

Махов С.Ю.



ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

учебно-методическое пособие

УДК 159.9

ББК 88.53

М 36

Рецензент: Калашников А.Ф. – доктор педагогических наук, профессор кафедры теории и методики физического воспитания и спорта ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»

М 36 Махов С.Ю.

Физиологические изменения в организме под влиянием мышечной деятельности : учебно-методическое пособие / С. Ю. Махов – Орел : МАБИВ, 2023. – 65 с. – <http://www.mabiv.ru/2102231644.pdf>. – Текст : электронный.

© С.Ю. Махов, 2023

© Межрегиональная Академия безопасности и выживания, 2023

1. Физиологические системы

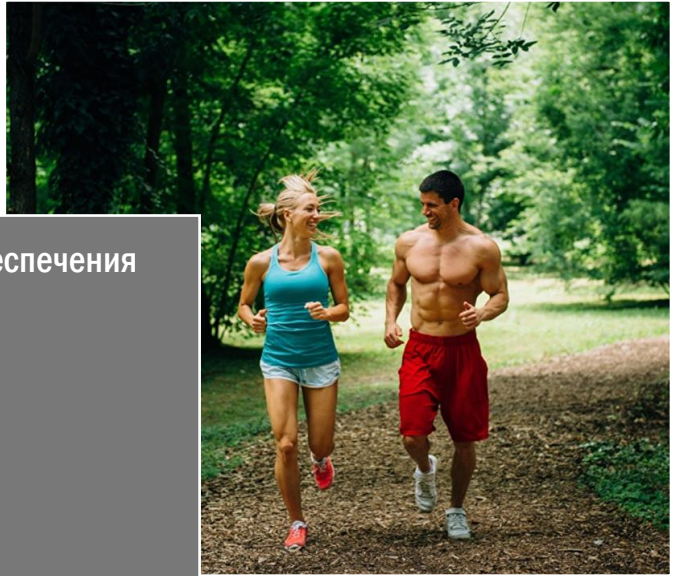
Если мышечная деятельность достаточно интенсивна или длительна, то в организме человека происходят значительные изменения. Эти изменения затрагивают все органы и клетки организма и столь значительно, что можно говорить о переходе организма на иной, более высокий, уровень функционирования. Поэтому знание закономерностей изменений, происходящих во время выполнения мышечной работы, и умение управлять этими процессами, позволяют существенно влиять на функционирование организма без ущерба для здоровья человека.

Мышечная деятельность может вызывать в организме значительные изменения, а может весьма слабо влиять на протекающие в нем процессы. Это зависит от интенсивности и длительности мышечной работы. Чем более интенсивна и длительна мышечная нагрузка, чем, соответственно, большие изменения она вызывает в организме.

Длительность нагрузки измеряется в единицах времени. Интенсивность нагрузки измеряется в единицах, оценивающих работу – ваттах, джоулях, калориях и других, сугубо физиологических единицах. Интенсивность нагрузки зависит и от того, какое количество мышечной массы включается в работу. Чем больше это количество, тем интенсивнее работа.

Если нагрузка предельно интенсивна или длительна, то все структуры организма начинают работать на обеспечение такого высокого уровня жизнедеятельности. Даже малоинтенсивная мышечная работа никогда не является работой только одних мышц, это деятельность всего организма.

Физиологические системы, увеличивающие свою деятельность во время мышечной работы и помогающие ее осуществлению, называют системами обеспечения мышечной деятельности:



Физиологические системы обеспечения мышечной деятельности:

- ✓ Нервная система
- ✓ Система крови
- ✓ Система сосудов
- ✓ Система сердца
- ✓ Система дыхания
- ✓ Система желез внутренней секреции
- ✓ Система выделения
- ✓ Система терморегуляции

Нервная система. Она посылает исполнительные команды к мышцам и внутренним органам, получает и анализирует информацию от них и от окружающей обстановки, обеспечивает согласованное взаимодействие мышц с другими органами. На деятельность нервной системы оказывает влияние система желез внутренней секреции. Однако в физиологии нервную систему не относят к системам обеспечения мышечной деятельности. Ее справедливо считают системой управления мышечной деятельностью.

Система крови осуществляет перенос кислорода, гормонов и химических веществ, необходимых для обеспечения сокращающихся мышц энергией, а также вывод продуктов повышенной жизнедеятельности мышечных клеток.

Система сосудов регулирует приток крови к работающим мышцам. Сосуды работающих мышц, а также органов, обеспечивающих мышечное сокращение, расширяются, поэтому к ним поступает больше крови. Сосуды неработающих мышц и неработающих органов сужаются, и к ним поступает существенно меньше крови. Эти изменения происходят под управляющим влиянием нервной системы и системы желез внутренней секреции.

Система сердца увеличивает скорость тока крови по сосудам. Благодаря этому кровь успевает доставить работающим мышцам больше кислорода и питательных веществ в единицу времени. Изменения в деятельности сердца регулируются нервной системой, собственными механизмами и гормонами желез внутренней секреции. Системы сердца и сосудов настолько связаны между собой, что их объединяют в одну – сердечно-сосудистую систему.

Система дыхания обеспечивает большее насыщение крови кислородом в единицу времени. Деятельность системы дыхания регулируется нервной системой, собственными механизмами и системой желез внутренней секреции.

Система желез внутренней секреции обеспечивает гормональную поддержку выполняемой работы. Работа желез внутренней секреции регулируется собственными механизмами и нервной системой. Гормоны – это высокоактивные биологические вещества. Без большинства из них организм человека не может существовать более нескольких часов, после чего наступает смерть. Высокое содержание определенных гормонов в крови позволяет увеличить работоспособность организма в несколько раз. Механизм действия гормонов довольно сложен, поэтому здесь не приводится.

Система выделения (почки, кожа, легкие) осуществляет удаление огромного количества продуктов распада, образующихся в результате мышечной деятельности. Работа системы выделения регулируется собственными механизмами, гормонами желез внутренней секреции и нервной системой.

Система терморегуляции (кожа, легкие) обеспечивает отдачу во внешнюю среду большого количества тепла, образующегося в результате сокращения мышц. Таким образом, организм предохраняется от перегревания. Деятельность системы терморегуляции управляется собственными механизмами, гормонами желез внутренней секреции и нервной системой.

Деятельность других систем организма, не принимающих участия в обеспечении мышечной работы, существенно тормозится вплоть до полного прекращения. Торможению подвергается, например, деятельность пищеварительной системы, высших психических функций нервной системы, большинства органов чувств, половой системы. Во время длительной интенсивной мышечной деятельности тормозятся процессы регенерации (образования) тканей, процессы синтеза в клетках, процессы роста в клетках и тканях и множество других процессов, не имеющих значения для мышечного сокращения. В том числе и по этой причине больному человеку в остром периоде заболевания рекомендуют покой.

Таким образом, как сама мышечная деятельность, так и ее прекращение для организма является сложным процессом, затрагивающим все его структуры.

Двигательная система и ее функции

К двигательной системе относятся скелет (пассивная часть двигательной системы) и мышцы (активная часть двигательной системы).



Двигательная система

Скелет (пассивная часть двигательной системы)

Мышцы (активная часть двигательной системы)

К скелету относятся кости и их соединения (например, суставы). Скелет служит опорой внутренним органам, местом прикрепления

мышц, защищает внутренние органы от внешних механических повреждений. В костях скелета расположен костный мозг - орган кроветворения.

Мышцы за счет способности сокращаться приводят в движение отдельные части тела, обеспечивают поддержание заданной позы. Мышечное сокращение сопровождается выработкой большого количества тепла, а значит, работающие мышцы участвуют в теплообразовании. Хорошо развитые мышцы являются прекрасной защитой внутренних органов, сосудов и нервов.

Кости и мышцы, как по массе, так и по объему составляют значительную часть всего организма. Мышечная масса взрослого мужчины - от 35 до 50 % от общей массы тела, женщины - примерно 32-36 %. На долю костей приходится 18 % от массы тела у мужчин и 16 % у женщин.

Кости и мышцы составляют значительную часть всего организма:

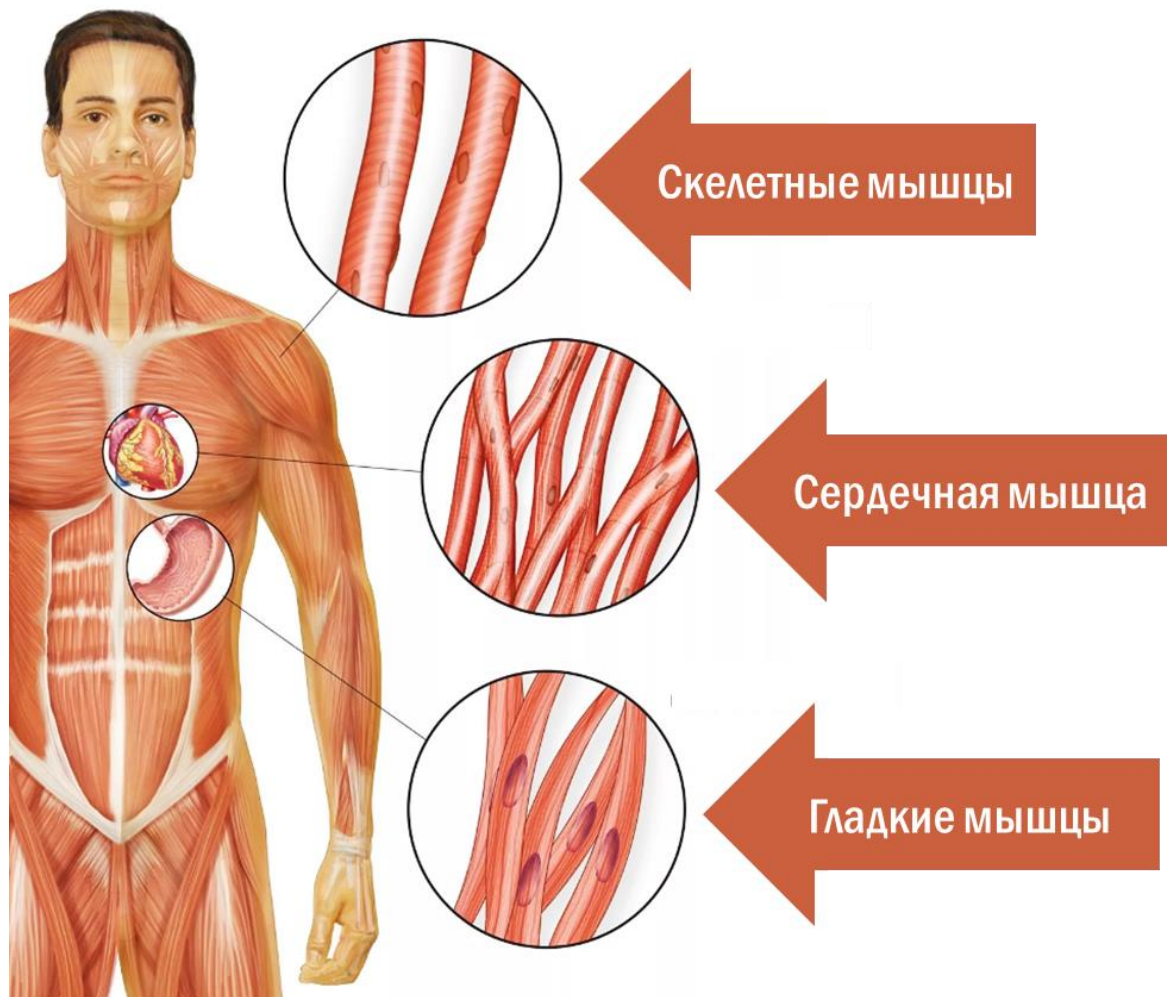


- ✓ Мышечная масса мужчины - 35-50 % от общей массы тела
- ✓ Мышечная масса женщины - 32-36 % от общей массы тела
- ✓ Масса костей - 18 % от массы тела у мужчин
- ✓ Масса костей - 16 % от массы тела у женщин

Следовательно, изменения, происходящие в столь значительной части организма, неизбежно отражаются и на всех других органах и системах. А значит, влияя на двигательную систему, можно влиять и на другие системы организма.

2. Виды мышц

В организме существует три вида мышц: скелетные мышцы (поперечнополосатые), гладкие мышцы и мышца сердца.



Скелетные (поперечнополосатые) мышцы - это те мышцы, которые приводят в движение различные части тела. Их сокращением мы можем управлять сознательно: хотим - сократим, хотим - расслабим. Эти мышцы способны сокращаться быстро. Поперечнополосатыми они выглядят в микроскоп, за что так и прозваны.

Гладкие мышцы - это мышцы сосудов (сужающие их), внутренних органов (кишечника) и кожи (поднимающие волосы). Их

сокращением мы не можем управлять сознательно (например, мы не можем, расслабив мышцы сосудов, снять повышенное давление). Эти мышцы сокращаются медленно. Под микроскопом они не выглядят полосатыми, за что и прозваны гладкими.

Сердечная мышца представляет собой нечто среднее между скелетной и гладкой. Под микроскопом она - поперечнополосатая, но сознательно сокращать или расслаблять ее мы не можем.

