Упражнения с примерно одинаковыми значениями образования энергии в ходе аэробных и анаэробных механизмов.

Классификация ФН в зависимости от количества мышц, принимающих участие в работе:

- *Локальная нагрузка.* Участвует менее четверти мышечного массива.
- *Региональная нагрузка.* Участвует до половины всех мышц.
- *Глобальная нагрузка.* В работу вовлечено 2/3 мышц тела и более.

Мощность работы обратно пропорциональна продолжительности: чем больше мощность, тем быстрее происходят процессы, приводящие к утомлению и прекращению работы.

Наиболее распространенная и ранняя классификация циклических упражнений была предложена Б.С. Фарфелем в 1975 году. Нагрузку, согласно данной классификации, разделяют по «зонам мощности». (табл. 2).

Таблица 2. Биохимическая характеристика физических нагрузок в разных зонах мощности.

"Зоны мощности"	Продолжительность нагрузки максимальной мощности, сек..	Основные пути ресинтеза АТФ	Основные источники энергии	Преимущественный механизм ЭО
Максимальная	до 6-8 сек.	Гидролиз АТФ+ Креатинфосфатная реакция	АТФ и КрФ	Анаэробный
	30-40 сек.	Гликолиз + Креатинфосфатная реакция	КрФ+ гликоген мышц	
Субмаксимальная	1,5-2 мин.	Гликолиз	Гликоген мышц+ лактат	Анаэробно-аэробный
	3-5 мин.		Гликоген мышц и печени + лактат	
Большая	до 10-15 мин.		Гликоген мышц и печени + жирные кислоты	Аэробно-анаэробный
Умеренная	35-40 мин. и выше	Аэробное окисление	Гликоген печени и мышц, липиды + кетоновые тела	Аэробный

В 1986 году Я.М. Коц представил более детальную классификацию. (табл. 3).

Таблица 3. Биохимическая характеристика физических упражнений. (по Коцу Я.М., 1986).

"Зоны мощности"	Продолжительность нагрузки максимальной мощности, сек..	Основные пути ресинтеза АТФ	Основные источники энергии	Упражнения
Максимальная анаэробная мощность	до 15-20 сек.	Креатинфосфатная реакция + гликолиз	КрФ+ гликоген мышц	Анаэробные
Близкая к максимальной анаэробная мощность	20-45 сек.	Гликолиз + Креатинфосфатная реакция		
Субмаксимальная анаэробная мощность	45-120 сек.	Гликолиз		
Максимальная аэробная мощность	3-10 мин.	Гликолиз	Гликоген мышц и печени	Аэробные
Близкая к максимальной аэробная мощность	10-30 мин.	гликолиз + аэробное окисление	Гликоген мышц и печени + жирные кислоты	
Субмаксимальная аэробная мощность	30-80 мин.	Аэробное окисление	Гликоген печени и мышц, липиды	
Средняя аэробная мощность	80-120 мин.			
Малая аэробная мощность	120 мин. и выше			

Предложенные классификации носят общий характер. Для их практического применения в каком-либо виде спорта, необходимо учитывать его особенности и специфику.

Основные отличительные черты нагрузок, наиболее часто применяемых в ББ.

- 1) ФУ в ББ по ряду основных признаков, можно классифицировать как циклические, т.е. имеющие замкнутую, однотипно повторяющуюся структуру в виде отдельных повторений, выполняемых непосредственно одно за другим в подходе.
- 2) Выполнение упражнений носит повторный (многоподходный) характер, а сама нагрузка реализуется через повторный и интервальный методы¹.
- 3) Отдых в рамках одного упражнения может быть произвольным или определяться заданной величиной.
- 4) Упражнения могут выполняться как с равномерной, так и с переменной интенсивностью. Вариативность относится как ко всему ФУ, так и к отдельному подходу. Методический прием «обратная пирамида» - пример изменения интенсивности в рамках всего упражнения, дроп-сеты - пример вариативности в рамках одного подхода.
- 5) Нагрузка в подходе, как правило, ограничена интервалом в 45-60 секунд. Число повторений в сете находится в интервале от 6 до 20. Нагрузка силовой направленности имеет еще меньшее число повторений в сете и ограничивается интервалом 1-6. Таким образом, типовая нагрузка в ББ лежит в «зоне максимальной» и «близкой к максимальной» мощности (по Коцу Я.М.).
- 6) Нагрузка в отдельном упражнении, чаще всего, носит локальный или региональный характер. Нагрузка же в рамках всего тренировочного занятия имеет региональный и глобальный характер.
- 7) Суммарная нагрузка за тренировочную сессию на отдельную мышечную группу лежит в пределах до 3-4 упражнений (учитывая прямую и косвенную работу в упражнениях на другие мышечные группы) и может содержать до 15-20 сетов основной работы.
- 8) Общее время тренировки, исключая разминку, варьируется в диапазоне от нескольких минут до 2-3 часов, что не редкость для силовых циклов пауэрлифтинга. Общее время тренировки в значительной степени зависит от интервалов отдыха между упражнениями.
- 9) В ББ применяется циклическая непрерывная нагрузка с равномерной или переменной интенсивностью большей длительности, от 3-5 минут до 40-60 минут, которая носит выраженную аэробную направленность (бег, велоэргометр и пр.). Данные нагрузки являются вспомогательными.

