

Н.В. Мамылина

**ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ
РАБОТОСПОСОБНОСТИ**
(учебное пособие)

Челябинск
2023

УДК 612.7 (021)
ББК 28.98я73
М22

Рецензенты:

С.А. Сергеева, кандидат биологических наук, доцент кафедры биохимии им. Р.И. Лифшица ФГБОУ ВО Южно-Уральского государственного медицинского университета;

Е.К. Батовская, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры математических и естественнонаучных дисциплин Южно-Уральского государственного аграрного университета

Мамылина, Наталья Владимировна

М22 Физиология и биохимия физической работоспособности : учебное пособие для высших и средних специальных учебных заведений / Н. В. Мамылина ; Челябинск : издательство ЗАО «Библиотека А. Миллера», 2023. – 120 с. : ил.
ISBN 978-5-93162-737-3

В учебном пособии рассмотрены некоторые биохимические и физиологические аспекты физической работоспособности человека. Уделяется внимание теоретическим основам утомления после физической нагрузки и биохимическим закономерностям восстановления. Дано общее представление о механизмах адаптационных процессов в организме при реализации физических нагрузок: срочной (экстренной) и долговременной (хронической) адаптации и их тренировочном эффекте. Приведены биологические принципы спортивной тренировки, а также специфичность, возрастные особенности, методы развития физической работоспособности и биохимические способы её повышения. Дан теоретический и методический анализы физиологических и биохимических основ питания при мышечной деятельности, приведена характеристика отдельных классов фармакологических веществ. Акцентируется внимание на характеристике гормонов, их биологическом действии и роли в мышечной деятельности. Рассмотрены некоторые вопросы биохимии крови и биохимического контроля в спорте. Изложенный материал будет полезен студентам высших учебных заведений, интересующихся преподаванием физической культуры, безопасности жизнедеятельности, физиологии, тренерам.

УДК 612.7 (021)
ББК 28.98я73

ISBN 978-5-93162-737-3

© Мамылина Н.В., 2023

Оглавление

<i>Пояснительная записка</i>	4
Глава 1. Физиологические и биохимические основы физической работоспособности	7
1.1 Физиологические и биохимические основы утомления	7
1.2 Биохимические закономерности восстановления после мышечной деятельности	24
1.3 Биологические принципы спортивной тренировки	35
1.4 Биохимические основы работоспособности	39
Глава 2. Физиология и биохимия питания при мышечной деятельности	52
2.1 Биохимическая характеристика отдельных классов фармакологических средств	52
2.2 Особенности питания при мышечной деятельности	55
2.3 Роль гормонов в мышечной деятельности	75
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	118
<i>Список литературы</i>	119

Пояснительная записка

Одной из важных задач физической культуры и спорта в школьный период жизни детей является формирование фундамента для всестороннего физического воспитания, укрепления здоровья, развития многообразных двигательных умений и навыков. Всё это способствует появлению объективных предпосылок для гармоничного формирования личности. Учитывая тенденции к снижению популярности уроков физической культуры в общеобразовательных школах в последние десятилетия, актуальным вопросом остается поиск нетрадиционных средств и методов построения и проведения занятий. При организации занятий по физической культуре и спорту необходимо иметь четкое представление о функционировании организма человека в различные возрастные периоды при выполнении физических нагрузок различной мощности и интенсивности. Организм человека – это исторически сложившаяся целостная морфофункциональная динамическая система, находящаяся в единстве с окружающей средой, состоящая из клеток и межклеточного вещества (внеклеточного), которые образуют ткани, органы, системы органов, функционирующие под влиянием нервной системы и гуморальных факторов. Знание биохимических и физиологических основ физической работоспособности, особенностей строения и функционирования человеческого организма полезно любому человеку, особенно это касается учителя физической культуры или тренера, так как дозирование физической нагрузки, планирование учебно-тренировочного процесса в спортивной школе или урока физической культуры в общеобразовательной школе должно осуществляться с научно-методической, здоровьесберегающей точек зрения, с учётом морфологических, физиологических, генетических, биохимических, психофизиологических, гигиени-