Строение скелетной мышцы

Скелетная мышца состоит из мышечных клеток (рис. 1). Мышечная клетка по форме напоминает цилиндр. По ширине и толщине (диаметру цилиндра) мышечная клетка намного меньше миллиметра (видна только в микроскоп), а вот ее длина может достигать 10 см (сантиметров!) и более. Мышечная клетка имеет очень сложное строение. Она содержит не одно, а несколько ядер. Вероятно, по этой причине мышечная клетка не способна к делению.

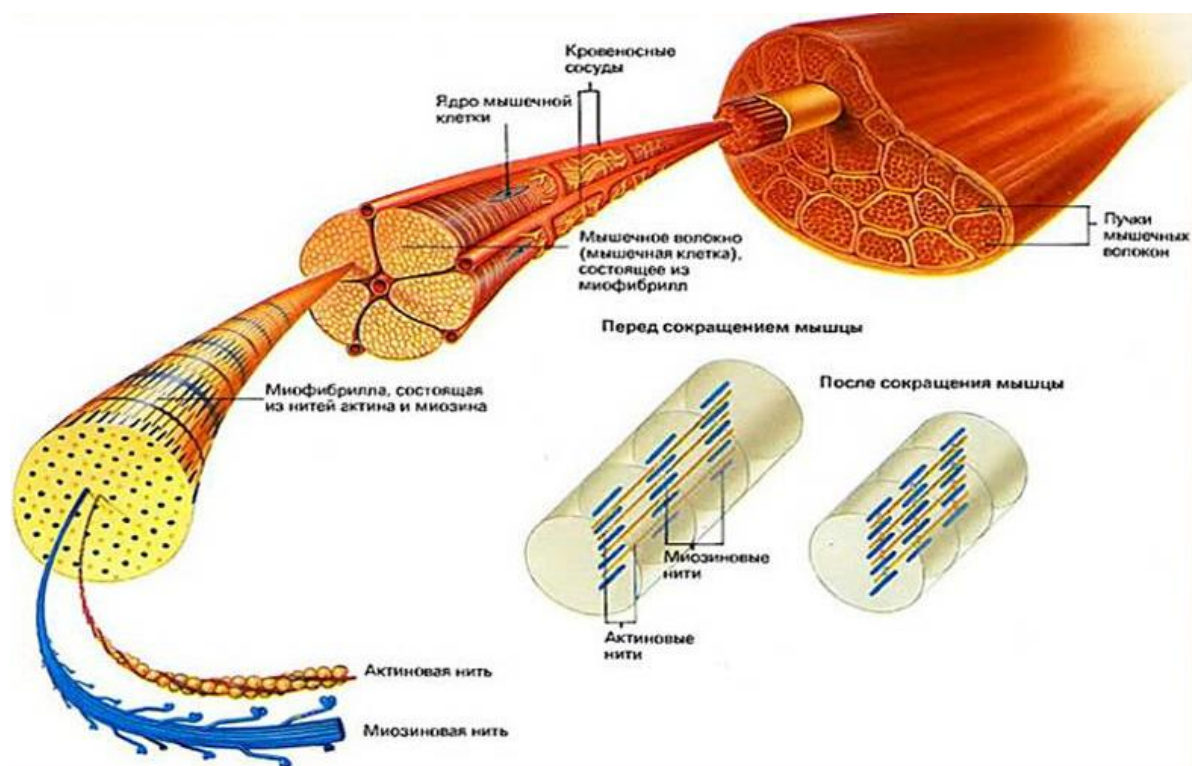


Рис. 1. Строение мышцы

Несколько мышечных клеток, расположенных параллельно друг другу, покрываются тонкой оболочкой и образуют мышечный пучок. Несколько мышечных пучков покрываются оболочкой чуть потолще и могут уже составлять целую небольшую мышцу или часть большой мышцы. Любая (большая или маленькая) мышца покрыта специальным мышечным «мешочком» (фасцией), который отделяет мышцу от других органов, и внутри которого она сокращается. К «мешочку» прикреплены сухожилия (как правило, два) - части мышцы, не способные сокращаться. Сухожилия служат для прикрепления мышцы, как правило, к кости.

Основная функция скелетных мышц человека - перемещение тела в пространстве. Следует помнить, что **мышцы при сокращении тянут, а не толкают** (мышца резина, а не пружина) - это единственный вид сокращения мышцы.

Строение мышцы:

- ✓ Мышцы крепятся к кости или к другой мышце с помощью сухожилия.
- ✓ Мышца находится в оболочке - фасции.
- ✓ Мышца состоит из пучков мышечных волокон.
- ✓ Пучок мышечных волокон состоит из мышечных волокон.
- ✓ Мышечное волокно состоит из миофибриллы и ядра.
- ✓ Миофибрилла состоит из оболочки, миозина и актина.

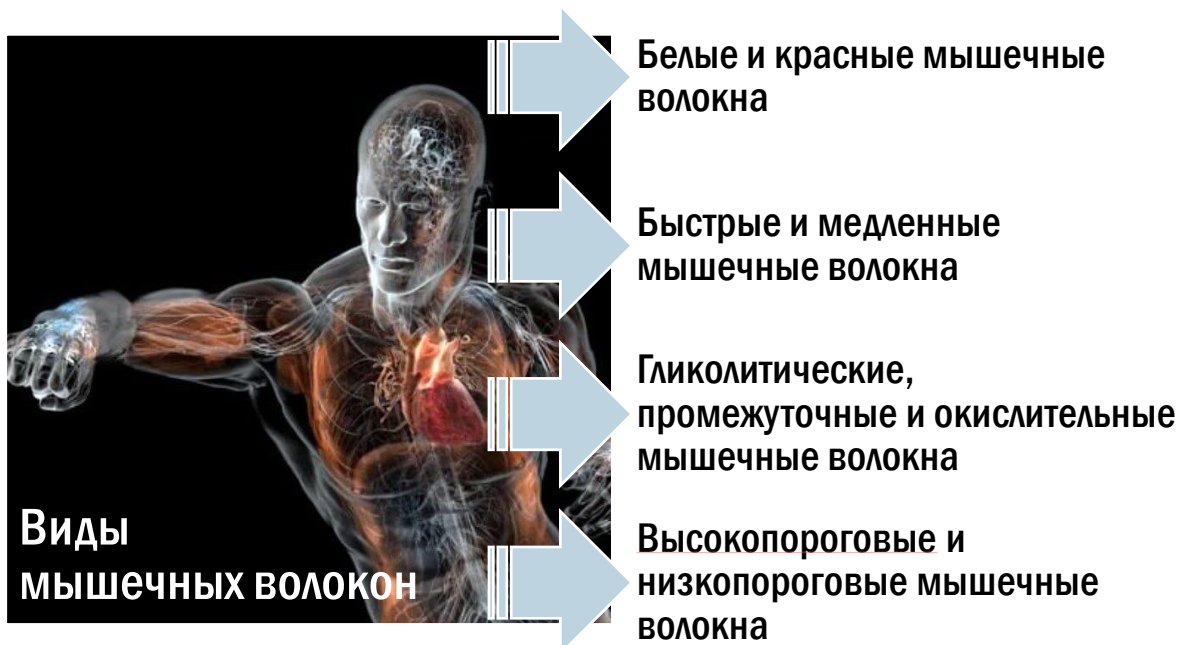
Сокращение мышцы:

- ✓ Мозг дает сигнал по мотонейрону к мышечному волокну, чтобы оно сокращалось.
- ✓ Мышца получает сигнал для сокращения и начинает сокращаться.
- ✓ При сокращении нити актина «скользят» между нитями миозина используя для этого энергию (АТФ).
- ✓ После нити актина возвращаются в исходное положение.

Мышечные волокна

Основные классификации мышечных волокон:

- ✓ Белые и красные мышечные волокна
- ✓ Быстрые и медленные мышечные волокна
- ✓ Гликолитические, промежуточные и окислительные мышечные волокна
- ✓ Высокопороговые и низкопороговые мышечные волокна



Белые и красные мышечные волокна

Первая классификация - по цвету. Это классификация по наличию пигмента миоглобина в саркоплазме мышечного волокна.

Миоглобин красного цвета и он участвует в переносе кислорода к мышечной клетке. Чем больше кислорода требуется клетке, тем больше поступает миоглобина - волокно более красное.

Когда меньше кислорода - волокно более светлое, от чего - белое. Также красные мышечные волокна имеет большее число митохондрий, чем белые, из-за большого потребления кислорода.

Белые мышечные волокна:

- ✓ Миоглобина - мало.
- ✓ Митохондрий - мало.
- ✓ Потребление кислорода - малое.

Красные мышечные волокна:

- ✓ Миоглобина - много.
- ✓ Митохондрий - много.
- ✓ Потребление кислорода - большое.

Быстрые и медленные мышечные волокна

Вторая классификация - по скорости сокращения. Быстрые и медленные мышечные волокна классифицируются по скорости сокращения и активности фермента АТФ-азы. Когда чем более активный фермент, тем быстрее синтезируется АТФ и мышца снова готова сокращаться.

Быстрые мышечные волокна (БМВ):

- ✓ Скорость сокращения мышечного волокна более высокая.
- ✓ Активность фермента АТФ-аза более высокая.

Медленные мышечные волокна (ММВ):

- ✓ Скорость сокращения мышечного волокна более низкая.
- ✓ Активность фермента АТФ-аза низкая.

Гликолитические, промежуточные и окислительные мышечные волокна

Третья классификация - по энергообеспечению. Для получения энергии мышечные волокна используют жирные кислоты (жиры) и глюкозу (углеводы). Жирные кислоты с помощью окисления организм превращает в АТФ.

Глюкозу с помощью анаэробного и аэробного гликолиза также превращает в АТФ. Поэтому в организме существует три вида различных мышечных волокон, которые используют преимущественно один из видов энергообеспечения.

Окислительные мышечные волокна (ОМВ):

- ✓ Основной источник энергии - жирные кислоты.
- ✓ Энергообеспечение - окисление.
- ✓ Количество митохондрий - много.

Промежуточные мышечные волокна (ПМВ):

- ✓ Основной источник энергии - жирные кислоты, глюкоза.
- ✓ Энергообеспечение - окисление, гликолиз.
- ✓ Количество митохондрий - среднее количество.

Гликолитические мышечные волокна (ГМВ):

- ✓ Основной источник энергии - глюкоза.
- ✓ Энергообеспечение - гликолиз, преимущественно анаэробный.
- ✓ Количество митохондрий - мало.

Отдельно следует поговорить о ПМВ. Данный тип мышечных волокон очень хорошо адаптируется к нагрузке, в отличие от ОМВ и ГМВ. При длительных тренировках данные мышечные волокна могут приобретать больше признаков ОМВ или ГМВ. К примеру, если тренировать выносливость (бегать марафоны и тому подобное), в таком случае практически все ПМВ станут ОМВ, за счет увеличения количества митохондрий. При силовых тренировках ПМВ перестраиваются в ГМВ, адаптируясь под соответственный вид тренировок.

Высокопороговые и низкопороговые мышечные волокна

Четвертая классификация - по порогу возбудимости двигательных единиц (ДЕ). Двигательная единица состоит из: мотонейрона и мышечного волокна. Сокращение мышцы происходит под воздействием нервных импульсов, которые проводят нервные клетки от головного мозга к мышце, давая ей команду сокращаться.

Высокопороговые мышечные волокна:

- ✓ Порог возбудимости - высокий (сокращаются при сильном импульсе, когда очень тяжело).

- ✓ Скорость передачи нервного импульса - высокая.
- ✓ Аксон с миелиновой оболочкой.

Низкопороговые мышечные волокна:

- ✓ Порог возбудимости - низкий (сокращаются при слабом импульсе).
- ✓ Скорость передачи нервного импульса - низкая.
- ✓ Аксон без миелиновой оболочки.

Регуляция напряжения мышц

Управление движениями, поддержание вертикального положения и необходимая фиксация звеньев тела обеспечиваются сокращением в нужный момент времени определенных мышц и регуляцией степени их напряжения центральной нервной системой. Регуляция мышечного напряжения осуществляется тремя физиологическими механизмами:

- ✓ количеством активных ДЕ мышц;
- ✓ частотой импульсации мотонейронов ДЕ (т. е. режимом их работы);
- ✓ временной связью активности ДЕ.

Двигательные единицы (ДЕ) (ДЕ состоят из двух основных типов мышечных волокон: быстрых и сильных, но быстроутомляемых БМ-волокон; выносливых, но менее сильных и быстрых ММ-волокон) активизируется после того, как ее мотонейрон пошлет импульсы для сокращения иннервируемых мышечных волокон.

Двигательные единицы возбуждаются мотонейронами по физиологическому закону «все или ничего». Поэтому на нервный импульс реагируют одновременно все мышечные волокна одной ДЕ. Сила сокращения одной ДЕ зависит от количества составляющих ее мышечных волокон.