¹ *Подробнее о методах нагрузки см.: «Общая классификация принципов и методов спортивной тренировки».*

Однократная непрерывная нагрузка
максимальной и близкой к максимальной мощности.

В соответствии с данными табл.1 и графика на рис.1, при непрерывном выполнении ФУ на уровне максимальной мощности, наибольшую производительность показывает алактатный анаэробный механизм. Наряду с практическим моментальным временем разворачивания, он имеет небольшой ресурс, в связи с чем, мощность держится на максимальном уровне 6-10 секунд, а затем резко снижается. К 30 -й секунде мощность, обеспечиваемая креатинфосфатной реакцией, составляет 35-40% от стартовой, а к 45-60 секундам падает до 5-15% и перестает играть значимую роль в процессе энергообеспечения работы. Одновременно с этим, выходит на пик мощности анаэробный гликолиз, который, вместе с КрФ-ой реакцией, обеспечивает общее производство энергии до 25-30 секунд, а при сохранении нагрузки на максимальном уровне, его доля будет расти до 70-90 секунд.

Таким образом, согласно описанию типовой нагрузки в ББ, выполнение однократной нагрузки, в значительной мере, обеспечено анаэробными механизмами, а ФУ имеют анаэробную направленность.

Схематично распределение доли участия КрФ-ой реакции и гликолиза, при непрерывной нагрузке в зонах «максимальной» и «близкой к максимальной» мощности в зависимости от времени работы, показаны на рис.3.

Данные приведены на основе анализа различных источников и усреднены с учетом специфики ББ:

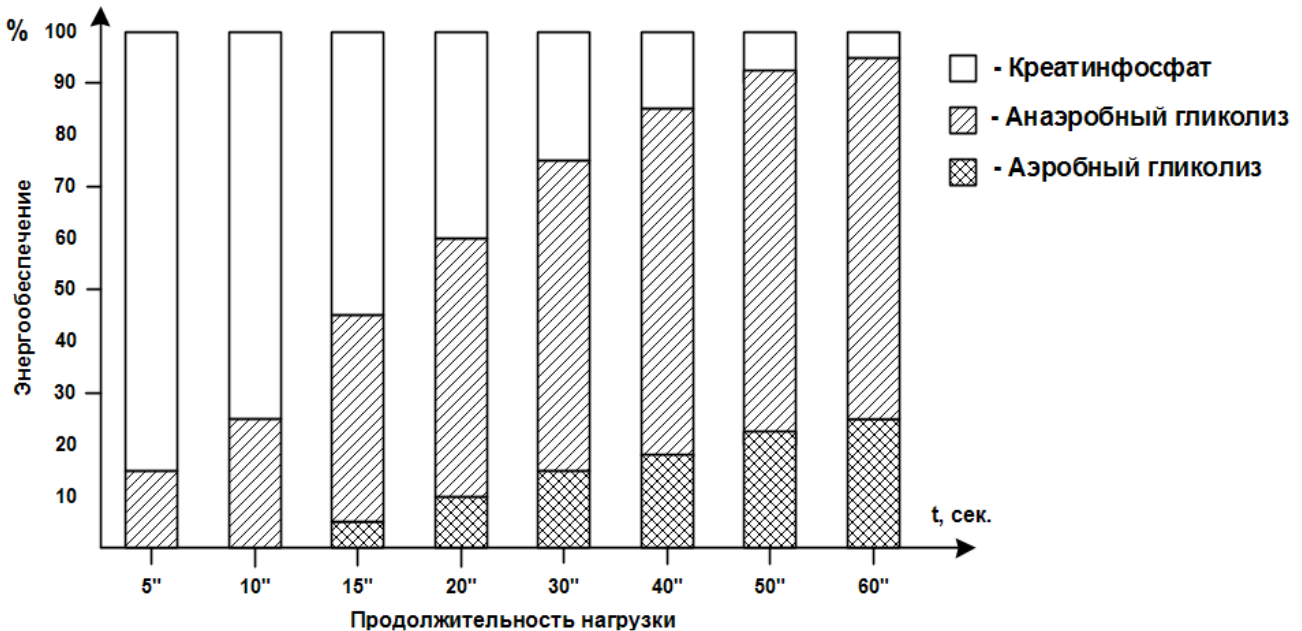


рис. 3.
Участие различных источников энергии в обеспечении ресинтеза АТФ при выполнении непрерывной работы максимальной мощности.