ческих особенностей организма воспитанников. В условиях современной жизни, насыщенной многочисленными эмоциональными перегрузками, стрессами, высокотехнологичными процессами необходим качественно иной подход к проблеме здоровья граждан. Учитель физической культуры или тренер должны владеть знаниями о механизмах адаптации организма человека к факторам внешней и внутренней среды, в том числе к мышечной деятельности, чтобы создавать условия для приспособления организма детей и подростков к условиям физической нагрузки. Для этого необходимо знать характеристики окружающей среды; изучить индивидуальные качества и особенности организма воспитанников; разумно соотнести возможности их организма с требованиями и воздействиями окружающей среды; научить занимающихся вести здоровый образ жизни, регулярно выполнять необходимые физические нагрузки и закаливание организма, беречь свое здоровье всеми доступными средствами. Состояние нормального, здорового организма характеризуют постоянство внутренней среды (гомеостаз) и устойчивость основных физиологических функций. У спортсменов, особенно высококвалифицированных, границы гомеостаза в состоянии покоя, при тренировках и соревнованиях устанавливаются на ином, значительно более широком уровне, чем у лиц, не занимающихся систематически физической культурой и спортом. Выход же за пределы гомеостатических взаимоотношений, даже при тяжелых стрессовых ситуациях в условиях ответственных соревнований, происходит у спортсменов значительно реже, чем у нетренированных.

Структура учебного пособия предполагает подразделение на две главы, в каждой из которых резюмируются основные идеи и формулируются вопросы для самопроверки. В первой главе рассмотрены физиологические и биохимические основы физической работоспособности организма человека. Вторая глава посвящена физиологии и биохимии питания при мышеч-

ной деятельности, роли гормонов, вопросам биохимического контроля в спорте. Пособие станет важным дополнением в качестве источника для самостоятельной подготовки студентов к занятиям по физиологии физкультурно-спортивной деятельности, биохимии мышечной деятельности в физической тренировке, а также при осуществлении научно-исследовательской работы.

Глава 1. Физиологические и биохимические основы физической работоспособности

1.1 Физиологические и биохимические основы утомления

Биохимические изменения в организме при работе обусловлены соотношением различных энергетических процессов, участие которых определяется режимом работы мышц, их количеством, мощностью и продолжительностью работы. При выполнении чрезмерно интенсивной или продолжительной работы происходит временное снижение работоспособности, т.е. развивается утомление. Это защитная реакция, предохраняющая организм от чрезмерных, опасных для здоровья изменений. При выполнении упражнений высокой интенсивности наиболее значительные биохимические изменения происходят в центральной нервной системе, нарушаются процессы синтеза АТФ в нервных клетках и формирование двигательных импульсов.

С увеличением продолжительности работы более значительными становятся изменения в работающих мышцах, где снижается активность ферментов, содержание энергетических субстратов, накапливаются промежуточные и конечные продукты обмена, увеличивается распад структурных белков. Затем возрастают изменения в крови, потеря и перераспределение в организме воды и минеральных веществ, нарушается нормальная регуляция метаболических процессов и физических функций.

Утомление – это временное снижение работоспособности, возникающее при выполнении чрезмерно интенсивной

или продолжительной работы. Состояние утомления сопровождается нарушением двигательных и вегетативных функций, отказом от работы или значительным снижением её мощности. Понятие утомление характеризует общее ощущение усталости.

С биологической точки зрения утомление может рассматриваться как целесообразная реакция, направленная против истощения функционального потенциала организма, предохраняющая от опасных для здоровья нагрузок.

Различают скрытое (преодолеваемое) утомление, при котором сохраняется высокая работоспособность за счет волевого усилия. Экономичность двигательной деятельности при этом падает, работа выполняется с большими энергетическим затратам, приводящими к развитию некомпенсируемого утомления, снижению работоспособности, вплоть до отказа от работы [6-9].

Функциональные и биохимические изменения в организме при утомлении следующие:

1. развитие охранительного торможения в ЦНС;
2. нарушение сократительного механизма в мышечных волокнах;
3. изменение активности желез внутренней секреции;
4. изменение функционального состояния вегетативного обеспечения мышечной деятельности – дыхательной и сердечно – сосудистой систем;
5. уменьшение энергетических субстратов;
6. снижение активности ферментов;
7. накопление промежуточных метаболитов и нарушения гомеостаза.

В центральной нервной системе при утомлении может нарушаться баланс между процессами возбуждения и торможения. Например, в головном мозге формируется охранительное торможение, которое сопровождается снижением концентрации АТФ в нервных клетках и накоплением ГАМК (гамма-

аминомасляной кислоты). Процессы охранительного торможения распространяются на двигательные центры, нарушая выработку двигательных импульсов и передачу их к работающим мышцам, что способствует снижению физической работоспособности и играет защитную роль.