Малые ДЕ развивают силу всего лишь в несколько миллиньютон, а ДЕ с большим количеством волокон – в несколько ньютон. Как видно, силовой потенциал одной ДЕ невелик, поэтому для

выполнения движения при сокращении мышцы одновременно «включаются» в работу несколько ДЕ, что в физиологии получило название «пространственной суммации».

Чем выше внешнее сопротивление, тем больше ДЕ задействовано при генерации силы мышцей, и тем большее напряжение она развивает.

Необходимое число активных ДЕ определяется интенсивностью возбуждающих влияний более высоких уровней нервной системы на мотонейроны данной мышцы.

Реакция мотонейронов ДЕ на возбуждающее влияние более высоких уровней нервной системы определяется порогом их возбуждения. Сам этот порог зависит от размера мотонейрона. Чем меньше размер тела мотонейрона, тем ниже порог его возбуждения и меньше размер ДЕ. Поэтому слабые мышечные напряжения обеспечиваются преимущественно активностью низкопороговых – малых и медленных ДЕ

В естественных условиях сокращение ДЕ работающих мышц обусловлено не одиночными нервными импульсами, а их сериями с различной частотой – от 5 до 50 в одну секунду. При этом, когда каждый последующий нервный импульс подается до окончания фазы расслабления мышцы от воздействия предыдущего, то последующее за импульсом сокращение мышцы накладывается на предыдущее. В итоге происходит более высокое развитие силы.

Когда нервные импульсы генерируются мотонейроном с высокой частотой, то спада напряжения мышц или развиваемой ими силы не происходит. При этом достигаются более сильные, чем при одиночных импульсах, сокращения мышечных волокон и 3-4-кратное увеличение развиваемой силы. Такое сокращение мышц называется тетаническим.

Продолжительность тетанического сокращения ДЕ может в десятки и даже в тысячи раз превышать продолжительность ее сокращения от одиночного нервного импульса. Если постепенно увеличивать

напряжение мышц, то в работу будут вовлекаться все более крупные по размеру ДЕ: начиная от малых низкопороговых и до больших – высокопороговых.

Когда скелетные мышцы преодолевают легкие и умеренные сопротивления, например, в быту или в процессе обычной трудовой деятельности, необходимая для их возбуждения частота нервной импульсации не достигает максимума, а деятельность низкопороговых ДЕ при этом осуществляется попеременно, т. е. асинхронно. В этом случае относительно низкое общее напряжение мышцы не колеблется, поскольку для разных асинхронно активных ДЕ максимумы сокращений никогда не совпадают.

При длительной мышечной работе умеренной интенсивности, например, в длительном беге или лыжных гонках, в первую очередь активизируются низкопороговые ДЕ. По мере утомления этих работающих ДЕ, их сократительная способность постепенно уменьшается, и в работу начинают вовлекаться более крупные и высокопороговые ДЕ.

Этим объясняется тот факт, что в процессе длительной работы умеренной интенсивности гликоген – внутримышечный источник энергии – более быстро расходуется в медленных ОМВ, а по мере продолжения работы – и в быстрых ГМВ.

При скоростном проявлении силы и необходимости при этом преодоления мышцами умеренных и высоких внешних сопротивлений, происходит активизация преимущественно высокопороговых ДЕ с ГМВ короткими сериями высокочастотных нервных импульсов.

Такая стартовая иннервация вызывает сильный и нарастающий процесс мышечного сокращения, после чего за «взрывным» началом следует сигнальная блокировка биоэлектрической активности мышц. Во время этой «паузы» ДЕ и сокращаются с высокой скоростью.

Движения при таком баллистическом характере мышечного сокращения заранее программируются в головном мозге и реализуются с такой высокой скоростью, что их коррекция по ходу движения часто оказывается практически невозможной.

Период биоэлектрического «молчания», во время которого мышца не реагирует на поступающие к ней нервные импульсы, следующие за стартовой иннервацией, зависит преимущественно от величины преодолеваемого внешнего сопротивления.

Если внешнее сопротивление возрастает настолько, что при баллистическом сокращении мышц ускорения движения не происходит, то подается новая серия импульсов с последующим периодом «молчания», что в конечном итоге до определенного уровня величины внешнего сопротивления и обеспечивает дальнейшее ускорение выполняемого движения.

Движения, характеризующиеся сериями импульсов стартовой иннервации с последующим периодом сигнальной блокировки и проявлением баллистического режима мышечного сокращения, имеют резко выраженный скоростно-силовой характер.

Если же сопротивление увеличивается до максимального или близкого к нему, то такое сопротивление будет преодолеваться уже более продолжительными сериями импульсов очень высокой частоты. Такой режим работы мышц характерен для проявления максимальной силы.

Виды работы мышцы:

- ✓ Статическая (удерживающая) работа - мышца, не меняет длины под нагрузкой.
- ✓ Динамическая преодолевающая работа - мышца укорачивается под нагрузкой.
- ✓ Динамическая уступающая работа - мышца растягивается под нагрузкой.

Виды мышечных сокращений:

- ✓ Изотоническое сокращение - мышца укорачивается при постоянной нагрузке (такое бывает только в лабораторных условиях).
- ✓ Изометрическое сокращение - напряжение возрастает, длина мышцы не меняется.
- ✓ Ауксотоническое сокращение - напряжение мышцы изменяется по мере ее укорочения.

3. Адаптационные процессы в мышцах

Наш организм очень сложный, в нем происходит невероятное количество различных процессов каждую долю секунды, для поддержания жизнедеятельности. Данные процессы являются адаптацией организма к раздражителям внешней среды. Далее будут описываться основные адаптационные изменения в мышцах при тренировках.

Для начала следует разобраться в процессе роста мышечной клетки. Как и почему она увеличивается в размерах и что для этого нужно. Наш организм все время находится в гомеостазе (постоянстве), и любой стресс для него - проблема, с которой нужно справиться.

Организм не любит стресса, он любит постоянство, а тренировка - стресс. Справляться организм будет следующим образом - создавать запас «прочности» для будущего внезапного стресса, а рост мышечной клетки и есть тот запас прочности для будущего стресса. Любой тренировочный стресс (стресс от силовой тренировки) для мышцы запускает мышечный рост, но для мышечного роста нужно полноценное восстановление.

Рост мышечных клеток

Для того, чтобы мышечная клетка могла полноценно адаптироваться под нагрузку, своим ростом, есть ряд факторов, которые должны присутствовать в клетке (иногда их так и называют - факторы роста).

Факторы роста:

- ✓ Аминокислоты - основной элемент построения всех белков животных и растительных организмов.

- ✓ Анаболические гормоны - тестостерон, гормон роста и инсулин.

- ✓ Свободный креатин - азотсодержащая карбоновая кислота.

✓ Ионы водорода - простейший двухатомный ион H_2^+ .

Все эти элементы должны присутствовать в клетке, для ее полноценного роста. Причем важна именно определенная концентрация каждого элемента, поэтому следует все разобрать подробнее.

Аминокислоты являются основным строительным материалом для полноценного роста мышечной клетки. Так как сократительная часть клетки, которая подвержена росту, состоит преимущественно из белков. При этом если аминокислот будет избыток, те аминокислоты, которые организм не сможет использовать на строительный материал, будут использоваться в качестве источника энергии. Поэтому следует понимать, что слишком большой избыток аминокислоты не приведет к ускорению мышечного роста.

Анаболические гормоны, а в первую очередь именно тестостерон, одни из важнейших факторов для мышечного роста. Именно тестостерон после попадания в клетки воздействует на ДНК клетки и запускает мышечный рост.

Тестостерон - воздействует на ДНК, повышает анаболизм.

Гормон роста - воздействует на рецепторы (трансмембранный белок), и повышает анаболизм.

Инсулин - воздействует на рецепторы мембраны клеток, улучшая проницаемость клеточных мембран, улучшает поступление аминокислот, глюкозы и микро и макроэлементов в клетку.

Свободный креатин появляется благодаря мышечному сокращению. При мышечном сокращении ресинтез АТФ происходит благодаря запасам креатинфосфата (КрФ) (креатинфосфатная реакция), что ведет к появлению свободного креатина. При этом повышенная концентрация свободного креатина в саркоплазматическом пространстве служит мощным эндогенным стимулом, возбуждающим белковый синтез в скелетных мышцах.

Ионы водорода активно появляются при разрушении молочной кислоты на лактат и ионы водорода. Ионы водорода по мере накопления разрушают связи в четвертичных и третичных структурах белковых молекул, это приводит к изменению активности ферментов, облегчению доступа гормонов к ДНК.

Следует понимать, что ионы водорода при большой концентрации могут разрушать мышечные клетки, поэтому их концентрации должна быть умеренной. В данном случае больше - не значит лучше.

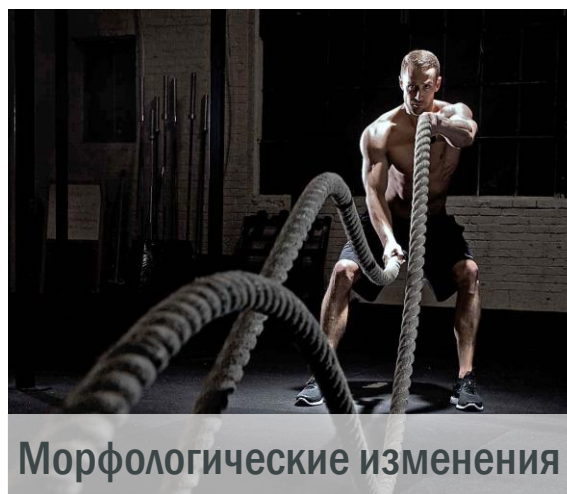
С современными знаниями и препаратами человек может контролировать все четыре фактора отвечающие за мышечный рост. Концентрацию аминокислот можно поддерживать правильным питанием богатым полноценными аминокислотами.

Несмотря на то, что уровень тестостерона заложен генетически, и на него повлиять крайне сложно, силовые тренировки способствуют лучшему поступлению тестостерона в кровь. Также и свободный креатин, и ионы водорода способны выделяться только при силовых тренировках.

Адаптация мышц к физической нагрузке



Нейронная адаптация



Морфологические изменения

Изменения в мышцах в процессе тренировки чрезвычайно многообразны и обусловлены механическим раздражением,

реакциями обмена веществ, а также гормональными влияниями. При этом различают две основные области, одна из которых связана с *морфологическими изменениями*, а другая — с *нейронными*.

Нейронная адаптация. В начале тренировки сначала достаточно быстро улучшается способность развития силы скелетных мышц. Это начальное повышение работоспособности в значительной степени объясняется нейронной адаптацией, т. е. повышением степени иннервации (*нервное возбуждение, стимулировать сокращения*) мышцы и улучшением внутримышечной координации. При этом антагонисты не оказывают значительного отрицательного влияния на последовательность элементов движения и улучшается согласованность работы мышц в процессе движения.

Морфологические изменения. К морфологическим изменениям относится гипертрофия мышц. Увеличение толщины (гипертрофия) мышечных волокон обусловлено увеличением количества сократительных и несократительных мышечных белков. Увеличение площади поперечного сечения представляет собой морфологическую форму адаптации к силовой тренировке в течение длительного времени. Силовая тренировка оказывает положительное воздействие на синтез белка, который начинается уже через 3 часа после окончания тренировки и может продолжаться до 48 часов.

Адаптация мышц к нагрузкам

Адаптация к упражнениям на выносливость. Относительно низкая по интенсивности, но продолжительная по времени физическая нагрузка, например, бег и плавание на длинные дистанции, увеличивает число митохондрий и их ферментов в медленных и быстрых мышечных волокнах, которые задействованы в этом виде деятельности; возрастает также активность ферментов антиоксидантной защиты.

Все эти изменения приводят к увеличению выносливости. Диаметр волокна может немного уменьшиться, и, таким образом, происходит незначительное уменьшение силы мышц в результате физической нагрузки на выносливость.

Выносливость также зависит от количества гликогена, накопленного в мышцах до физической нагрузки. При высоком уровне физической нагрузки из гликогена производится больше АТФ на 1 моль кислорода (приблизительно 6,5 моль АТФ на 1 моль потребленного кислорода), чем при сжигании жирных кислот (приблизительно 5,6 моль АТФ на 1 моль потребленного кислорода). Человек на высокоуглеводной диете может запасти в мышцах гораздо больше гликогена, чем человек на смешанной диете или на диете с высоким содержанием жиров. После поста можно ожидать снижения выносливости.

Кроме того, вокруг волокон увеличивается число капилляров. Как будет показано ниже, физическая нагрузка на выносливость приводит также и к другим изменениям в кровеносной и дыхательной системах, которые улучшают доставку кислорода и энергетических молекул к мышцам.

При тренировке эксцентрические усилия вызывают большее утомление, чем концентрические. При эксцентричной работе, где мышца сопротивляется удлинению, как при ходьбе вниз по склону, мышцы могут получить микротравмы, и можно ожидать мышечной боли.

