

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКЕ
ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ
ФИЗИЧЕСКИХ
КАЧЕСТВ**

• 1. Сила мышц

- В различных мышцах тела соотношение между числом медленных и быстрых мышечных волокон неодинаково, поэтому и сила их сокращения, и степень укорочения переменны.
- Качество силы является одним из ведущих физических качеств спортсмена. Оно необходимо при выполнении многих спортивных упражнений, особенно в стандартных ациклических видах спорта (тяжелой атлетике, спортивной гимнастике, акробатике и др.).

СИЛА МЫШЦЫ И ЕЕ РАБОТА

- Сила мышцы - это способность за счет мышечных сокращений преодолеть внешнее сопротивление. При ее оценке различают абсолютную и относительную мышечную силу.
- Абсолютная сила – это отношение мышечной силы к физиологическому поперечнику мышцы.
- Физиологический поперечник мышцы – это суммарная площадь поперечного сечения всех мышечных волокон данной мышцы. Зависит от числа мышечных волокон в мышце и их расположения, поэтому он наибольший у мышц с перистым строением;
- Измеряется в Ньютонах или килограммах силы на 1 см^2 (Н или $\text{кг} \cdot \text{см}^{-2}$).
- В спортивной практике силу мышцы измеряют **динамометром** без учета ее поперечника.

- Абсолютная мышечная сила необходима в собственно-силовых упражнениях, где максимальное изометрическое напряжение обеспечивает преодоление большого внешнего сопротивления - при подъемах штанги максимального или околомаксимального веса, при выполнении в гимнастике стойки на кистях, переднего и заднего равновесия на кольцах и упора руки в сторону ("крест") и др.

- Относительная сила – это отношение мышечной силы к ее анатомическому поперечнику.
- Анатомический поперечник – суммарное поперечное сечение мышечных волокон в месте сечения, соответствует толщине мышцы в целом.
- В спортивной практике для ее оценки используют более простой показатель: **отношение мышечной силы к весу тела спортсмена, т. е. в расчете на 1 кг.**
- Относительная мышечная сила определяет успешность перемещения собственного тела (например, в прыжках).

- Термины «абсолютная» и «относительная» сила мышцы нередко путаются, поэтому необходимо пользоваться другими:
- «общая сила мышцы» - максимальное напряжение выраженное в кг, которое она может развить.
- «удельная сила мышцы» - отношение этого напряжения в кг к физиологическому поперечному сечению мышцы ($\text{кг}/\text{см}^2$).

- Максимальная произвольная сила (МПС) (сила при выполнении произвольного спортивного упражнения) меньше Максимальной силы (МС) (определяется в лаборатории).
- Силовой дефицит = $МС - МПС$
- Чем меньше силовой дефицит, тем большую силу способен развивать спортсмен при выполнении произвольных упражнений.
- Для развития МПС выполняют упражнения с сопротивлением = 75-95%

- В зависимости от режима мышечного сокращения различают:
- 1) статическую (изометрическую) силу, проявляемую при статических усилиях,
- 2) динамическую силу - при динамической работе, в том числе так называемую **«взрывную силу»**.

- Взрывная сила определяется скоростно-силовыми возможностями человека, которые необходимы для придания максимально возможного ускорения собственному телу или спортивному снаряду (например, при стартовом разгоне). Она лежит в основе таких важных для спортсмена качеств как прыгучесть (при прыжках) или резкость (в метаниях, ударах).
- При проявлении взрывной силы важна не столько величина силы, сколько ее нарастание во времени, т. е. градиент силы.
- Чем быстрее нарастает сила до ее максимального значения, тем выше результативность выполнения прыжков, метаний, бросков, ударов.
- Скоростно-силовые возможности человека в большей мере зависят от наследственности, чем абсолютная изометрическая сила.

- Физиологические механизмы и факторы, определяющие развитие силы.