Охранительное торможение, усталость могут быть снижены за счет эмоций. Высокий эмоциональный подъем помогает организму преодолеть порог охранительного торможения, что случилось со знаменитым марафонским бегуном, когда все ограничения охранительного торможения были сняты, а изменения в организме, несовместимые с жизнью уже произошли. Наоборот, выполнение монотонной, однообразной работы повышает вероятность развития охранительного торможения.

Химические вещества, вводимые в организм, могут усиливать или наоборот уменьшать развитие запредельного торможения. Для повышения работоспособности издавна пользуются кофеином. Это природное соединение действует очень мягко и повышение работоспособности происходит в пределах физиологических возможностей организма. Подобным образом действуют женьшень, элеутерококк, китайский лимонник, пантокрин, названные природными **адаптогенами**. Есть и фармакологические препараты, позволяющие сохранить высокую работоспособность [2; 6; 9].

Противоположное действие оказывают седативные препараты, в частности, производные брома. При их использовании запредельное торможение и чувство усталости возникает раньше, что приводит к ограничению работоспособности. Развитие тормозных процессов в ЦНС зависит от возраста. У пожилых людей чувство усталости развивается быстрее. Выполнение физической работы сопровождается существенными перестройками гормональных процессов, управляющих двигательной деятельностью. При развитии утомления фаза высокой

гормональной активности сменяется фазой угнетения, характерной для продолжительного воздействия стрессоров. В частности, двигательная и интенсивная физическая нагрузка может вызвать истощение гипофизарно-надпочечниковой системы. В фазе угнетения работоспособности снижается выработка гормонов. При этом большое значение имеют задержка воды и ионов натрия в клетках мышц из-за нарушения функции Na^+ - K^+ -насоса, потеря способности поддерживать высокий уровень артериального давления, ухудшение функционального состояния сердечной мышцы. Снижается активность ключевых ферментов энергообеспечения мышц, в том числе АТФ-азы миофибрилл, которая обеспечивает расщепление АТФ, при уменьшает мощность выполняемой работы.

Угнетение гипофизарно-надпочечниковой и симпатoadреналовой системы при утомлении представляет собой целенаправленную реакцию, необходимую для предотвращения избыточного истощения ресурсов организма. Развитие утомления сопровождается истощением энергетических субстратов организма, быстрее всего снижается содержание в мышцах креатинфосфата, который может быть почти полностью использован при интенсивной работе. Скорость истощения запасов гликогена мышц зависит от интенсивности физической нагрузки, например, во время спринтерского бега мышечный гликоген расходуется в сорок раз быстрее, чем при ходьбе. При нагрузках, требующих проявления выносливости, происходят постепенное истощение гликогена печени, который расщепляясь обеспечивает поступление глюкозы в кровь и использование ее мышцами. Исчерпание энергетических запасов приводит к снижению выработки АТФ и мощности выполняемой работы.

Печень принимает участие в развитии утомления. В печени во время мышечной работы протекают такие важные процессы, как образование глюкозы, β -окисление жирных кислот,

кетогенез, глюконеогенез, которые направлены на обеспечение мышц важнейшими источниками энергии: глюкозой и кетонowymi телами. Кроме того, в печени во время мышечной работы осуществляется обезвреживание аммиака путем синтеза мочевины. Поэтому уменьшение функциональной активности печени приводит к снижению работоспособности, то есть развитию утомления. В связи с такой важной ролью печени в обеспечении мышечной деятельности в спортивной практике широкое применение находят вещества, улучшающие обменные процессы печени – **гепатопротекторы** [2; 7; 8].

При продолжительной физической работе возможно снижение функции надпочечников. В результате уменьшается выделение в кровь гормонов адреналина и коры надпочечников. Это вызывает снижение работоспособности мышц. Исчерпание энергетических резервов является одной из причин утомления. В спортивной литературе часто используются термины «энергетические резервы» и «доступные источники энергии». Под этим понимается та часть углеводов, жиров и аминокислот, которая может служить источником энергии при выполнении мышечной работы. Такими источниками можно считать мышечный креатинфосфат, который может быть почти полностью использован при интенсивной работе; значительную часть мышечного и печеночного гликогена; часть запасов жира, находящегося в жировых депо, а также аминокислоты, которые начинают окисляться при очень продолжительных нагрузках. Энергетическим резервом можно также считать способность организма поддерживать в крови во время выполнения физической работы необходимый уровень глюкозы. Исчерпание энергетических субстратов, несомненно, ведет к снижению выработки в организме АТФ и уменьшению баланса АТФ/ АДФ.