Адаптация к силовым упражнениям. Кратковременная физическая нагрузка высокой интенсивности, например, поднятие тяжестей, затрагивает в первую очередь быстрые мышечные волокна. Они задействуются, когда интенсивность сокращения превышает примерно 40% максимального напряжения, на которое способна мышца. Диаметр этих волокон увеличивается из-за увеличения синтеза актина и нитей миозина для образования большего количества миофибрилл. Гипертрофия приводит к увеличению диаметра мышечных волокон, а не к увеличению числа

волокон, но это, вероятно, не совсем верно, потому что сильно увеличившиеся мышечные волокна могут создать новые волокна путем активации сателлитных клеток, увеличивая тем самым число волокон. Кроме того, увеличивается активность гликолитических ферментов.

Результатом подобной интенсивной физической нагрузки является увеличение силы мышц. Хотя гипертрофированные мышцы сильны, они быстро устают. С другой стороны, не следует забывать, что стандартный размер мышц человека определяется в основном наследственностью, а также уровнем секреции тестостерона, благодаря которому у мужчин мышцы намного больше, чем у женщин.

Поскольку различные типы физической нагрузки приводят к совершенно разным изменениям в силе и выносливости мышц, человек должен выбрать тип физической нагрузки, который совместим с деятельностью, которой он или она хочет заниматься в конечном итоге (т.е. специфику тренировки). Если прекратить регулярные тренировки, мышца медленно вернется к состоянию, в котором она была до начала тренировок, или даже ниже.

Виды мышечного отказа

Мышечный отказ - состояние мышц, когда они больше не способны справляться с нагрузкой.

Виды мышечного отказа:

- ✓ Преодолевающий отказ (динамика)
- ✓ Статический отказ (статика)
- ✓ Уступающий отказ (негативы)

Виды мышечного отказа:

- ✓ Преодолевающий отказ (динамика) - когда больше невозможно поднять вес (мышцы не могут сократиться).
- ✓ Статический отказ (статика) - когда больше невозможно удерживать вес (мышца не может сокращаться в статическом режиме и начинает расслабляться).
- ✓ Уступающий отказ (негативы) - когда больше невозможно медленно опускать вес (мышца не может справиться с весом даже при растяжении, а не сокращении).

Пример выполнения упражнения с наступлением всех трех видов отказа: Человек выполняет жим штанги лежа, при этом выжимает последний раз и больше не может выполнить повторение (наступил преодолевающий отказ). После чего удерживает вес на выпрямленных руках (важно не выпрямлять полностью руки, чтобы нагрузка не уходила в суставы, а оставалась на мышцах), и через некоторое время уже не способен удерживать вес, штанга начинает опускаться (наступил статический отказ). При опускании штанги человек может еще прикладывать усилия для ее замедления (чтобы штанга опускалась медленнее с одинаковой скоростью), после штанга начинает ускоряться, даже при максимальных усилиях ее остановить (наступил уступающий отказ).

Физиология мышечного отказа

Преодолевающий отказ (динамика) - может наступать по двум причинам:

- ✓ Истощена энергетика и мышцы больше не способны сокращаться.
- ✓ Мышца закислена и больше не может сокращаться.
- ✓ Статический и уступающий отказ (статика и негативы) - также может наступать по двум причинам.
 - ✓ Истощена энергетика и мышцы больше не способны сокращаться.
 - ✓ Ограничение работы мышцы сухожильным веретеном и органом Гольджи.

Уточнение: Сухожильное веретено и орган Гольджи отвечает за напряжение и растяжение мышцы. В тех случаях, когда мышца максимально растянута или напряжение приходит своему пику - сухожильное веретено и орган Гольджи могут дать сигналы на мотонейроны, чтобы те переставали иннервировать мышцы (стимулировать сокращение). Это необходимо для того, чтобы мышца при напряжении не порвалась или не оторвалось сухожилие от кости.

Использование отказа в тренировочном процессе

Мышечный отказ является одним из методов повышения интенсивности тренировки. Поэтому чаще всего используется как дополнительный тренировочный метод. Так как сильный мышечный отказ может сильно удлинить время восстановления после нагрузки.

Несомненно, для последующего восстановления важен и общий тренировочный объем (сколько было отказных подходов), но чаще всего при использовании метода отказных повторов, тренировочный объем не большой.

Время для полноценного отдыха мышечной группы (и других систем организма) после отказных повторений:

✓ Преодолевающий отказ - от 7-14 дней. Классический динамический отказ очень сильно «микротравмирует» миофибриллы (сократительные элементы мышечной клетки), также происходит существенная нагрузка на суставно-связочный аппарат и нервную систему.

✓ Статический отказ - от 3 до 21 дня. Воздействие на организм статического отказа зависит от времени. Чем больше время перебивания под нагрузкой, тем соответственно меньше использованный вес. Чем больше вес - тем больше нагрузка на суставно-связочный аппарат и дольше восстановление. Также следует учитывать, используется статический отказ после динамического или отдельно.

✓ Уступающий отказ - 14-28 дней. Негативный отказ самый тяжелый, он наступает в последнюю очередь и естественно нагрузка на организм от него самая большая. Уступающий отказ может наступить только после статического отказа. Нагрузка на суставно-связочный аппарат очень большая, также и на нервную систему.

Принцип суперкомпенсации

Суперкомпенсация или сверхвосстановление – фаза восстановительного процесса, при котором уровень физических возможностей организма превышает показатель до наступления нагрузки.

Явление суперкомпенсации базируется на взаимодействии между тренировочной нагрузкой и восстановлением.

Цикл суперкомпенсации запускается физической нагрузкой, которая служит стимулом для развития дальнейшей реакции (рис. 1).

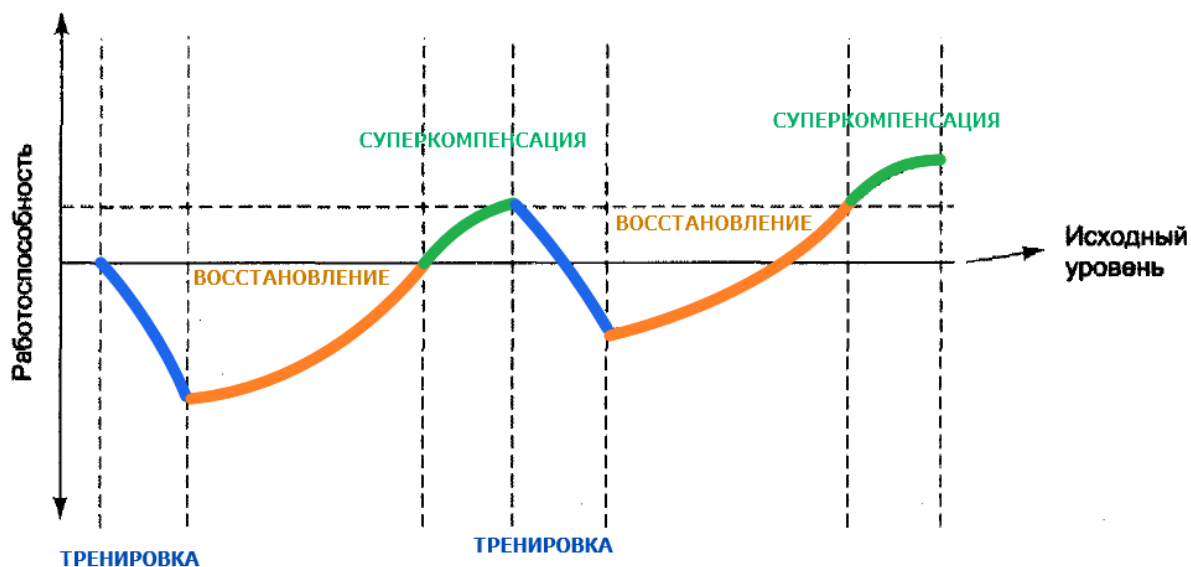


Рис. 1. Цикл суперкомпенсации после нагрузки

Отдельная нагрузка вызывает утомление и резкое снижение работоспособности спортсмена. Это соответствует первой фазе цикла.

Вторая фаза характеризуется отчётливым процессом восстановления. Соответственно, работоспособность спортсмена увеличивается и в конце этой фазы достигает исходного (донагрузочного) уровня.

Далее работоспособность продолжает увеличиваться, превосходя предыдущий уровень и достигая максимума, что соответствует фазе суперкомпенсации. В следующей фазе уровень работоспособности возвращается к исходному (донагрузочному).

После каждой тренировки организм становится сильнее или выносливее если проводить тренировки в период суперкомпенсации. Это объясняет то, что с каждой тренировкой спортсмен становится лучше, но здесь важно организовать правильный режим тренировок и отдыха.

Если игнорировать фазу сверхвосстановления – можно добиться либо переутомления, либо не развиваться вовсе.

В среднем, суперкомпенсация наступает на 2-3 день после нагрузки, но эти показатели индивидуальны. Организм полностью восстанавливается и готов дальше повышать уровень своей тренированности.

Фазы восстановления:

1. **Первая фаза** цикла – получение нагрузки. Во время нагрузки всегда происходит утомление, то есть донагрузочный показатель снижается.
2. **Вторая фаза** – наступает период восстановления, который можно разделить на следующие фазы:
 - ✓ *восстановление*, при котором показатель физических возможностей повышается и достигает уровня начального показателя;
 - ✓ *суперкомпенсация* – повышение начального показателя на 10-20%.
3. **Возврат** – после сверхвосстановления идет возвращение в начальный показатель первой фазы цикла.

Если постоянно тренироваться в момент наступления фазы суперкомпенсации, то последний показатель возврата будет расти и превышать предыдущий начальный показатель.

Как поймать суперкомпенсацию? Новичкам следует выбрать трехдневный сплит (сплит тренировка – это тренировочный процесс, который разделяется на определенные группы мышц и раскладывается на определенный срок – неделю) и выполнять с нужной интенсивностью, в зависимости от физической подготовки. Если подбирать подходящую степень нагрузки, нужная фаза восстановления как раз будет наступать на второй или третий день, а если выполнить чрезмерную нагрузку и сильно повредить волокна, то процесс достижения суперкомпенсации сильно затянется. Поэтому важно не только распределить тренировку по дням, но и правильно дозировать нагрузку.

Как правильно строить тренировку для суперкомпенсации. Самый подходящий метод силовых тренировок – это когда нагружаются 2-3 группы мышц за одну тренировку. Таким образом, мышцы успевают восстановиться до следующей тренировки.

Для постоянного прогресса нагрузку необходимо повышать, что будет препятствовать достижению адаптации мышц. Но и повышать нагрузку тоже нужно правильно, а именно – прибегать к циклированию. Циклирование подразумевает постепенное повышение сложности тренировочного процесса в течение недели с последующим снижением в начале следующей тренировочной недели. Здесь так же играет роль постоянное повышение нагрузки, например рабочий вес, каждую последующую неделю (рис. 2).

Пример:

Понедельник – легкая тренировка

Среда – умеренная тренировка

Пятница – сложная тренировка

А так же в течение недели подбирается рабочий вес в размере 40% от одноповторного максимума. Так точно проходит и вторая неделя,

только рабочий вес повышается до 50% от повторного максимума и так далее до 80%.

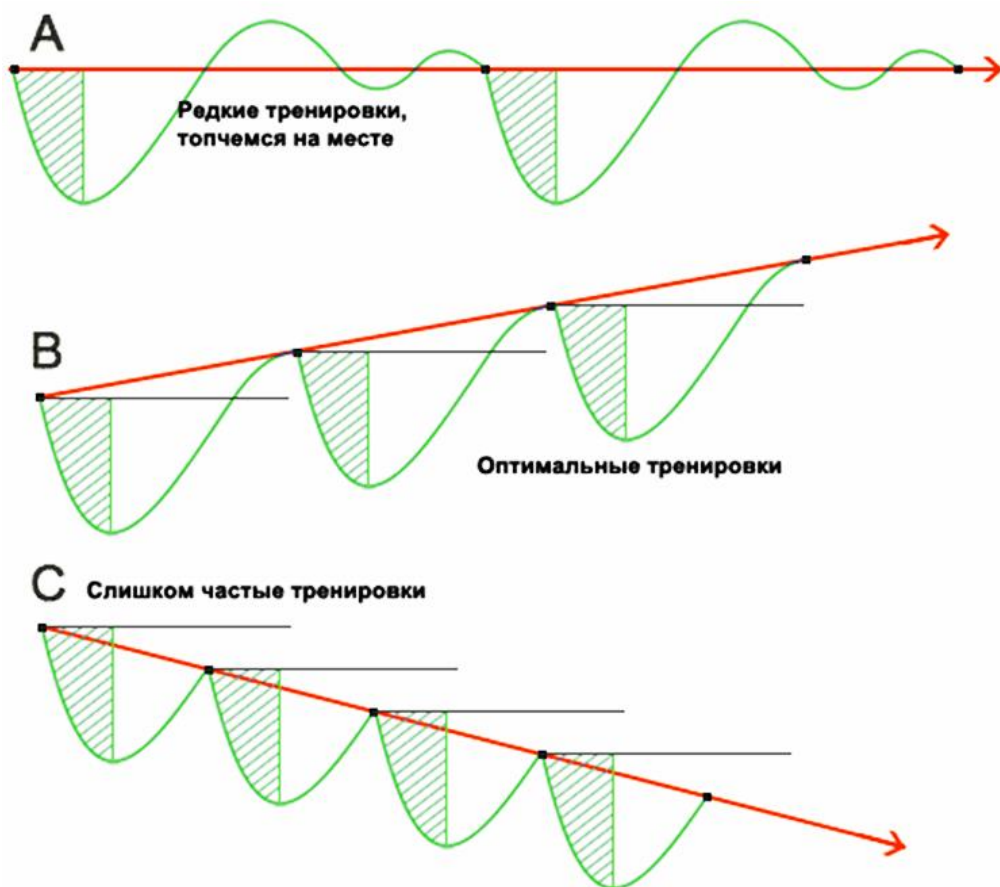


Рис. 2. Принцип планирования цикличности тренировок с учетом эффекта суперкомпенсации

Возвращение к умеренным нагрузкам дает возможность постоянно прогрессировать, не достигая перетренированности, что приводит к тренировочному плато.