- 1) внутримышечные факторы,
- К внутримышечным факторам развития силы относят биохимические, морфологические и функциональные особенности мышечных волокон. (Состав (композиция) мышечных волокон, соотношение медленных и быстрых мышечных волокон в мышце).
- Увеличение размера за счет миофибриллярной гипертрофии мышцы - т.е. увеличение мышечной массы, которая развивается при силовой тренировке в результате адаптационно-трофических влияний и характеризуется ростом толщины и более плотной упаковкой сократительных элементов мышечного волокна - миофибрилл. (При этом окружность плеча может достигать 80 см, а бедра - 95 см и более).
- 2) особенности нервной регуляции,
- 3) психофизиологические механизмы.

Нервная регуляция обеспечивает развитие силы за счет совершенствования деятельности отдельных двигательных единиц (ДЕ) мышцы, взаимодействия ДЕ мышцы (внутримышечная координация) и межмышечной координации.

Нервная регуляция проявляется:

- *в увеличении частоты нервных импульсов*, поступающих в скелетные мышцы от мотонейронов спинного мозга и обеспечивает переход от зубчатого тетануса к мощным сокращениям гладкого тетануса;
- *в активации многих ДЕ*: при увеличении числа вовлеченных в двигательный акт ДЕ повышается сила сокращения мышцы;

- В синхронизации активности ДЕ - одновременное сокращение большего числа активных ДЕ резко увеличивает силу тяги мышцы;
- В регуляции межмышечной координации - сила мышцы зависит от деятельности других мышечных групп: сила мышцы растет при одновременном расслаблении ее антагониста; уменьшается при одновременном сокращении других мышц и увеличивается при фиксации туловища или отдельных суставов мышцами-антагонистами.

Психофизиологические механизмы увеличения мышечной силы связаны с изменениями функционального состояния (бодрости, сонливости, утомления), влияниями мотиваций и эмоций, усиливающих симпатические и гормональные воздействия со стороны гипофиза, надпочечников и половых желез, биоритмов.

• Другие факторы влияющие на проявление силы МЫШЦ

- 1. Мужские половые гормоны (андрогены), которые обеспечивают рост синтеза сократительных белков в скелетных мышцах, Этим объясняется больший тренировочный эффект развития силы у спортсменов по сравнению со спортсменками, даже при абсолютно одинаковых тренировочных нагрузках.
- 2. Увеличение площади контакта мышечного волокна и окончания нейрона (изменения в концевой пластинке – изменение порога возбудимости и скорости передачи возбуждения с нейрона на мышцу, увеличение количества медиатора, что обеспечивает более длительное время поддержания необходимой частоты нервных импульсов для вовлечения мышечного волокна в работу)



- 3. Умеренное растяжение мышцы также ведет к увеличению ее сократительного эффекта. Однако при чрезмерном растяжении сила сокращения уменьшается. По мере приближения к натуральной длине покоя, при которой все головки миозиновых нитей способны контактировать с актиновыми нитями, сила мышечного сокращения вырастает до максимума. Однако при дальнейшем уменьшении длины мышечных волокон из-за перекрытия нитей актина и миозина сила сокращения мышцы снова уменьшается вследствие уменьшения возможной зоны контакта нитей актина и миозина. Подсчитано, что одиночное мышечное волокно способно развить напряжение 100-200 мг.
- 4. Функциональное состояние мышцы. При утомлении мышцы величина ее сокращения снижается.

РАБОТА МЫШЦЫ

- Работа мышцы измеряется произведением поднятого груза на величину ее укорочения. Зависимость мышечной работы от нагрузки подчиняется закону средних нагрузок.
- Если мышца сокращается без нагрузки, ее внешняя работа равна нулю. По мере увеличения груза работа увеличивается, достигая максимума при средних нагрузках. Затем она постепенно уменьшается с увеличением нагрузки. Работа становится равной нулю при очень большом грузе, который мышца при своем сокращении не способна поднять

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РАЗВИТИЕ СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ КАЧЕСТВ

- Максимальная мощность (иногда называемая "взрывной" мощностью) является результатом оптимального сочетания силы и скорости. Мощность проявляется во многих спортивных упражнениях: в метаниях, прыжках, спринтерском беге, борьбе. Чем большую мощность развивает спортсмен, тем большую скорость он может сообщить снаряду или собственному телу, так как финальная скорость снаряда (тела) определяется силой и скоростью приложенного воздействия.