Комментарии:

1. Данные, представленные на рис.3, являются усредненными. Указанная доля участия субстратов в работе значительно изменяется с ростом тренированности атлета и в зависимости от ее направленности. (см. табл.1). Если в ходе тренировочного процесса адаптация направлена на рост емкости и мощности алактатного механизма, то его доля в участии пропорционально возрастает. Напротив, если атлет развивает окислительные способности и емкость гликолиза, то эти процессы занимают большую долю в общей продукции АТФ. По этой причине в различной литературе можно встретить отличающиеся данные по процентному соотношению вклада МЭО в обеспечение работы. Однако, общая тенденция сохраняется неизменной: с ростом продолжительности алактатный механизм уступает место лактатному и далее аэробным процессам ресинтеза.
2. При нагрузке «близкой к максимальной», когда усилие со старта подхода не является предельным, общее участие в работе КрФ снижается, сохраняясь неизменным только в первые 6-8 секунд работы, а доля гликолиза растет.
3. Аэробная доля ресинтеза во время работы, в большей степени, представлена процессами доокисления продуктов анаэробного гликолиза (лактата).
4. Биохимическая картина участия субстратов в продукции АТФ в мышечных волокнах разных типов отличается тем больше, чем больше время непрерывной нагрузки. Существенную роль в этом процессе играет количество доступного для волокон кислорода и степень развития в них окислительных механизмов продукции АТФ.
5. Нагрузка максимальной мощности в ББ (в отличие от бега, лыжных или велосипедных гонок) не предполагает во время работы активного транспорта кислорода в мышцы в виду специфики самого движения. Как правило, техника выполнения упражнений не позволяет полностью расслабить мышцы рабочей группы, что сильно затрудняет доступ к ним кислорода из кровеносного русла. Соответственно, емкость аэробных механизмов ограничена тем кислородом, который уже накоплен и находится в ткани в соединении с миоглобином, а также кислородом, находящимся в капиллярной сети в соединении с гемоглобином.

Явление отсутствия транспорта кислорода к работающим мышцам называют окклюзией. Согласно исследованиям *Волкова Н.И., Карасева А.В. и Хосни М.*, запасенного таким образом кислорода хватит на 15-25 секунд предельной работы в зависимости от типа волокна. Затем все реакции аэробного окисления будут сильно лимитированы и заторможены. В данных условиях процентное соотношение аэробного и анаэробного гликолиза изменяется пропорционально композиции конкретной рабочей группы, однако, после 30-40 секунды работы, процессы ЭО вновь активно смещаются в сторону анаэробного процесса. К минутной отметке доля анаэробного лактатного механизма становится подавляющей, а дальнейшее продолжение работы может провоцировать критические состояния вплоть до активации миокиназной реакции, накопления критических значений лактата и сдвига рН в клетке в кислую сторону¹.

Повторная непрерывная и прерывная нагрузка максимальной и близкой к максимальной мощности.

Данные, представленные на рис.3, справедливы для работы в рамках одного подхода. Однако, типовая нагрузка в ББ носит многоподходный характер и организована повторным и интервальным методами нагрузки, что обязывает учитывать не только распределение доли участия в продукции АТФ различных МЭО в рамках одного подхода, но и рассматривать динамику биохимической картины в ходе выполнения всего упражнения. Также, следует обратить внимание на преимущественные пути ресинтеза в процессе отдыха между нагрузками.

Характеристики нагрузки, организованной по повторному методу:

- Типичная нагрузка в ФУ находится в интервале до 45-60 сек (при силовом характере работы от 3-6 до 15-20 сек.)
- Паузы отдыха между подходами не регламентированы. Атлет отдыхает до состояния «готовности», интервал отдыха варьируется от 2 до 10, а в некоторых случаях, до 30 минут в зависимости от интенсивности рабочей нагрузки.
- Восстановление носит компенсированный характер, т.е., позволяет предельно восстановить показатели МЭО до исходного (донагрузочного) уровня.