Суперкомпенсация – один из важнейших периодов восстановительного процесса, без которого рост мышц просто невозможен. Зная принципы построения нагрузок и отдыха, спортсмен сможет правильно организовать свой режим для эффективной гипертрофии.

Суперкомпенсация – индивидуальный показатель, который зависит от многих факторов: степени нагрузки, периодичности,

тренированности организма, возраста и т.д. Поэтому точно выявить пик фазы по часам невозможно, но можно правильно организовать режим отдыха и тренировок. Не забывайте о полноценном сне и сбалансированном питании, иначе даже идеальное время для нагрузок не гарантирует стопроцентный результат, так как восстановление полностью зависит от вас самих.

Мышечная гипертрофия

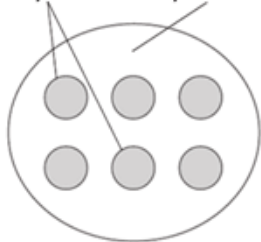
Как заставить мышцы расти? Очевидно, тренировать их с отягощением в определенном диапазоне повторений. Чтобы выбрать оптимальный режим тренировок, следует определиться с индивидуальной нагрузкой.

Нагрузка измеряется в процентах от 1 вашего 1ПМ (одноповторного максимума). Лучше всего гипертрофию мышечных волокон вызывает поднятие веса, который составляет примерно 85% от 1ПМ до мышечного отказа или практически до него.

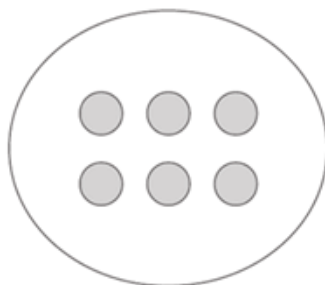
Хотя наибольший прирост мышечной массы виден при умеренных нагрузках, используйте большие и малые нагрузки, чтобы максимизировать использование вашего потенциала и накачать огромные мышцы.

Это связано с разделением гипертрофии на два различных типа - **миофибрилярную** и **саркоплазматическую**, свойственных различным тренировкам с различной нагрузкой на мышцы.

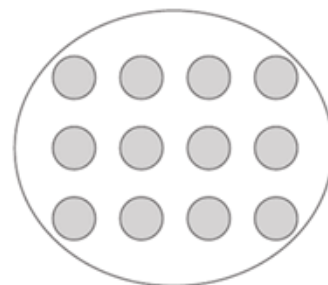
Миофибриллы Саркоплазма



Мышечные волокна



Саркоплазматическая гипертрофия



Миофибрилярная гипертрофия

Виды гипертрофии:

- ✓ **Миофибриллярная гипертрофия** – адаптация мышц к нагрузкам силового характера. Увеличение объема мышечного волокна происходит за счет увеличения количества миофибрилл, площади их поперечного сечения, а также длины миофибрилл.
- ✓ **Саркоплазматическая гипертрофия** – адаптация мышц к повторной работе, которая приводит к исчерпанию запасов АТФ, креатинфосфата, гликогена и появлению признаков утомления. Саркоплазматическая гипертрофия представляет собой адаптацию мышечных волокон к тренировке на выносливость.

Гипертрофия первого типа происходит за счет непосредственного увеличения мышечных волокон, второго типа - благодаря увеличению питательной жидкости, окружающей эти волокна.

Мускулатура, полученная в результате двух этих видов гипертрофии, соответственно тоже различается: при миофибриллярной гипертрофии образуются сухая и «подтянутая» мышечная масса, а при саркоплазматической гипертрофии атлет получает объемные мышцы.

Хотя вы не можете полностью изолировать один тип мышечной гипертрофии от другого, все же существуют определенные способы достижения каждого из них.

Миофибриллярная мышечная гипертрофия

Это увеличение числа, размеров и плотности таких мышечных структур как миофибриллы, составляющих сократительный аппарат мышечных клеток. Благодаря увеличению сократительной ткани такой рост мышц сопровождается увеличением силы.

К миофибриллярной гипертрофии наиболее предрасположены быстрые мышечные волокна, выполняющие высокоскоростные

движения. Такие мышечные волокна характеризуются большой или взрывной силой, но быстро утомляются.

Источником питания быстрых волокон является гликоген и креатин фосфат, запасы которых истощаются за 10-12 секунд работы мышц. Именно поэтому в тренировках на миофибриллярную гипертрофию мышцам требуется восстановление в течение 2-3 и более минут.

Рекомендуется планирование частоты тренировок с учетом полного восстановления мышц и выхода в период суперкомпенсации.

Рекомендации по гипертрофии миофибриллярного типа

Что делать, чтобы росли мышцы именно миофибриллярного типа гипертрофии? Рекомендуется работать с большими весами и с малым количеством повторений, чтобы работающая мышца получала сигнал о том, что ей нужно становиться больше. Используйте веса порядка 80% от 1ПМ, регулярно его увеличивая.

Чтобы заставить мышцы расти быстрее, руководствуйтесь следующими рекомендациями:

1. Тренируйтесь со средне-тяжелыми весами в высоком темпе, меняя скорость от одного занятия к другому, чтобы предотвратить мышечную адаптацию и поддерживать гипертрофию, в таком случае аэробные нагрузки можно не включать в программу.
2. Частота и тренировок для миофибриллярной гипертрофии мышц: 3-5 раз в неделю, исключая аэробные нагрузки.
3. Особое внимание к периодам отдыха: 3-5 минут потребуется вам, чтобы полностью восстановить креатинфосфогенное депо продолжительность тренировки может возрасти до 1,5-2 часов (в связи с длительным отдыхом между подходами).

Саркоплазматическая гипертрофия мышц

Второй тип гипертрофии представляет собой увеличение саркоплазмы и других несократительных белков (в частности, митохондриальных) в клетках мышц.

Гипертрофия такого типа происходит за счет повышения метаболических резервов мышечных клеток: гликогена, креатинфосфата, миоглобина и безазотистых веществ, а сгущение капиллярной сети в результате тренировки вызывает некоторое увеличение объемов мышечных волокон.

Наиболее предрасположены к саркоплазматической рабочей гипертрофии мышечные волокна медленного типа. Медленные мышечные волокна названы так в связи с низкой скоростью, однако, они могут выполнять длительную непрерывную работу. Мышечная саркоплазматическая гипертрофия мало влияет на рост мышц, повышая общую выносливость организма.

Достижение такой мышечной гипертрофии является следствием подъема малого веса с высоким количеством повторений. Этот тип роста, хотя и не сопровождается никаким увеличением силы мышцы, является основной причиной, почему культуристы более мускулисты, чем спортсмены, занимающиеся силовыми тренировками.

Вы получаете объемные накаченные мышцы, оставляя силовые показатели на том же уровне.

Отличной тренировкой саркоплазматического типа являются программы для бодибилдеров и спортсменов единоборств. Тренировки на скорость и выносливость используются как в тренировках бойцов ударников, так и более распространенных кроссфит тренировках.

Рекомендации по гипертрофии саркоплазматического типа

Саркоплазматической гипертрофии способствуют:

1. Отдых не более 1-3 минут для поддержания высокого уровня интенсивности.
2. Количество повторений за сет – 6-12. Больше – не желательно, поскольку при 15-20 повторениях практически невозможно использовать тяжелый вес, а, значит, и суммарная нагрузка на работающую мышцу будет меньше.

3. Тренировки до 1 часа.

Подведем итоги по тренируемым качествам и диапазону повторений для запуска миофибриллярной или саркоплазматической гипертрофии (табл. 1).

Таблица 1

Диапазон повторений для запуска миофибриллярной или саркоплазматической гипертрофии

Диапазон повторений	Тренируемое качество	Физиологический стимул
1-3	Сила	Миофибриллярная гипертрофия, центральная нервная система, связки
4-8	Сила и мышечная масса	Миофибриллярная гипертрофия, частично саркоплазматическая гипертрофия
8-12	Мышечная масса	Саркоплазматическая и миофибриллярная гипертрофия
12-20	Мышечная масса, мышечная выносливость	Саркоплазматическая гипертрофия, капилляризация
20+	Мышечная выносливость	Слабовыраженная саркоплазматическая гипертрофия, капилляризация

На вопрос новичка: «Что нужно, чтобы мышцы росли по определенной гипертрофии?», существует один ответ - нужно выполнять базовые тренировки. Независимо от того, какое количество повторений и нагрузку будут использовать новички, они всё равно заметят огромный рост силы при небольшой гипертрофии мышц.

Как увеличить силу

Увеличение силы в основном является следствием адаптации нейронов, поскольку нетренированные люди могут испытывать трудности при активизации их двигательного аппарата.

Однако чтобы накачивать мышцы в течение длительного периода времени с достижением прогресса, необходимо использовать прогрессивную перегрузку.

Проще говоря, если вы хотите продолжать расти, используемый вес должен увеличиваться. Это справедливо независимо от того, какое количество повторений или нагрузка используется вами сегодня.

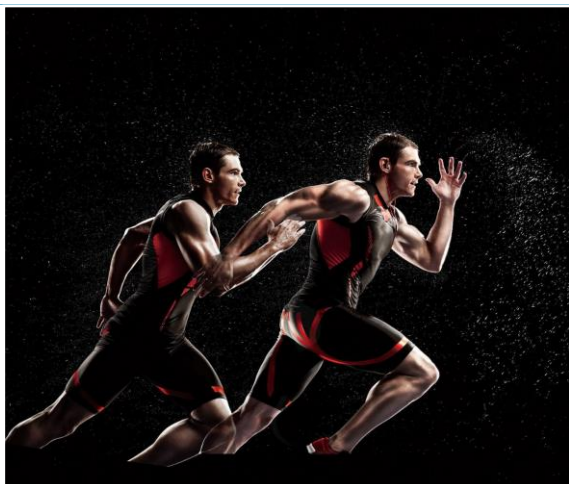
Увеличение максимального используемого веса при большом и малом количестве повторений должно быть конечной целью любой программы тренировок на силу, это является лучшим способом обеспечить себе непрерывный прогресс.

Выводы.

Программа должна включать в себя тяжелую, среднюю и малую нагрузку, чтобы максимизировать общее мышечное развитие. Только гибкость программы позволит добиться идеально проработанной мускулатуры.

4. Мышечное энергообеспечение

Деятельность мышц, происходящий в организме, требует энергии. Энергия, необходимая для мышечного сокращения, освобождается в результате распада химических веществ. Единственным универсальным и прямым источником энергии для мышечного сокращения служит химическое вещество – аденозинтрифосфат (АТФ).



Образование энергии для обеспечения мышечной работы

Анаэробный (бескислородный)

Аэробный (окислительный)

Энергия распада других веществ для сокращения мышцы не подходит. Запасы АТФ в мышцах сравнительно ничтожны и их может хватить лишь на 2-3 секунды интенсивной работы. В реальных условиях для того, чтобы мышцы могли длительно поддерживать свою сократительную способность, должно происходить постоянное восстановление (ресинтез) АТФ с той же скоростью, с какой он расходуется.

В качестве источников энергии при этом используются углеводы, реже – жиры, еще реже – белки. При полном или частичном расщеплении этих веществ освобождается часть энергии,

аккумулированная в их химических связях. Эта освободившаяся энергия и обеспечивает ресинтез АТФ.

Образование энергии для обеспечения мышечной работы может осуществляться анаэробным (бескислородным) и аэробным (окислительным) путем.

1

Анаэробная алактатная (фосфатная) (АТФ, креатинфосфат)

2

Анаэробная лактатная (гликолитическая) (гликоген мышц и печени и глюкоза крови)

3

Аэробный гликолиз (гликоген мышц, печени и глюкоза крови)

4

Аэробное окисление жирных кислот (жирные кислоты)

5

ЧЕТЫРЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Всегда одновременно работают 4 энергетические системы:

✓ **Анаэробная алактатная (фосфатная)**, связанная с процессами ресинтеза АТФ преимущественно за счет энергии другого высокоэнергетического фосфатного соединения – креатинфосфата (КрФ).

✓ **Анаэробная лактатная (гликолитическая)**, обеспечивающая ресинтез АТФ и КрФ за счет реакций анаэробного расщепления гликогена или глюкозы до молочной кислоты (МК).