Мощность работы (N) – оптимальное сочетание силы и скорости.

Мощность может быть увеличена за счет увеличения силы или скорости сокращения мышц или обоих компонентов. Обычно наибольший прирост мощности достигается за счет увеличения мышечной силы. Мышечная сила, измеряемая в условиях динамического режима работы мышц (концентрического или эксцентрического сокращения), обозначается как динамическая сила (P). Она определяется по ускорению (a), сообщаемому массе (m).

- $P = a \times m$

При измерении динамической силы испытуемый выполняет движение, которое требует сложной межмышечной и внутримышечной координации. Поэтому показатели динамической силы значительно различаются у разных людей и при повторных измерениях у одного и того же человека, причем больше, чем показатели изометрической (статической) силы.

- Для развития скоростно-силовых качеств используются упражнения преодолевающего характера, выполняемые в динамическом режиме.
- Динамические упражнения преодолевающего характера способствуют развитию «взрывной силы».
- Градиент силы – показатель взрывной силы.
- Градиент силы = $\frac{МС}{t}$ (максимальная сила)
- t (время достижения МС)

- Физиологические факторы влияющие на проявление и развития скоростно-силовых качеств:

- начальная скорость импульсации мотонейронов (частота импульсации)

- морфофункциональные особенности строения мышцы (соотношение быстрых и медленных двигательных единиц);

- время возбуждения двигательных единиц (время прохождения возбуждения через нервно-мышечные синапсы и возникновение потенциала действия).

- Скорость сокращения мышцы является одним из компонентов, которые определяют проявление скоростно-силовых качеств. Скорость зависит от:
 - латентного периода двигательной реакции
 - скорости одиночного движения
 - частоты движений в единицу времени
- Показатели взрывной силы мало зависят от максимальной произвольной изометрической силы. Следовательно, физиологические механизмы, ответственные за взрывную силу, отличаются от механизмов, определяющих статическую силу.

Среди координационных факторов важную роль в проявлении взрывной силы играет характер импульсации мотонейронов активных мышц: частота и синхронизация импульсации разных мотонейронов.

Чем выше начальная частота импульсации мотонейронов, тем быстрее нарастает мышечная сила.

- Механизмы повышения скоростного компонента мощности:
- 1. увеличение скоростных сократительных свойств мышц,
- 2. улучшение координации работы мышц.
- Скоростные сократительные свойства мышц в значительной мере зависят от соотношения быстрых и медленных мышечных волокон.
- Внутри- и межмышечная координация также способствует увеличению скорости движения (мощности), так как при координированной работе мышц их усилия кооперируются, преодолевая внешнее сопротивление с большей скоростью. В частности, при хорошей межмышечной координации сократительное усилие одной мышцы (или группы мышц) лучше соответствует пику скорости, создаваемой предыдущим усилием другой мышцы (или группы мышц). Соответственно следующее усилие становится более эффективным. Скорость и степень расслабления мышц-антагонистов может быть важным фактором, влияющим на скорость движения.

- Механизм энергообеспечения скоростно-силовых упражнений и, соответственно, скоростно-силовых качеств, зависит от процессов анаэробного образования АТФ (фосфогенный или креатинфосфокиназный и гликолитический процессы).
- Скоростно-силовые качества совершенствуются наряду с совершенствованием адаптационных процессов организма спортсмена к выполнению нагрузок скоростно-силовой направленности. При этом наблюдается:
 - снижение чувствительности хеморецепторов мышц, сосудов и чувствительности нервных центров к закислению среды, т.е. снижению рН, что наблюдается при выполнении физических нагрузок в анаэробном режиме
 - увеличиваются запасы КрФ и АТФ в мышцах
 - иногда наблюдается и повышение активности ферментов, участвующих в процессах энергообразования.
- Для развития скоростно-силовых качеств, в спортивной тренировке часто используют интервальные упражнения, выполняемые в анаэробном режиме с высокой скоростью, что повышает функциональные возможности спортсмена.