Из вышеизложенного следует:

1. Многократное выполнение однотипной работы в рамках повторного метода имеет ту же биохимическую картину, что и при однократной нагрузке, с поправкой на нарастающее утомление и сдвиг соотношения между механизмами продукции АТФ в сторону увеличения роли гликолиза. Это объясняется, во-первых, относительно большим запасом гликогена мышц, в сравнении с КрФ-ой емкостью, во-вторых, исчерпанием запасов КрФ в виду необратимого распада части КрФ в реакции перефосфорилирования с АДФ.
2. Во время отдыха ведущим механизмом продукции АТФ является аэробный гликолиз, в виду:
 - необходимости срочного восстановления КрФ, требующего высокой мощности, на которую способен гликолиз;
 - ферментного торможения аэробного окисления жирных кислот;
 - высокой концентрации в клетке продуктов анаэробного метаболизма глюкозы, которые утилизируются в аэробной части гликолиза;
 - инертности механизмов активации метаболической реакции.

Таким образом, срочные восстановительные возможности мышц, при выполнении повторной работы в «максимальной» и «близкой к максимальной» зонах, наряду с другими факторами, определяются развитием их окислительных способностей⁴.

Характеристики нагрузки, организованной по интервальному методу:

- Время непрерывной нагрузки колеблется от 5-10 до 30-45 секунд.
- Отдых регламентирован². В общем случае он сводится к наличию пауз отдыха внутри подхода и больших интервалов отдыха между подходами.
- Соотношение интервалов времени работы и отдыха в блоке нагрузки³ составляет примерно 1:3-5.
- Восстановление носит частично компенсированный характер: пауза отдыха в блоке нагрузки не позволяет полностью восстановить показатели МЭО до исходного донагрузочного уровня. Восстановление между подходами может быть как компенсированным, так и не компенсированным. Количество подходов варьируется в широких пределах.
- Нагрузка в блоке является прерывной, т.е. содержит внутренние интервалы отдыха.
- Интенсивность носит вариативный характер и может изменяться в процессе выполнения как одного подхода, так и от серии к серии.

Глубокий анализ применения данного метода организации нагрузки, в свое время, провел *Николай Иванович Волков* со своей группой. Результаты исследований изложены в монографии «Теория и практика интервальной тренировки в спорте».

Некоторые данные этих исследований представлены в таблице 4:

Таблица 4. Основные параметры и физиологические критерии различных форм интервальной тренировки.
(по Волкову Н.И., 1995).

Направленность нагрузки	Параметры интервальной работы							Физиологические критерии		
	T _w /T _r	T _w	T _r	Int	r	n	T _R	Анаэробный Алактатный, %	Анаэробный Лактатный, %	Аэробное окисление, %
На развитие алактатных анаэробных способностей	1:3	10с	30с	«Wmax	10	5	3мин	85	10	5
		15с	45с	«Wmax	10	5	5 мин	80	15	5
		20с	60с	«Wmax	10	3-4	5мин	70	20	10
		30с	90с	«Wmax	5	3	5мин	60	25	15

T_w – время под нагрузкой

T_r – время отдыха в блоке нагрузки

Int - интенсивность

R – повторность блоков нагрузки

N – количество серий

T_R – отдых между сериями (пассивный)

Комментарии:

1. Анализ приведенных в таблице 4 данных позволяет подтвердить тезис о преобладании анаэробных процессов ЭО в работе при нагрузке «максимальной» и «близкой к максимальной» мощности.
2. Учитывая высокую повторность работы в приведенном исследовании, можно утверждать, что в нагрузках, организованных по интервальному методу, биохимическая картина аналогична ранее рассмотренной нагрузке, организованной по повторному методу. Преимущественными путями энергообеспечения в процессе работы являются анаэробный алактатный и анаэробный лактатный.
3. Также сохраняется тенденция пропорционального усиления роли гликолиза при увеличении продолжительности подхода.
4. В повторной работе необходимо учитывать процессы, протекающие как во время нагрузки, так и в периоды отдыха. В процессе отдыха в ткани преимущественно происходят аэробные процессы, направленные на доокисление продуктов распада и выведения метаболитов в окислительные реакции, в том числе, за пределы клетки. Преимущественную роль в качестве субстратов выполняют гликоген и лактат, накопленный во время выполнения работы. Интенсивность данных процессов тем выше, чем выше накопление метаболитов в рабочей группе.
Таким образом, наряду с тренировкой анаэробных механизмов, возникает возможность совершенствовать механизмы срочного восстановления, развивать буферные емкости и повышать окислительные способности⁴.
5. Суммарное использование энергии в процессе повторной работы выше, чем при однократной непрерывной работе в типовом режиме нагрузки. Оно увеличивается при тренировке других мышечных групп в рамках одного тренировочного занятия.