✓ **Аэробный гликолиз**, выполнение работы за счет расщепления гликогена и глюкозы.

✓ **Аэробное окисление жирных кислот**, выполнение работы за счет расщепления жиров при одновременном увеличении доставки и утилизации кислорода в работающих мышцах.

Каждый из перечисленных биоэнергетических компонентов физической работоспособности характеризуется критериями мощности, емкости и эффективности. Критерий мощности оценивает то максимальное количество энергии в единицу времени, которое может быть обеспечено каждой из метаболических систем. Критерий емкости оценивает доступные для использования общие запасы энергетических веществ в организме, или общее количество выполненной работы за счет данного компонента. Критерий эффективности показывает, какое количество внешней (механической) работы может быть выполнено на каждую единицу затрачиваемой энергии.

Анаэробная алактатная (фосфатная) система. Высокая скорость освобождения энергии, необходимой для синтеза АТФ, что позволяет выполнять чрезвычайно интенсивную работу. Ресинтез АТФ за счет креатинфосфата КрФ во время мышечной работы осуществляется почти мгновенно. Поэтому КрФ является самым первым энергетическим резервом мышц, используемым как немедленный источник регенерации АТФ. Эта система обладает наибольшей мощностью и играет основную роль в обеспечении кратковременной работы предельной мощности, осуществляемой с максимальными по силе и скорости сокращениями мышц. Данный источник энергии хватает на несколько секунд (8-10 секунд). Включается практически моментально и быстро выключается.

Анаэробная лактатная (гликолитическая) система. Начинается практически с самого начала работы, но достигает своей максимальной мощности лишь через 15-20 секунд работы предельной интенсивности, и эта мощность за счет запасов гликогена не может поддерживаться более 2-3 минут. При большой мощности и продолжительности гликолитической анаэробной работы в мышцах образуется значительное количество молочной кислоты (МК) (лактат). Если количество МК превышает возможности буферных систем крови, то это вызывает сдвиг кислотно-щелочного рН равновесия крови в кислую сторону. Значительное закисление приводит к уменьшению скорости и общему снижению мощности

работы. Продолжительность работы в анаэробном гликолитическом режиме лимитируется в основном не количеством (емкостью) ее энергетических субстратов, а уровнем концентрации МК в мышцах и крови. Во время выполнения мышечной работы, обеспечиваемой преимущественно анаэробной гликолитической системой, резкого истощения мышечного гликогена и глюкозы в крови и печени не происходит.

Аэробный гликолиз. Процесс образования АТФ с помощью расщепления глюкозы с участием кислорода. Аэробный гликолиз отличается наибольшей производительностью и экономичностью, и не сопровождается накоплением в организме промежуточных недоокисленных продуктов обмена. Вещества расщепляются до конечных продуктов – углекислого газа и воды. С помощью кислорода можно расщепить практически любые вещества, имеющиеся в организме. В качестве субстратов окисления при этом используются все основные питательные вещества: углеводы, жиры в виде аминокислот. Вклад белков в общий объем аэробной энергопродукции очень мал. А вот углеводы и жиры используются в качестве субстратов аэробного окисления до тех пор, пока они доступны мышцам.

Аэробное окисление жирных кислот. После истощения запасов гликогена на смену аэробному гликолизу приходит окисление жирных кислот. Недостатком аэробной системы является чрезвычайная длительность такого способа распада, поэтому он не может использоваться в начале работы или в случаях, когда деятельность достаточно интенсивна и требует высокой скорости освобождения энергии.

Понимать процессы энергообеспечения мышц очень важно. Именно по энергообеспечению различают виды мышечной работы и развитие физических качеств. Так за силовые качества отвечает больше анаэробная алактатная система, за силовую выносливость - анаэробный гликолиз. А за выносливость аэробный гликолиз и окисление жирных кислот.

Поэтому при силовой работе на 1 повтор работает в основном фосфатное энергообеспечение, и истощаются запасы собственного АТФ в мышце. На 2-6 повторов, если вложиться в 10 секунд, работает именно фосфатное энергообеспечение и частично анаэробная гликолитическая система. На 6-20 повторов большую часть энергии дает именно анаэробная гликолитическая система, так как фосфатное энергообеспечение отключиться примерно через 4-8 повторов.

Аэробный гликолиз практически не участвует в силовой работе, а только при тренировке выносливости, обычно он активно включается в энергообеспечение только после истощения анаэробного энергообеспечения, что примерно через 40-80 секунд, в зависимости от степени нагрузки.

А вот окисление жирных кислот включается только после практически полного истощения запасов гликогена, данный процесс наступает в зависимости от степени нагрузки и запасом гликогена.

Такая последовательность включения различных систем энергообеспечения актуально только, если нагрузка будет 100%. Если давать не максимальную нагрузку, в таком случае могут включаться не все двигательные единицы (не все части мышцы) одновременно, а только часть.

И в такой ситуации каждая система энергообеспечения может работать намного длительней, так как к работе будут подключаться «новые и свежие» двигательные единицы, когда старые, которые выполняли работу, уже «устали».

Восстановление АТФ

При очень интенсивной мышечной работе, резко начинающей выполняться из состояния покоя, АТФ восстанавливается с помощью креатинфосфата (КрФ). В этом случае схема получения АТФ выглядит следующим образом:

КрФ + АДФ -> Креатин (К) + АТФ.

В данной ситуации КрФ распадается на Креатин и Фосфат с высвобождением необходимой энергии, которая и задействуется при соединении образовавшегося фосфата (Ф) с аденодиндифосфатом (АДФ) для синтеза АТФ. Для большего понимания можно записать так:

КрФ + АДФ -> К + Ф + энергия + АДФ -> К + АТФ.

Такой процесс достаточно энергоэффективен, так как выход энергии в результате таких преобразований примерно соответствует энергии получаемой от расщепления АТФ. Но, КрФ в мышце содержится всего лишь в 3-4 раза больше, чем самих запасов АТФ, так что и его хватает лишь на 7-12 секунд предельно интенсивной работы, ну, или же на 15-30 секунд просто интенсивного сокращения мышц. Дальше организм просто вынужден переключаться на получение энергии из менее эффективного источника – гликогена.

Гликоген, содержащийся в мышце, в таких вот условиях будет расщепляться без участия кислорода на молочную кислоту (лактат) и будет выделяться энергия необходимая для синтеза АТФ. Упрощенно наша формула будет выглядеть так:

Гликоген -> Лактат + АТФ

Ну, а более подробно так:

Гликоген -> Лактат + энергия + Ф+АДФ ->Лактат + АТФ.

Такая система носит название – анаэробная гликолитическая система. Но, при таком способе расщеплении гликогена, за одно и тоже время энергии получается в несколько раз меньше, чем при расщеплении креатинфосфата. Вот поэтому и приходится снижать интенсивность выполняемой работы, ибо для более быстрых и мощных движений энергии просто не хватает.

Анаэробное расщепление гликогена начинается практически с самого начала работы, ведь наш организм не знает заранее, какая нагрузка его ждет, поэтому и старается активизировать все свои

энергетические системы практически одновременно, чтобы не допустить перерывов в работе. На свою максимальную мощность анаэробная гликолитическая система выходит примерно через 15-20 секунд работы предельной интенсивности, т.е. когда заканчиваются запасы креатинфосфатов.

Но действие и этой системы не может длиться долгое время, так что её хватает на 2-3 минуты очень интенсивной работы. И тут дело не в том, что запасы гликогена заканчиваются, нет, его остается еще достаточно много для продолжения работы.

Причина невозможности продолжать работу заданной интенсивности кроется в молочной кислоте (МК). При продолжительных интенсивных нагрузках количество образуемой МК превышает порог ее возможного усвоения и утилизации другими мышцами и буферными системами крови.

Избыток МК в конечном счете приводит к снижению скорости расщепления гликогена, что приводит к уменьшению количества синтезируемой АТФ и как следствие, к снижению работоспособности. В такой ситуации нам ничего не остается делать, как остановиться, чтобы «перевести дыхание» и дождаться вывода из работающих мышц излишков молочной кислоты, или же еще снизить интенсивность выполняемой работы, чтобы запустить следующую систему получения энергии – аэробную.

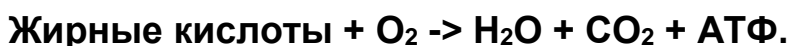
Гликоген для образования энергии может распадаться не только на молочную кислоту (лактат). В присутствии достаточного количества кислорода (O_2), гликоген может распадаться до углекислого газа (CO_2) и воды (H_2O), конечно же с высвобождением энергии. Но процесс этот не быстрый, и проходит он в два этапа: сначала гликоген расщепляется до МК, а потом происходит окисление МК.

На выходе получается углекислый газ, вода и большое количество энергии, причем даже большее, чем при анаэробном расщеплении гликогена, ведь в ход идет еще и молочная кислота, из которой тоже извлекается энергия.

Соответственно, наша формула будет выглядеть следующим образом:



Такая же реакция может происходить и с жирными кислотами, которые так же превращаются в воду и углекислый газ:



Запасов гликогена и жиров хватает на многие и многие часы мышечной работы, при таком способе получения энергии не образуется МК, которая влияет на утомляемость мышц, но зато имеются ограничения по количеству кислорода, так как его поступление зависит, в основном, от работы сердечно-сосудистой и дыхательной системы. Чем больше сердце и легкие могут поставить работающим мышцам кислорода – тем больше энергии можно произвести таким аэробным способом.

Причем для сгорания жирных кислот кислорода требуется еще больше, чем для расщепления гликогена – больше на 12%. Эффективность энергообеспечения за счёт жировых запасов зависит еще от скорости протекания липолиза (процесса расщепления жиров на составляющие их жирные кислоты) и от скорости кровотока в жировой ткани для обеспечения своевременной доставки этих жирных кислот к мышечным клеткам.

Аэробная система, как и другие системы получения энергии для синтеза АТФ запускается практически сразу же в момент начала физических нагрузок, но разгоняется очень медленно и постепенно, поэтому на свою максимальную мощность выходит после 2-3 минут интенсивной нагрузки.

Причем, как уже говорилось, вначале преобладает распад гликогена, и только потом, минут через 20-30 начинает преобладать распад жирных кислот. Их запасы можно увеличивать за счет тренировок, также, как и их эффективность за счет улучшения работы сердечно-сосудистой и дыхательной системы.

Можно «переучить» мышцы для работы под определенной системой. Какими тренировками – это уже другой вопрос.

Вывод:

✓ Всегда одновременно работают 4 энергетические системы:

1) Анаэробная алактатная (фосфатная) (АТФ, креатинфосфат)

2) Анаэробная лактатная (гликолитическая) (гликоген мышц и печени и глюкоза крови)

3) Аэробный гликолиз (гликоген мышц, печени и глюкоза крови)

4) Аэробное окисление жирных кислот (жирные кислоты)

✓ Для мышечного сокращения необходима энергия распада АТФ.

✓ Запасы АТФ в мышце должны пополняться, для чего необходима энергия распада других веществ.

✓ Существует два основных способа расщепления веществ: кислородный и бескислородный.

✓ С помощью кислорода можно расщепить углеводы, жиры или белки. Вещества расщепляются до углекислого газа и воды, и освобождается большое количество энергии, но этот процесс продолжается чрезвычайно долго.

✓ Без кислорода можно расщепить только креатинфосфат и гликоген (реже - глюкозу), при этом вещества расщепляются не полностью, и образуются недоокисленные продукты распада, однако процесс расщепления протекает быстро.

✓ За счет кислородного расщепления веществ энергией обеспечивается малоинтенсивная работа, но такая деятельность может продолжаться долго (до нескольких часов).

✓ За счет расщепления гликогена энергией обеспечивается интенсивная работа, которая может продолжаться от 20 секунд до 4-5 минут, а также начало любой деятельности.

✓ За счет расщепления креатинфосфата энергией обеспечивается максимально интенсивная работа, длительность которой не более 5-6 секунд. Этот же способ энергообеспечения используется в начале любой деятельности.

5. Физиологические процессы в двигательной системе во время мышечной работы

Мышечная деятельность - есть результат сокращения мышечных клеток. Природа дала этим клеткам такую способность - уменьшаться в размерах, преодолевая при этом внешнее сопротивление. Для этого в каждой мышечной клетке существуют специальные структуры, которые называются сократительными элементами. По химической природе сократительные элементы являются белками.

Процесс мышечного сокращения - довольно сложный механизм. Мышца не способна сокращаться без влияния нервного импульса. Поэтому первое, что происходит в мышце во время работы - она воспринимает нервный импульс, а потом отвечает на него сокращением.