- Скоростно-силовые качества спортсмена предопределяются:
- 1. Генетическими (наследственными) факторами, которые обуславливают такие показатели:
 - длина саркомера в миофибриллах
 - содержание быстрых и медленных волокон в мышцах
 - обуславливают характер метаболизма быстрых (анаэробных) и медленных (аэробных) волокон. Определяют активность ферментов в этих группах волокон
- 2. Средовыми факторами – физическая нагрузка (ее качество, направленность, длительность и частота)
- 3. Биохимическими факторами:
 - Содержание сократительных белков актина и миозина
 - АТФ-азная активность миозина (определяет скорость расщипления АТФ)
 - Концентрация ионов кальция, магния, натрия, калия в мышечной ткани
 - Способность к быстрому высвобождению и связыванию (особенно ионы Ca^{2+})

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВ И ИХ УТРАТА БЕЗ ТРЕНИРОВКИ

- Следует отметить, что максимальное развитие функциональных и биохимических основ двигательных качеств происходит не одновременно: раньше всего максимума достигают основы выносливости к длительной работе, затем сила, в последнюю очередь – быстрота. При прекращении тренировок все постепенно возвращается к исходному уровню в обратном порядке: в первую очередь снижается быстрота, способность к скоростной работе максимальной и субмаксимальной мощности, позднее сила, в последнюю очередь – выносливость к длительной работе в условиях устойчивого состояния.

3. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫНОСЛИВОСТИ

- Выносливость – это способность сохранять длительное время работоспособность и противостоять утомлению при выполнении глобальной работы преимущественно аэробного характера. Различают общую и специальную выносливость. В каждом виде спорта проявляется выносливость, адекватная специфике мышечной деятельности. Выносливость определяют по общим характеристикам мышечной деятельности. Различают:
 - - динамическую;
 - -статическую;
 - -силовую;
 - -выносливость к анаэробной работе;
 - -выносливость к аэробной работе,

- Общая выносливость характеризует способность длительно выполнять любую циклическую работу умеренной мощности с участием больших мышечных групп.
- Специальная выносливость проявляется в различных конкретных видах двигательной деятельности.
- Физиологической основой общей выносливости является высокий уровень **аэробных возможностей человека**, которые обеспечивают способность выполнять работу за счет энергии окислительных реакций.
- Тренировка выносливости повышает аэробные возможности (МПК) и развивает способность выполнять большие длительные аэробные нагрузки без значительного увеличения содержания молочной кислоты в крови.

- Аэробная выносливость показывает зависимость между мощностью потребления кислорода, скоростью потребления кислорода и длительностью выполнения работы, т.е. характеризует аэробные возможности.
- Показателем аэробной производительности является МПК – максимальное потребление кислорода.
- **Абсолютные показатели МПК (л O₂/мин)** находятся в прямой связи с размерами (весом) тела.
- Уровень МПК определяется возможностями кислород-транспортной системы и системой утилизации кислорода. Чем выше МПК, тем больше аэробная работоспособность (выносливость), т. е. тем больший объем работы аэробного характера способен выполнить человек.
- **Относительные показатели МПК (мл O₂/кг * мин)** у высококвалифицированных спортсменов находятся в обратной зависимости от веса тела. Наибольшие относительные показатели МПК обнаруживаются у бегунов на длинные дистанции и лыжников, наименьшие - у гребцов. В таких видах спорта, как легкоатлетический бег, спортивная ходьба, лыжные гонки, максимальные аэробные возможности спортсмена правильнее оценивать по относительному МПК

- Уровень МПК зависит от максимальных возможностей двух функциональных систем:
- 1) кислородтранспортной системы, абсорбирующей кислород из окружающего воздуха и транспортирующей его к работающим мышцам и другим активным органам и тканям тела;
- 2) системы утилизации кислорода, т. е. мышечной системы, экстрагирующей и утилизирующей доставляемый кровью кислород.
- Кислородтранспортная система включает систему внешнего дыхания, систему крови и сердечно-сосудистую систему. Функциональные свойства каждой из этих систем в конечном счете определяют кислородтранспортные возможности организма спортсмена.