Снижение этого показателя в нервной системе приводит к нарушениям формирования передачи нервных импульсов, в

том числе, управляющих скелетной мускулатурой. Такое нарушение в функционировании нервной системы и является основной причиной развития охранительного торможения, рассмотренного выше. Уменьшение скорости синтеза АТФ в клетках скелетных мышц и миокарда нарушает сократительную функцию миофибрилл, следствием чего является снижение мощности выполняемой работы. Для поддержания энергетических ресурсов в организме при выполнении продолжительной работы (например, лыжные гонки, марафонский бег, шоссейные велогонки) на дистанции организуется питание, что позволяет спортсменам длительно сохранять работоспособность.

Характерным признаком утомления является накопление молочной кислоты и других продуктов обмена. Молочная кислота при интенсивной работе в больших количествах накапливается в мышцах. Избыток концентрации ионов водорода связывается буферными системами, в результате изнурительной работы величина рН в мышцах понижается до 6,6-6,4 (7,1 в состоянии покоя). Следует отметить, что накопление лактата и повышение кислотности в мышечных волокнах отрицательно влияют на работоспособность мышц. При этом уменьшается каталитическая активность белков-ферментов, в том числе АТФ-азная активность миозина, активность кальциевой АТФ-азы, что снижает сократительные способности белков мышц. Внутриклеточной рН ниже 6,9 тормозит активность фосфофруктокиназы – важного гликолитического фермента, что приводит к замедлению гликолиза и образованию АТФ. При рН 6,4 прекращается дальнейшее расщепление гликогена, вызывая резкое снижение уровня АТФ и приводя к утомлению. Кроме того, ионы водорода могут вытеснять ионы кальция из мышечных волокон, затрудняя процесс образования спаек между актином и миозином, снижая силу мышечных сокращений. Считается, что низкий уровень рН является главным фактором,

лимитирующим мышечную деятельность, способствуя утомлению при интенсивных физических нагрузках [6-9].

При утомлении возможны структурные нарушения в работающих мышцах, причинами которых могут быть не только механические повреждения мышечной ткани, но и чрезмерное усиление процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ).

Известно, что незначительная часть кислорода, поступающего из воздуха в организм, превращается в активные формы, называемые *свободными радикалами*. Свободные радикалы кислорода, обладая высокой химической активностью, вызывают окисление белков, жиров и нуклеиновых кислот. Чаще всего окислению подвергается липидный слой биологических мембран, такое окисление называют **перекисным окислением мембран (ПОЛ)**.

В физиологических условиях свободнорадикальное окисление протекает с низкой скоростью, так как ему противостоит защитная **антиоксидантная система** организма, предупреждающая накопление свободных радикалов кислорода и ограничивающая тем самым скорость вызываемых ими реакций окисления. Физические нагрузки, свойственные современному спорту, приводят к значительному росту ПОЛ, причем как практически любая физическая работа, протекающая в условиях повышенного потребления кислорода.

В ациклических видах спорта (спортивные игры, единоборства) характер мышечной деятельности многократно меняется. Такие изменения сопровождаются несоответствием между продолжающимся повышенным поступлением кислорода и снижением его потребления митохондриями миоцитов. Подобное несоответствие вызывает относительную **гипероксию** в мышечной ткани, что, несомненно, приводит к еще большему образованию свободных радикалов и дальнейшему нарастанию их повреждающего действия на биомембраны. К повышению скорости свободнорадикального окисления приводит также

повышение кислотности – **ацидоз** – возникающее у спортсменов вследствие накопления в мышечных клетках лактата. Не менее большой вклад в эти процессы вносит **стресс** – постоянный спутник современного спорта. Стрессовые гормоны оказывают огромное влияние на развитие в организме свободно-радикального окисления [6-9].

Таким образом, чрезмерную активацию ПОЛ при физических нагрузках могут вызывать многие факторы – гипероксия мышечной ткани, высокий уровень стрессорных гормонов (катехоламинов и др.), накопление лактата. Повреждения внутриклеточных структур мышечного волокна (миофибрилл, митохондрий, саркоплазматического ретикулума, сарколеммы) снижают сократительные способности мышц. Повреждение саркоплазматического ретикулума приводит к нарушению проведения нервного импульса по мышечному волокну, негативно влияет на активность ферментов, встроенных в мембраны, например, активность кальциевого насоса. Нарушение целостности мышечной оболочки (сарколеммы) приводит к выходу ферментов и других биологически активных веществ. При повреждении митохондриальных мембран наблюдается разобщение процессов окисления и фосфорилирования, снижается эффективность аэробного окислительного процесса, в результате может происходить вторичное усиление гликолиза. В некоторых случаях при утомлении развиваются существенные изменения во внутренней среде организма [6].