Физиологические изменения в двигательной системе во время мышечной деятельности:	в мышечных клетках увеличивается скорость и интенсивность обмена веществ
	образование большого количества продуктов распада
	увеличивается кровоснабжение работающих мышц
	повышается температура работающих мышц
Изменения в скелете под влиянием длительной (многолетней) тренировки:	повышенное кровоснабжение мышц
	увеличивается плотность костей
	увеличивается прочность костей
	кости становятся толще
Изменения в мышечной системе под влиянием длительной (многолетней) тренировки:	увеличивается подвижность суставов
	количество мышечных клеток остается неизменным
	увеличивается количество сократительных элементов мышечной клетки
	в мышечной клетке увеличивается запас АТФ
	увеличивается активность ферментов
повышается физиологический тонус мышц	

Для сокращения мышцы нужна энергия, а она образуется в результате распада АТФ (аденозинтрифосфорной кислоты). На восстановление АТФ необходима энергия распада других веществ. Следовательно, во время мышечной работы увеличивается скорость и интенсивность обмена веществ в мышечных клетках (скорость и интенсивность распада и синтеза веществ).

Вывод.

Физиологические изменения в двигательной системе во время мышечной деятельности:

- ✓ в мышечных клетках увеличивается скорость и интенсивность обмена веществ, повышается потребление мышцей кислорода, возрастает скорость распада веществ, дающих энергию для мышечного сокращения;
- ✓ распад веществ сопровождается образованием большого количества продуктов распада;
- ✓ увеличивается кровоснабжение работающих мышц;
- ✓ повышается температура работающих мышц.

Изменения в скелете под влиянием длительной (многолетней) тренировки:

- ✓ повышенное кровоснабжение мышц улучшает питание рядом расположенных костей и их соединений;
- ✓ увеличивается плотность костей, а соответственно, их масса;
- ✓ увеличивается прочность костей - они становятся способными выдерживать большие нагрузки;
- ✓ кости становятся толще (если тренировки были силовой направленности);
- ✓ увеличивается подвижность суставов (особенно при тренировках на гибкость) и одновременно прочность связочного аппарата суставов.

Изменения в мышечной системе под влиянием длительной (многолетней) тренировки:

- ✓ количество мышечных клеток остается неизменным, но они увеличиваются в размерах (гипертрофируются);

- ✓ увеличивается количество сократительных элементов мышечной клетки, что приводит к повышению ее сократительной способности (мышцы становятся способны сокращаться с большей скоростью и силой);
- ✓ в мышечной клетке увеличивается запас АТФ и веществ, расщепление которых дает энергию для ее синтеза;
- ✓ увеличивается активность ферментов, без которых невозможен распад, синтез веществ и сам процесс мышечного сокращения;
- ✓ повышается физиологический тонус мышц - постоянное напряжение живой мышцы, вызванное регулирующими влияниями нервной системы (поэтому про спортсменов иногда говорят - «крепкий»).

6. Тренировочные нагрузки

Нагрузкой называется воздействие на организм, вызывающее ответную, адаптивную реакцию. Адаптивной она называется, потому что наращивается сила, увеличивается выносливость, растет гибкость и быстрота. Это и является результатом нагрузки.



Физическая нагрузка:

- ✓ Объем
- ✓ Интенсивность

У нагрузки есть два главных показателя: **объем, интенсивность**. Главным среди них является интенсивность, это – ключевой показатель из всех возможных. Объем важен, но он создается в результате складывания всех воздействий тренировочного процесса.

Наше поведение во время тренировки – это интенсивность тренировочной работы. Мы можем выполнять работу медленно и спокойно, а можем работать быстро, агрессивно, но не очень долго.

Обычно скорость выполнения (темп) и рабочий вес будут влиять на интенсивность тренировки. Можно бежать по ровному стадиону, а можно вверх в крутую гору. Разница в нагрузках будет ощущаться значительно.

Зоны интенсивности физических нагрузок

Каждый вид спорта характеризуется собственным физиологическим профилем и отличительной комбинацией требуемых биомоторных способностей. Мы рассмотрим, каким образом энергетические системы соотносятся с метаболическими тренировками и как в большинстве тренировок наряду с силовыми упражнениями можно использовать шесть зон интенсивности. Это позволит разобраться в том, как правильно применять характеристики, относящихся к определенным видам спорта, во время тренировок.

Всего существует шесть зон интенсивности, пять из которых – при длительной работе, и одна – отдельная зона при короткой силовой работе, другими словами – работа, при максимальных нагрузках. Это – алактатная зона, работающая на креатинфосфате.

Креатинфосфатная реакция возникает в результате очень короткого силового воздействия. Например, при жиме штанги на один подъем (максимально возможный вес) или приседания на одно повторение, становая тяга на одно повторение, а также беге на 100 метров.

Креатинфосфатные реакции – самые мощные из существующих. Это – самая максимальная зона. Но зоны, работающие при длительном воздействии наиболее интересны, потому что креатинфосфатная реакция сработала один раз, сделан максимум, но функциональный тренинг построен на работе во всех шести зонах. От их правильного выбора зависит результат тренировок.

Важно: не всегда работа проходит в тренировочной зоне максимальной нагрузки. Каждая из зон приносит что-то важное и нужное в тренировочный процесс и в них нужно проводить определенные периоды времени.

В итоге должно сформироваться представление о правильном построении плана, почему легкий темп бега на длинные дистанции сегодня завтра нужно заменить силовой работой, а после завтра

силовую, нужно изменить на среднюю интенсивную работу. Это понимание позволит быстрее и правильнее составить график тренировок для любого человека, занимающегося функциональными видами спорта.

Данные, приведенные в таблице 1, позволяют лучше понять отношение между продолжительностью нагрузки и участием энергетической системы в производстве энергии. Как следует из таблицы 1, переход от анаэробного производства энергии к аэробному происходит в том случае, когда продолжительность усилия превышает одну минуту.

Таблица 1

Участие энергетических систем при занятиях легкой атлетикой

Состязание	Продолжительность	АТФ-КФ	Лактатная	Аэробная	Жирная кислота
100 м	10 сек.	53%	44%	3%	-
200 м	20 сек.	26%	45%	29%	-
400 м	45 сек.	12%	50%	38%	-
800 м	1 мин. 45 сек.	6%	33%	61%	-
1500 м	3 мин. 40 сек.	-	20%	80%	-
5000 м	13 мин.	-	12,5%	87,5%	-
10000 м	27 мин	-	3%	97%	-
Марафон	2 ч. 10 мин.	-	-	80%	20%

Согласно табл. 1, при занятии многими видами спорта требуется энергия, вырабатываемая всеми энергетическими системами. Если при занятиях спортом происходит комбинированное использование

энергетических систем, физиология и тренировочный процесс становятся более сложными.

Спектр тренировки энергетических систем, а также физиологических и тренировочных характеристик их индивидуальных зон можно отобразить в виде шести зон интенсивности, которые показаны в таблице 2.

Данная таблица иллюстрирует тип тренировки для каждой зоны интенсивности, предлагаемую продолжительность подходов или упражнений, предлагаемое количество повторений, время отдыха, необходимое для достижения цели тренировки, концентрацию молочной кислоты после выполнения повторения и процент максимальной интенсивности, необходимой для стимуляции определенной энергетической системы.

При этом практическое использование шести зон интенсивности следует планировать в соответствии с возможностями спортсмена, переносимостью им нагрузок и спецификой определенного этапа тренировки.

Таблица 2

Характеристики тренировки энергетических систем и шести зон интенсивности

Зона интен.	Тип тренировки	Продол. повторен.	Кол-во повторений	Перерыв на отдых (соотнош. работы и отдыха)	МЕТОДИКА ТРЕНИРОВКИ		% от макс, интенсив.
					Подходы	Серия подходов	
1	Алактатная система	1-8 сек	6-12	1:50-1:100	V	V	95-100
2	Лактатная система (краткосрочная мощность)	3-10 сек	10-20	1:5-1:20	V	V	95-100
	Лактатная система (долгосрочная мощность)	10-20 сек	1-3	1:40-1:130	V		95-100
	Лактатная система (работоспособность)	20-60 сек	2-10	1:4-1:24	V	V	80-95

Зона интен.	Тип тренировки	Продол. повторения	Кол-во повторений	Перерыв на отдых (соотнош. работы и отдыха)	Концентрац. молочной кислоты (ммоль)	% макс. сердечного ритма	% макс. потреб. кислорода
3	Максимальное потребление кислорода	1-6 мин	8-25	1:1-1:4	6-12	98-100	95-100
4	Тренировка анаэробного порога	1-10 мин	3-40	1:0.3-1:1	4-6	85-95	80-90
5	Тренировка аэробного порога	10-120 мин	постоянное устойчивое состояние		2-3	75-80	60-70
6	Аэробная компенсация	5-30 мин	постоянное устойчивое состояние		2-3	55-75	45-60

Ниже приведен краткий анализ зон интенсивности, в котором рассматриваются некоторые особенности каждого типа тренировки энергетических систем. Методология использования зон интенсивности в процессе тренировки при занятиях любым видом спорта определяет эффективность и результат тренировки.

1 зона интенсивности (анаэробно-алактатная)

Тренировка *анаэробной алактатной системы* является тренировкой для повышения анаэробно-алактатных возможностей (быстроты, мощности, скоростных способностей). Применяются короткие мощные или быстрые упражнения продолжительностью 1-15 секунд с максимальной интенсивностью.

Для достижения данной цели необходимо спланировать интенсивность специфических упражнений на уровне 95 % максимальной работоспособности с достаточно продолжительным перерывом на отдых для полного восстановления источника энергии (креатинфосфата).

Показатели ЧСС в этой зоне интенсивности не информативны, так как за 15 секунд сердечно-сосудистая и дыхательная системы не могут выйти на свою даже околорекордную оперативную работоспособность.

Основная задача такой тренировки состоит в развитии ускорения, максимальной скорости, быстроты реакции, а также в быстром, но непродолжительном выполнении технических и тактических упражнений за счет энергии АТФ и креатинфосфата (КрФ) в мышцах.

Для полного восстановления уровня КрФ в мышцах спортсмену требуются продолжительные перерывы для отдыха. Если условие продолжительного отдыха не соблюдается КрФ восстанавливается не полностью. В результате основным источником энергии становится анаэробный гликолиз.

В такой ситуации значительно увеличивается выработка молочной кислоты, что заставляет спортсмена останавливать или замедлять действие (в худшем случае возникает риск получения травмы).

Тренировочная работа должна выполняться серийно-интервально: 2-4 серии, в каждой серии по 4-5 повторений. Отдых продолжительностью в 1 минуту на каждую 1 секунду максимального усилия между ускорением или скоростными повторениями, или отдыха между сериями продолжительностью 3-8 минут. В качестве одного из способов восстановления между сериями также может использоваться легкая растяжка или массаж мышц, подвергшихся воздействию нагрузки. Продолжительность тренировочной работы в одной зоне интенсивности – до 40-50 минут.

2 зона интенсивности (лактатная)

Тренировка *лактатной системы* повышает работоспособность спортсмена во время лактатной нагрузки, а также способность спортсмена выдерживать накопление молочной кислоты. Данная тренировка наиболее полезна для быстрых повторений продолжительностью от 15 до 90 секунд.

Наиболее высокий уровень образования молочной кислоты (МК) может происходить в результате выполнения высокоинтенсивных

повторений продолжительностью 40-50 секунд, при этом максимальная скорость накопления МК происходит во время предельного усилия в промежуток времени с 12 по 16 секунду.

Выработка энергии во время лактатной нагрузки улучшается за счет увеличения количества метаболических ферментов лактатной энергетической системы, а также адаптации нервной системы. В действительности, работоспособность при лактатной нагрузке (продолжительностью 10-20 секунд) имеет более существенные ограничения, оказывающие влияние на возможность нервной системы поддерживать передачу нервных импульсов к мышцам, в сравнении с метаболическими причинами.

С другой стороны, устойчивость в отношении МК повышается в результате непрерывного удаления МК из кровотока скелетной мускулатурой. Недавние исследования показали, что количество ферментов, переносящих МК, увеличивается пропорционально повышению интенсивности тренировки.

Способность удаления МК из кровотока и ее переноса к волокнам медленно сокращающихся мышц для использования энергии является адаптационной реакцией, которая задерживает наступление утомления и улучшает результативность при занятиях видами спорта, требующими устойчивости к воздействию молочной кислоты.

Результативность спортсмена повышается на более продолжительный период времени, если осуществляется тренировка нервной системы для поддержки передачи нервных импульсов на время лактатной нагрузки или если спортсмен может выдерживать боль, возникающую в результате ацидоза (высокая концентрация молочной кислоты в крови).

Таким образом, целью тренировки в зоне интенсивности 2 являются адаптация к нервному напряжению, вызванному продолжительной нагрузкой при максимальной интенсивности, устойчивость к воздействию кислотного эффекта, возникающего вследствие накопления молочной кислоты, уменьшение воздействия молочной

кислоты, повышение скорости удаления молочной кислоты из работающих мышц и увеличение физиологической и психологической устойчивости к боли во время тренировок и соревнований.

Тренировка для зоны интенсивности 2 включает следующие три разновидности:

1. Краткосрочная лактатная мощность: проводится серия *краткосрочных повторений* или упражнений с *максимальной или близкой к максимальной интенсивности* (продолжительностью от 3 до 10 секунд) с непродолжительными перерывами на отдых (от 15 секунд до 4 минут, в зависимости от продолжительности нагрузки, количества повторений и относительной интенсивности), после которых молочная кислота только частично выводится из системы.