- Изменения в системе дыхания, обеспечивающие развитие общей выносливости и аэробных возможностей спортсмена.

- Повышение эффективности дыхания достигается:
- - за счет увеличения (на 10-20 %) легочных объемов и емкостей (ЖЕЛ достигает 6-8 л и более),
- - нарастанием глубины дыхания (до 50-55% ЖЕЛ),
- - увеличением диффузионной способности легких, что обусловлено увеличением альвеолярной поверхности и объема крови в легких, протекающей через расширяющуюся сеть капилляров,
- - увеличением мощности и выносливости дыхательных мышц, что приводит к росту объема вдыхаемого воздуха по отношению к функциональной остаточной емкости легких (остаточному объему и резервному объему выдоха).
- за счет увеличения (подвижности) экскурсии грудной клетки;
- -за счет снижения сопротивляемости току воздуха в воздухоносных путях.

- Повышение эффективности легочной вентиляции - главный результат тренировки на выносливость в отношении функций внешнего дыхания. Об этом можно судить по вентиляционному эквиваленту O_2 , т.е. по объему легочной вентиляции на литр потребленного O_2 (V_E/V_{O_2} .)
- Повышение диффузионной способности легких у спортсменов связано отчасти с увеличением легочных объемов, что обеспечивает большую альвеолярно-капиллярную поверхность, но главным образом – с увеличением объема крови в легочных капиллярах за счет расширения альвеолярно-капиллярной сети и повышения центрального объема крови.

- Высокая диффузионная способность легких обеспечивает ускоренный переход кислорода из альвеол в кровь легочных капилляров и быстрое насыщение ее кислородом при нагрузках очень большой мощности. Все эти изменения способствуют повышению экономичности функций дыхания:
- Повышается мощность работы, которую спортсмен выполняет за счет аэробных источников энергии, что позволяет дольше не переходить к использованию анаэробных источников, т. е. повышает вентиляционный порог анаэробного обмена (ПАНО).

- Изменения в сердечно-сосудистой системе, обеспечивающие развитие общей выносливости и аэробных возможностей спортсмена и отражающие адаптацию к длительной работе:

- - увеличение объемов полостей сердца ("большое спортивное сердце" особенно характерно для спортсменов-стайеров)
- - утолщение сердечной стенки (особенно левого желудочка) - спортивная гипертрофия миокарда,
- - рост сердечного выброса (МОК – минутного объема крови) и увеличение ударного объема крови (СОК – систолического объема крови).
- - снижение частоты сердечных сокращений в покое (до 40-50 уд./мин и менее) - спортивная брадикардия в результате усиления парасимпатических (ваготония) влияний в восстановительный период, что облегчает восстановление сердечной мышцы, считается функциональным проявлением экономичности работы сердца.

- Систолический объем увеличивается постепенно в результате продолжительной интенсивной тренировки выносливости и является следствием двух основных изменений в сердце:
- 1) увеличения объема (дилатации) полостей сердца
- 2) повышения сократительной способности миокарда.
- Благодаря увеличению объема желудочка растет его конечно-диастолический объем, т. е. максимальное количество крови, которое может вмещать желудочек;
- - повышается функциональная остаточная емкость, т. е. количество крови, остающееся в желудочке после окончания систолы;
- -увеличивается и резервный объем крови в желудочке, т. е. разность между функциональной остаточной емкостью и остаточным объемом крови.

- Резервный объем крови служит мерой функционального резерва сердца: чем этот резерв больше, тем больше крови может быть выброшено из сердца при каждом его сокращении во время мышечной работы.
- Максимальные показатели работы сердца регистрируются при выполнении максимальной аэробной нагрузки (на уровне МПК). Большое МПК может быть только у спортсменов с большим максимальным сердечным выбросом, который может быть вдвое больше, чем у неспортсменов. Так, у выдающихся шведских лыжников при беге на тредбане на уровне МПК сердечный выброс в среднем составил 38 л/мин, а у одного из них, с наибольшим МПК в 6,24 л/мин (81,1 мл/кг-мин), - 42,3 л/мин.