¹ Подробно о специфике работы мышечных волокон различных типов в различных режимах нагрузки см. «Сравнительный анализ производительности мышечных волокон различных типов».

² См. «Общая классификация принципов и методов спортивной тренировки». «Интервальные методы нагрузки в спортивной тренировке».

³ См. «Стандартизированный протокол нагрузки. СПН».

⁴ См. «Методика развития окислительных способностей»

1. В упражнениях с типовой для бодибилдинга физической нагрузкой, выполняемых непрерывно в «зоне максимальной мощности» (по Коцу Я.М.), преобладающим механизмом продукции АТФ является анаэробный алактатный, при нарастающем влиянии анаэробного гликолиза. В упражнениях, выполняемых в «зоне близкой к максимальной», преимущественным механизмом становится анаэробный гликолиз. Его доля увеличивается и достигает максимальных значений к 60-90 секунде непрерывной работы, при этом доля участия креатинфосфата снижается до минимальных значений.
2. Основными субстратами ресинтеза АТФ, используемыми мышцами при работе, являются КрФ и гликоген мышц. Ведущими субстратами, используемыми в интервалах отдыха, являются гликоген мышц и метаболиты анаэробного гликолиза.
3. Типовая нагрузка в ББ является повторной и содержит интервалы отдыха. Основным механизмом продукции АТФ в процессе отдыха, является аэробный гликолиз.
4. При повторном (многоподходном) выполнении нагрузки, суммарная доля гликолиза в общей продукции АТФ растет. Основным субстратом, обеспечивающим продукцию АТФ, остается гликоген мышц.
5. При глобальном характере нагрузки и в условиях повторного тренинга, в ходе тренировочного занятия увеличивается роль гликогена печени как источника энергии в процессе срочного восстановления. В период восстановления после нагрузки гликоген печени становится основным источником энергии для ресинтеза АТФ.
6. Доля участия КрФ и гликогена мышц в продукции АТФ, при выполнении упражнений, варьируется в зависимости от следующих факторов:
 - анаэробной алактатной и анаэробной лактатной емкости и мощности мышц;
 - степени утомления в процессе повторной работы;
 - емкости восстановительных систем.
7. Биохимическая картина в мышечных волокнах разных типов будет отличаться.

Литература:

- ⁽¹⁾ «Биохимия». Учебник. Для ВУЗов под ред. Северина Е.С.. М. «ГЭОТАР-МЕД», 2004, с. 264 - 425
- ⁽²⁾ «Биохимия мышечной деятельности». Учебник для ВУЗов. Волков Н.И., Несен Э.Н., Осипенко А.А., Корсун С.Н. – «Олимпийская литература», 2000г..
- ⁽³⁾ «Taschenatlas der Biochemie». Jan Koolman, Klaus-Heinrich Röhm., 1994, 1997, Georg Thieme Verlag Stuttgart • New York
- ⁽⁴⁾ «Механизмы реакции ферментативного гидролиза нуклеозидтрифосфатов по данным расчетов методом квантовой и молекулярной механики». Немухин А.В., Григоренко Б.Л., Шадрин М.С.. РХЖ, 2007 г., №5.
- ⁽⁵⁾ «Физиология спорта и двигательной активности». Уилмор Дж.Х., Костилл Д.Л., изд. «Олимпийская литература», 1997 г..
- ⁽⁶⁾ «Физическая культура студента». Учебник / М. Я. Виленский, А. И. Зайцев, В. И. Ильинич и др. ; Под ред. В. И. Ильинича. — М. : Гардарики, 2000г., 385с..
- ⁽⁷⁾ «Спортивная физиология». Коц Я.М.- Учебник для институтов физической культуры. Москва, 1986г., изд. « Физкультура и спорт».
- ⁽⁸⁾ «Теория и практика интервальной тренировки в спорте». Волков Н.И., Карасев А.В., Хосни М. - М.: Военная академия им. Ф.Э. Дзержинского, 1995. - 196 с.
- ⁽⁹⁾ «Развитие локальной мышечной выносливости в циклических видах спорта». Мякинченко Е.Б., Селуянов В.Н. 2009, М., ТВТ Дивизион.
- ⁽¹⁰⁾ «Особенности силовой подготовки конькобежцев старших спортивных разрядов на примере юношей 14-16 лет». РГАФКиС (НГУ) им.Лесгафта, 1993 реф.. Янковский А.В..