Физиологические последствия данного типа тренировки выражаются в устойчивости спортсмена к повышенному уровню молочной кислоты при выработке повышенной анаэробной мощности в условиях максимального ацидоза.

Данный метод зачастую используется по мере приближения соревновательного сезона и начала работы систем спортсмена на максимальном уровне.

2. Долгосрочная лактатная мощность: проводится серия *долговременных повторений* с *максимальной или близкой к максимальной интенсивности* (продолжительностью 10-20 секунд), при которой лактатная энергетическая система работает на максимальном уровне производства энергии.

Данный метод является одним из наиболее высоких стресс-факторов для нервно-мышечной системы. Поэтому для повторения аналогичного качества работы спортсмен должен отдыхать в течение весьма продолжительного периода времени (12-30 минут, в зависимости от работоспособности спортсмена и количества повторений), что способствует полному удалению молочной

кислоты и восстановлению центральной нервной системы. При недостаточной продолжительности отдыха восстановление является неполным, и риск получения травмы возрастает.

3. Лактатная емкость: проводится серия *долговременных повторений* при *высокой интенсивности* (продолжительностью 20-60 секунд), в результате которой образуется большое количество молочной кислоты (свыше 12 миллимоль).

Для повторения аналогичного качества работы спортсмен должен отдыхать в течение периода времени средней продолжительности (4-8 минут, в зависимости от продолжительности нагрузки, количества повторений и относительной интенсивности), что способствует практически полному удалению молочной кислоты.

При недостаточной продолжительности отдыха восстановление является неполным, и наблюдается сильный ацидоз. В таких условиях спортсмен вынужден уменьшать скорость выполнения повторений или упражнений ниже необходимого уровня. Соответственно, спортсмен не достигает запланированного результата в ходе тренировки, то есть, он не способен выдерживать накопление молочной кислоты. Скорее всего, окажется, что спортсмен тренирует аэробную систему.

С психологической точки зрения цель тренировки лактатной устойчивости состоит в преодолении болевого порога спортсмена. Тем не менее данный тип тренировки не следует использовать чаще двух раз в неделю, поскольку при таких тренировках спортсмен испытывает критический уровень утомления. Чрезмерные тренировки могут привести к нежелательному травматизму, перенапряжению и перетренированности спортсмена.

3 зона интенсивности (максимальное потребление кислорода)

Результатом тренировки *способности максимального потребления кислорода* являются физиологические адаптации,

такие как увеличение объема плазмы крови, систолического объема сердца и сердечного выброса, капилляризация и, в конечном итоге, максимальное потребление кислорода (МПК).

Иными словами, данные адаптации вызывают повышение эффективности транспортировки и использования кислорода, что очень важно, поскольку во время тренировок и соревнований оказывается давление как на центральную нервную систему (включая сердце и легкие), так и на периферийную нервную систему (включая мышцы, капилляры и митохондрии).

Таким образом, улучшение транспортировки кислорода к мышечным клеткам (и в особенности повышение эффективности использования кислорода) является залогом улучшения результативности при занятиях теми видами спорта, в которых аэробная система является доминирующей или играет очень важную роль.

Для достижения указанных эффектов требуется продолжительность периода тренировки 1-6 минут при максимальном потреблении кислорода на уровне 90-100 процентов (более высокая интенсивность для более коротких повторений и меньшая интенсивность для более длительных повторений). Количество повторений, выполняемых за одну тренировку, зависит от определенной продолжительности соревнования: чем больше продолжительность, тем меньше количество повторений (продолжительных).

Таким образом, в течение определенной тренировочной сессии спортсмен может извлечь одинаковую пользу от выполнения, например, 6 повторений длительностью по 3 минуты каждое при 100 % МПК или 8 повторений длительностью по 5 минут каждое при 95 % МПК. Данная зона является очень популярной в видах спорта, где чередуются высокоинтенсивное движение и отдых между сменами (например, в хоккее).

Основные методы тренировки: непрерывный метод с равномерной и переменной интенсивностью и интервальный

метод. При выполнении работы интервальным методом, продолжительность отдельных упражнений составляет от 1-2 мин. до 6-8 мин. Интервалы отдыха регламентируются по ЧСС (в конце паузы отдыха ЧСС – 120 уд/мин.) или до 2-3 мин. Продолжительность работы в одном занятии до 1-1,5 часов.

4 зона интенсивности (тренировка анаэробного порога)

Тренировка *анаэробного порога* относится к интенсивности работы, при выполнении которой скорость распространения молочной кислоты в крови аналогична скорости ее удаления (от 4 до 6 миллимоль). Целью тренировки в данной зоне является увеличение интенсивности, при которой достигается показатель скорости в 4 миллимоль (т.е. увеличение анаэробного порога) для того, чтобы спортсмен мог поддерживать интенсивность работы без чрезмерного накопления молочной кислоты.

Во время данной тренировки используются более короткие повторения продолжительностью 1-6 минут при максимальном потреблении кислорода в диапазоне 85-90 %, при максимальном сердечном ритме в диапазоне 92-96 ; и несколько более продолжительными перерывами для отдыха между сериями (соотношение нагрузки и отдыха 1:0,5 и 1:1).

В результате стимулируется анаэробный обмен веществ без существенного повышения производства молочной кислоты. Данный эффект также может быть достигнут при более длительных повторениях, например, при выполнении 5-7 повторений продолжительностью 8-15 минут с МПК в диапазоне 80-85 %, максимальном сердечном ритме в диапазоне 87-92 % и при соотношении нагрузки и отдыха 1:0,3 и 1:0,5.

Зона интенсивности 4 зачастую используется в сочетании с зоной интенсивности 2 (в пределах микроцикла), когда спортсмен

тренирует тело для устойчивости к накоплению молочной кислоты при пороговой величине накопленного лактата.

Следует помнить, что при отсутствии нового физиологического барьера спортсмен не способен на сверхкомпенсацию или повышение физической результативности, превышающей предыдущий уровень адаптации.

5 зона интенсивности (тренировка аэробного порога)

Целью *тренировки аэробного порога* является увеличение аэробной работоспособности спортсмена, в которых подача кислорода является фактором, ограничивающим результативность. Данный тип тренировки повышает функциональную эффективность кардиореспираторной системы и обеспечивает четкую работу метаболической системы, а также формирует устойчивость спортсмена к продолжительному напряжению.

Целью тренировки аэробного порога является увеличение аэробной способности за счет большого объема работы, выполняемого без перерыва в равномерном темпе или в виде серии, длительных повторений (продолжительностью более 10 минут) в среднем и высоком темпе (при этом концентрация МК достигает 2-3 миллимоль, а ЧСС составляет 130-150 уд/мин). Подготовительный этап является идеальным временем для повышения аэробной способности спортсменов.

При выполнении тренировочных нагрузок в этой зоне интенсивности применяется *непрерывный* и *интервальный* методы. Продолжительность работы при выполнении тренировочной нагрузки непрерывным методом составляет до 2-3 часов и более. Для повышения уровня аэробных возможностей широко используется непрерывная работа с равномерной и переменной скоростью.

Непрерывная работа с *переменной интенсивностью* предполагает чередование малоинтенсивного отрезка (ЧСС 120-130 уд/ мин) и интенсивного отрезка (ЧСС 150-160 уд/мин).

Применяя *интервальный метод*, продолжительность отдельных упражнений может составлять от 1-2 мин. до 8-10 мин. Интенсивность отдельных упражнений можно определять по ЧСС (к концу выполняемого упражнения ЧСС должна быть 150-160 уд/мин).

Продолжительность интервалов отдыха также регламентируется по ЧСС (к концу паузы отдыха ЧСС должна быть 120-130 уд/мин). Применение интервального метода очень эффективно для увеличения способности к максимально быстрому развёртыванию функциональных возможностей систем кровообращения и дыхания.

Это объясняется тем, что методика проведения интервальной тренировки предполагает частую смену интенсивной работы с пассивным отдыхом. Поэтому на протяжении одного занятия многократно «включаются» и активизируются до околопредельных величин деятельность систем кровообращения и дыхания, что способствует укорочению процесса вработывания.

Непрерывный метод тренировки способствует совершенствованию функциональных возможностей кислородотранспортной системы, улучшению кровоснабжения мышц. Применение непрерывного метода обеспечивает развитие способности к длительному удержанию высоких величин потребления кислорода.

6 зона интенсивности (аэробная компенсация)

Тренировка *аэробной компенсации* (восстановление) способствует восстановлению спортсменов после соревнований и высокоинтенсивных тренировок. Если конкретной целью является удаление метаболитов из системы, а также восстановление скорости и регенерация, необходимо планировать тренировки с очень низкой интенсивностью (максимальное потребление кислорода (МПК) 45-60 %, ЧСС – 130-140 уд/мин).

Обеспечение энергией происходит за счет окисления жиров (50% и более), мышечного гликогена и глюкозы в крови. Работа обеспечивается полностью медленными мышечными волокнами (ММВ), которые обладают свойствами полной утилизации лактата, и поэтому он не накапливается в мышцах и крови.

Работа в этой зоне может выполняться от нескольких минут до нескольких часов. Она стимулирует восстановительные процессы, жировой обмен в организме и совершенствует аэробные способности (общую выносливость).

Способствовать восстановлению и регенерации после высокоинтенсивной тренировки на выносливость помогают активные методики восстановления, такие как езда на велосипеде или бег в течение 5-20 минут с 50 % максимальной нагрузкой. Активное восстановление повторно запускает работу иммунной системы по завершении напряженной тренировки, что, в свою очередь, обеспечивает ускоренное восстановление организма.

Таким образом, по окончании напряженной тренировки следует посвятить еще 15-20 минут работы для стимулирования восстановления. Если этого не сделать, процесс восстановления замедлится и возрастет риск перетренированности и травматизма. Во время наиболее сложных тренировочных недель зона интенсивности 6 может использоваться до трех раз в неделю, иногда в сочетании с другими зонами интенсивности (в данном случае - в конце тренировки).

Рассмотренные зоны интенсивности для тренировки энергетических систем применяются в развитии специальных физических возможностей, где эти энергетические системы используются в определенной пропорции.

Поэтому, спортсмену следует должным образом тренировать ту часть энергетических систем, которая является наиболее характерной для определенного вида спорта, при помощи особых технических и тактических упражнений, разработанных с

использованием знаний об интенсивности и продолжительности работы зон интенсивности.

Например, для тренировки анаэробной алактатной системы спортсменам не следует планировать лишь краткосрочные спринтерские забеги на максимальной скорости, ведь они также могут извлечь для себя несомненную пользу за счет использования краткосрочных, но очень быстрых технических и тактических упражнений. Чем ближе технические и тактические навыки к тем, что используются в данном конкретном виде спорта, тем лучше будет проходить адаптация.

Следует обратить особое внимание на тренировки в зоне интенсивности 5, которые традиционно включают в себя бег на длинные дистанции в медленном темпе. При использовании технических и тактических упражнений с пониженной интенсивностью, характеризующихся длительностью, количеством повторений и перерывами на отдых, как видно из таблицы 2, спортсмены показывают более высокие результаты, и их реакция на упражнения является более позитивной.

Тренировка в зоне интенсивности 6 (аэробная компенсация) обычно проводится после соревнования или тренировки, сопровождающейся очень высокой нагрузкой. Компенсационный положительный эффект достигается благодаря продолжительным техническим упражнениям низкой интенсивности, в особенности, если тренировка носит развлекательный характер и сопровождается психологической расслабленностью и использованием физиотерапевтических методик, таких как массаж и растяжка.

Учебные материалы (ВИДЕО)

Функциональная подготовка Видеолекции -
<https://cloud.mail.ru/public/rSjd/D8kYAvAmh>

АФГ. Веревка -
<https://cloud.mail.ru/public/d6w4/o5ngb7ogz>

АФГ. Палка -
<https://cloud.mail.ru/public/RKd1/G8LbukQA6>

Техника Волевого Напряжения (ТВН) -
<https://cloud.mail.ru/public/pNpQ/pMNVCKhb5>

Техника Силового Противодействия (ТСП) -
<https://cloud.mail.ru/public/XWYc/wCBbKfKH8>

Боевая гимнастика -
<https://cloud.mail.ru/public/NwpX/QvuQ8STgy>

Цели и мотивации -
<https://cloud.mail.ru/public/p8DN/zHHVwim8n>

Выносливость. Тренировка сердца -
<https://cloud.mail.ru/public/kg2j/pU4BHHLDF>

ФИЗО к походам -
<https://cloud.mail.ru/public/XUVa/HYQThecKF>

Учебное издание

Махов Станислав Юрьевич

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ ПОД
ВЛИЯНИЕМ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Учебно-методическое пособие

Подписано к изданию 21.02.2023 г.

Объем 4,1 печ.л.

Межрегиональная Академия безопасности и выживания

Россия, 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, д. 5-а

официальный сайт МАБИВ: www.mabiv.ru

e-mail: info@mabiv.ru