- Максимальная ЧСС у высококвалифицированных спортсменов обычно равняется 185-195 уд/мин, что на 10-15 уд/мин ниже, чем у неспортсменов. К снижению максимальной ЧСС может вести само увеличение объема сердца. Максимальный сердечный выброс у спортсменов повышается исключительно за счет увеличения систолического объема. Увеличение систолического объема - это главный функциональный результат тренировки выносливости для сердечно-сосудистой системы и для всей кислородтранспортной системы в целом. У нетренированных молодых мужчин максимальный систолический объем не превышает обычно 120-130 мл, тогда как у лучших представителей видов спорта, требующих проявления выносливости, он достигает 190-210 мл. Большой систолический объем при относительно сниженной ЧСС главным образом определяет и увеличенный кислородный пульс, т. е. количество потребляемого кислорода, приходящееся на каждое сокращение сердца.

- **Изменения в системе крови, обеспечивающие развитие общей выносливости**

- Многие показатели крови могут существенно влиять на аэробную выносливость. Прежде всего, от объема крови и содержания в ней гемоглобина зависят кислородтранспортные возможности организма.
- - увеличение объема циркулирующей крови (ОЦК) (в среднем на 20%) за счет, главным образом, увеличения объема плазмы, обеспечивает приспособление к длительной работе за счет:
 - 1) снижения вязкости крови и облегчения кровотока
 - 2) большего венозного возврата крови, который стимулирует более сильные сокращения сердца (Эффект Франка-Старлинга),
 - 3) позволяет направлять большое количество крови в кожную сеть и увеличивает возможности организма для теплоотдачи во время длительной работы.

- 4) резерв для дополнительной потери воды во время работы (гемоконцентрации) без значительного повышения гематокрита крови. Это облегчает работу сердца при "прокачивании" больших количеств крови с высокой скоростью во время нагрузки большой аэробной мощности.
- 3) обеспечивает большее разведение продуктов тканевого обмена, поступающих в кровь во время работы (например, молочной кислоты), и тем самым снижает их концентрацию в крови.
- увеличение общего количества эритроцитов и гемоглобина (следует заметить, что при росте объема плазмы показатели их относительной концентрации в крови снижаются).

- - **уменьшение содержания лактата (молочной кислоты) в крови при работе:**
- 1. за счет преобладания в мышцах выносливых людей медленных волокон, использующих лактат как источник энергии,
- 2. за счет увеличения емкости буферных систем крови. При этом лактатный порог анаэробного обмена (ПАНО) так же нарастает, как и вентиляционный ПАНО.
- Несмотря на указанные адаптивные перестройки функций, в организме стайера происходят значительные нарушения постоянства внутренней среды (перегревание и переохлаждение, падение содержания глюкозы в крови и т. п.). Способность спортсмена переносить весьма длительные нагрузки обеспечивается его способностью "терпеть" такие изменения.

Один из важнейших механизмов повышения выносливости у спортсменов, специализирующихся в упражнениях относительно большой продолжительности это возможность утилизировать лактат и «отодвигать» его накопление в мышцах и крови. Для характеристики этой возможности используется измерение **порога анаэробного обмена (ПАНО)**

ПАНО - мощность наименьшей нагрузки, при которой или впервые достигается концентрация лактата в артериальной крови 4 ммоль/л (ЛАП4), или начиная с которой при дальнейшем повышении нагрузки концентрация лактата в артериальной крови быстро нарастает.

- Анаэробный порог служит показателем аэробных возможностей организма: чем больше последние, тем выше этот порог. Между МПК и спортивным результатом на длинных дистанциях, с одной стороны, и анаэробным порогом, с другой, имеется прямая зависимость.
- Анаэробный порог неодинаков у представителей разных специализаций: наиболее высокий он у спортсменов, тренирующих выносливость. У высококвалифицированных выносливых спортсменов он достигается лишь при нагрузках с потреблением O_2 более 70-80% от МПК, а у нетренированных людей - уже при нагрузках с потреблением O_2 , равном 45-60% от МПК. Выдающиеся марафонцы пробегают дистанцию со скоростью потребления кислорода, соответствующей 80-85% от их индивидуального МПК, на уровне ниже анаэробного порога (концентрация лактата в крови менее 4 ммоль/л).