Таким образом, активизация ПОЛ сокращает работоспособность спортсмена. Свободнорадикальное окисление – это один из важнейших механизмов развития утомления при спортивной деятельности. Изменения в мышечном волокне (сдвиг рН в кислую сторону, нарушение целостности сарколеммы) приводят к увеличению в крови содержания лактата и к снижению рН крови (к развитию ацидоза). Кроме того, происходит выход в кровь белков, в том числе белков- ферментов,

продуктов белкового обмена (аммиака, мочевины) и ионов калия, кальция. Истощение гликогена печени обуславливает развитие гипогликемии, повышению мобилизации жиров, следствием чего является увеличение в крови свободных жирных кислот и кетоновых тел.

При увеличении интенсивности физической нагрузки повышается интенсивность обмена и образование тепла, что, в свою очередь, усиливает потоотделение. Усиленное потоотделение во время работы приводит к потере воды, вызывая дегидратацию. При нагрузках, требующих проявления выносливости, даже минимальные изменения содержания воды в организме могут отрицательно повлиять на работоспособность организма. Потери жидкости приводят к снижению объема плазмы, это в свою очередь, вызывает снижение давления крови и уменьшение кровоснабжения мышц и кожи. Вследствие ограничения кожного кровотока нарушается процесс теплоотдачи, повышается температура тела и частота сердечных сокращений. Например, бегуны на длительные дистанции (10000 м и более) замедляют темп бега на 2% при потере массы тела на 1% вследствие обезвоживания. Во время продолжительной физической деятельности кроме потерь воды из организма с потом выводятся многие питательные вещества, особенно минеральные. Изменения во внутренней среде организма могут вызвать нарушение в деятельности ЦНС и сердечно-сосудистой системы [6-9].

Таким образом, утомление является следствием несоответствия между уровнем физической нагрузки и имеющимися функциональными возможностями организма человека. Рассмотрим биохимические причины утомления в зависимости от характера выполняемой работы.

При работе в **зоне максимальной мощности** основными факторами, влияющими на работоспособность, являются процессы торможения в центральной нервной системе, нарушение

передачи в нервно-мышечных синапсах, снижение содержания креатинфосфата в работающих мышцах и увеличение концентрации АДФ.

Утомление при работе в **зоне субмаксимальной мощности** в значительной степени зависит от процессов, происходящих в нервной системе, истощения креатинфосфата в работающих мышцах, увеличения креатина, АДФ и неорганического фосфата. Кроме того, существенную роль в развитии утомления играет снижение содержания гликогена в быстро сокращающихся мышечных волокнах, накопление лактата, снижение рН в мышцах и развитие ацидоза, изменения белкового обмена.

При работе в **зоне большой мощности** причиной утомления является истощение гликогена мышц, развитие гипогликемии и гипертермии; накопление лактата и развитие ацидоза меньше влияют на утомление.

Работа в **зоне умеренной мощности** сопровождается истощением запасов гликогена, развитием гипогликемии, вызывая нарушение питания мозга. При этом происходит повреждение мышц и митохондрий, разобщение процессов окисления и фосфорилирования, развитие гипертермии. В крови увеличивается концентрации продуктов распада белков и жиров (мочевины, кетоновых тел).

Существенное влияние на работоспособность организма оказывает дегидратация, нарушение электролитного баланса и терморегуляции. Следствием таких изменений во внутренней среде организма может быть истощение резервов кардиореспираторной системы [6-9].

При занятиях конкретным видом спорта необходимо выявить ведущие факторы, способствующие развитию утомления, чтобы использовать специальные методы повышения работоспособности и избежать перенапряжения функциональных систем организма спортсмена. Рассмотрим некоторые биохимические

мические процессы в период восстановления после физической нагрузки.