- В скелетных мышцах у спортсменов, специализирующихся в работе на выносливость, преобладают медленные мышечные волокна (до 70 %).
- 1. у выносливых спортсменов повышен аэробный потенциал скелетных мышц, благодаря чему мышцы у них продуцируют меньше молочной кислоты, чем у нетренированных людей, так как в большей степени используется аэробный путь энергообразования.
- 2. у спортсменов происходит более быстрое вращивание кислородтранспортной системы.
- 3, у спортсменов, тренирующих выносливость, обнаруживается усиленная утилизация образующейся в мышцах молочной кислоты. Этому способствует повышенный аэробный потенциал всех мышечных волокон и особенно высокий процент медленных мышечных волокон, а также увеличенная масса сердца.
- Рабочая гипертрофия протекает по саркоплазматическому типу т. е. за счет роста объема саркоплазмы. В ней накапливаются запасы гликогена, липидов, миоглобина, становится богаче капиллярная сеть, увеличивается число и размеры митохондрий. Мышечные волокна при длительной работе включаются поочередно, восстанавливая свои ресурсы в моменты отдыха.

- В центральной нервной системе работа на выносливость сопровождается формированием стабильных рабочих доминант, которые обладают высокой помехоустойчивостью, отдаляя развитие запредельного торможения в условиях монотонной работы. Особой способностью к длительным циклическим нагрузкам обладают спортсмены с **сильной уравновешенной нервной системой** и невысоким уровнем подвижности - флегматики.

- Краткий итог:
- Главными эффектами тренировки на выносливость
- В системе внешнего дыхания являются: увеличение легочных объемов и емкостей, повышение мощности и эффективности дыхания, повышение диффузной способности легких.
- В крови: повышение общего объема циркулирующей крови (ОЦК), увеличение венозного возврата, высокий систолический объем крови, стимулируется кроветворение.
- В сердце: увеличение сердечного объема; увеличение массы сердца (гипертрофия миокарда);
- Тренировка на выносливость повышает МПК и развивает способность переносить большие нагрузки без увеличения лактата. В качестве такого показателя определяют ПАНО — порог анаэробного обмена. Порог анаэробного обмена показывает минимальную нагрузку, при которой в крови достигается концентрация лактата 4 ммоль/литр.

- Характеристика специальных видов выносливости

- Специальные формы выносливости характеризуются разными адаптивными перестройками организма в зависимости от специфики физической нагрузки.
- Специальная выносливость в циклических видах спорта зависит от длины дистанции, которая определяет соотношение аэробного и анаэробного энергообеспечения.
- Специальная выносливость к статической работе базируется на высокой способности нервных центров и работающих мышц поддерживать непрерывную активность (без интервалов отдыха) в анаэробных условиях. Торможение вегетативных функций со стороны мощной моторной доминанты по мере адаптации спортсмена к такой нагрузке постепенно снижается, что облегчает дыхание и кровообращение.

- **Силовая выносливость** зависит от переносимости нервной системой и двигательным аппаратом многократных повторений натуживания, вызывающего прекращение кровотока в нагруженных мышцах и кислородное голодание мозга. Повышение резервов мышечного гликогена и кислородных запасов в миоглобине облегчает работу мышц. Однако почти полное и одновременное вовлечение в работу всех ДЕ лишает мышцы резервных ДЕ, что лимитирует длительность поддержания усилий.
- **Скоростная выносливость** определяется устойчивостью нервных центров к высокому темпу активности. Она зависит от скорости восстановления АТФ в анаэробных условиях за счет креатинфосфата и реакций гликолиза. Зависит от скорости расщепления АТФ мышцами (АТФ-азная активность миозина)

- Выносливость в ситуационных видах спорта обусловлена устойчивостью центральной нервной системы и сенсорных систем к работе переменной мощности - "рваному" режиму, вероятностным перестройкам ситуации, многоальтернативному выбору, сохранению координации при постоянном раздражении вестибулярного аппарата.
- **Выносливость к вращениям и ускорениям требует хорошей устойчивости вестибулярной сенсорной системы.** После многократных вращений у этих спортсменов совершенно незначительно так называемое время поиска стабильной позы. Активные вращения при выполнении специальных упражнений в большей мере способствуют повышению вестибулярной устойчивости.

- Выносливость к гипоксии, характерна, для альпинистов, дайверов связана с понижением тканевой чувствительности и нервных центров, сердечной и скелетных мышц к недостатку кислорода. Это свойство в значительной мере является врожденным.

- Гибкость

Гибкость определяется, как способность совершать движения в суставах с большой амплитудой, т. е. суставная подвижность.

Она зависит от способности к управлению двигательным аппаратом и его морфофункциональных особенностей (вязкости мышц, эластичности связочного аппарата, состояния межпозвоночных дисков).

Гибкость улучшается при разогревании мышц и ухудшается на холоде. Она снижается в сонном состоянии и при утомлении. Величина гибкости минимальна утром и достигает максимума к середине дня (12 -17 час). Улучшение гибкости происходит, когда во время предстартового возбуждения повышается частота сердечных сокращений, нарастает кровоток через мышцы и в результате разминки происходит их разогревание.

- Различают активную гибкость при произвольных движениях в суставах и пассивную гибкость - при растяжении мышц внешней силой.
- Пассивная гибкость обычно превышает активную. У женщин связочно-мышечный аппарат обладает большей гибкостью по сравнению с мужчинами, им легче осваивать многие сложные упражнения на гибкость (например, поперечный шпагат). У лиц зрелого и пожилого возраста раньше всего снижается гибкость позвоночника, но гибкость пальцев и кисти сохраняется дольше всего.

Гибкость определяется подвижностью в суставах и зависит от:

- эластичности мышц и связочного аппарата
- анатомо-морфологических особенностей формы суставов и сочленений, которыми в основном определяется возможная амплитуда движений
- Активная гибкость характеризуется выполнением упражнений с большой амплитудой и силовым напряжением мышц.
- Чрезмерное развитие гибкости отрицательно сказывается на силовых характеристиках мышц и связочного аппарата.
- Для развития гибкости в спортивной практике используют упражнения на растяжение, с максимальной амплитудой, с отягощением, что способствует повышению эластичности и прочности связочного аппарата.

• Ловкость и координационные способности

- Ловкость – это комплексное качество, характеризующееся способностью к выполнению сложнокоординационных упражнений при значительном дефиците времени.
- Выполнение сложно-координационной деятельности представляет собой сложный комплекс способностей, к которым относят и ловкость как физическое качество.
- координация обуславливает:
 - - способность быстро усваивать и воспроизводить новые двигательные акты и двигательные навыки;
 - - быстро переключаться с одного движения на другое
- Таким образом, под ловкостью, с одной стороны, понимают определенные творческие способности человека незамедлительно формировать двигательное поведение в новых, необычных условиях, а с другой стороны, его координационные возможности.

- Критериями ловкости выполняемого движения являются:
- координационная сложность,
- точность движений
- быстрота движений.
- В основе этих способностей лежит способность к **экстраполяции**, хорошая ориентация в вероятностной среде, предвидение возможной будущей ситуации, быстрая реакция на движущийся объект, высокий уровень лабильности и подвижности нервных процессов, умение легко управлять различными мышцами.
- В процессе тренировки для развития ловкости требуется варьирование различных условий выполнения одно и того же двигательного действия, использование дополнительной срочной информации о результате движений, формирование навыка быстрого принятия решений в условиях дефицита времени.

- Физиологические механизмы и процессы обуславливающие ловкость:
- аналитико-синтетическая деятельность ЦНС
- подвижность (динамичность) нервных процессов
- соотношение процессов торможения и возбуждения в ЦНС
- синхронностью функций моторной системы, кинестетической, вестибулярной, зрительной и других сенсорных систем.
- Для совершенствования ловкости в спортивной практике применяются спортивные игры, целесообразно расширять диапазон движений, используемых во время разминки. Для совершенствования пространственно-временных и силовых характеристик движений целесообразно применять упражнения с заданными параметрами.