Важным и необходимым звеном в системе подготовки спортсмена является период восстановления после физической нагрузки, формируя основы адаптации к мышечной работе, развития скоростно-силовых качеств и выносливости. Во время периода восстановления процессы катаболизма сменяются анаболическими, приводящими к восстановлению разрушенных клеточных структур, восстановлению биохимических и физиологических сдвигов. Некоторое время после окончания работы потребление кислорода остается повышенным по сравнению с уровнем покоя. Этот излишек потребления кислорода получил название «**кислородный долг**». Уровень потребления кислорода регулируется продуктами распада АТФ (АДФ, АМФ), креатином, накопившимися в мышцах. Процесс образования АТФ во время отдыха после физической работы идет путем окислительного фосфорилирования, при этом субстратами окисления являются накопившиеся во время работы анаэробные метаболиты (молочная кислота, глюкоза), а на поздних стадиях восстановления – жирные кислоты. Кислородный долг при работе различной интенсивности может быть вызван разными факторами. Так, при кратковременной интенсивной работе в образовании кислородного долга решающую роль играет участие в энергообеспечении алактатного механизма, т.е. использование в качестве источника энергии АТФ и КрФ. При работе в зоне субмаксимальной и большой мощности образование кислородного долга связано с участием в энергообеспечении гликолитического процесса и с расходом гликогена [6-9]. В кислородном долге различают два компонента (фракции) - **быстрый и медленный**.

Быстрый компонент кислородного долга – **алактатный** – характеризуется повышенным (сверх уровня покоя) потреблением кислорода в ближайшие 3 – 5 минут после окончания

работы. Этот избыток кислорода требуется для обеспечения высокой скорости тканевого дыхания сразу же после нагрузки, а также для восстановления запасов кислорода в мышечном волокне (оксимиоглобина). В результате высокой активности процессов тканевого дыхания в мышцах создается избыток АТФ, который используется для образования креатинфосфата из креатина. Величина алактатного кислородного долга характеризует вклад креатинфосфатного пути ресинтеза АТФ в энергообеспечение нагрузки. Величина этой фракции кислородного долга обычно составляет 4,0- 4,5 л, у квалифицированных спортсменов после нагрузок максимальной мощности может достигать 8-10 л.

Медленный компонент кислородного долга (**лактатный**) – характеризуется повышенным потреблением кислорода в ближайшие 1,5-2 часа после окончания работы. Это количество кислорода необходимо для окисления молочной кислоты, образовавшейся при работе. Наибольшие величины лактатного кислородного долга определяются после работы в зоне субмаксимальной мощности. У квалифицированных спортсменов величина лактатного кислородного долга может достигать 20 л. Определение величины быстрой и медленной фракций кислородного долга позволяет оценить участие различных анаэробных механизмов в энергообеспечении работы. Рассмотрим биохимическую характеристику процессов восстановления [6-9].

В процессе работы в мышцах и других тканях снижается содержание энергетических субстратов (КрФ, гликогена мышц и печени), при длительной работе – липидов, а также происходит распад белков. Одновременно повышается содержание продуктов внутриклеточного метаболизма (АДФ, АМФ, неорганического фосфата, молочной кислоты, кетоновых тел и т.п.). Накопление этих метаболитов и усиленная гормональная активность стимулируют окислительные процессы в тканях в

период отдыха после работы, что способствует восстановлению внутримышечных запасов энергетических веществ и электролитного баланса организма, обеспечивает усиление процессов синтеза белков в органах. Ускорению процессов синтеза в период отдыха после работы способствует повышенная концентрация гормонов анаболического действия (инсулин, тестостерон) и индукция синтеза белков-ферментов. Стимуляция процессов синтеза в период восстановления создает предпосылки для формирования устойчивой адаптации к мышечным нагрузкам.

Согласно правилу Энгельгардта, скорость протекания восстановительных процессов зависит от интенсивности расходования субстратов во время работы: чем больше расход энергии при работе, тем быстрее происходят процессы синтеза во время отдыха. Следует указать, что при чрезмерно утомительной нагрузке скорость восстановления (ресинтеза) может замедляться.

В период отдыха происходит не только восстановление (компенсация) субстратов, затраченных при работе, но и их суперкомпенсация, в результате их содержание превышает уровень, который был до работы. Это явление получило название **суперкомпенсации** или **сверхвосстановления**. Состояние суперкомпенсации держится некоторое время, а затем уровень энергетических веществ постепенно возвращается к норме. Величина суперкомпенсации и её длительность зависит от продолжительности работы и глубины биохимических сдвигов. После мощной кратковременной работы фаза суперкомпенсации наступает быстро и быстро завершается. При выполнении длительных упражнений сверхвосстановление наступает позже и продолжается более длительное время [6-9].

Процессы расходования и восстановления энергетических субстратов можно рассматривать как единый процесс, включающий следующие фазы: истощения, восстановления, супер-

компенсации и упроченного состояния (возвращения к исходному уровню) (рис. 1).

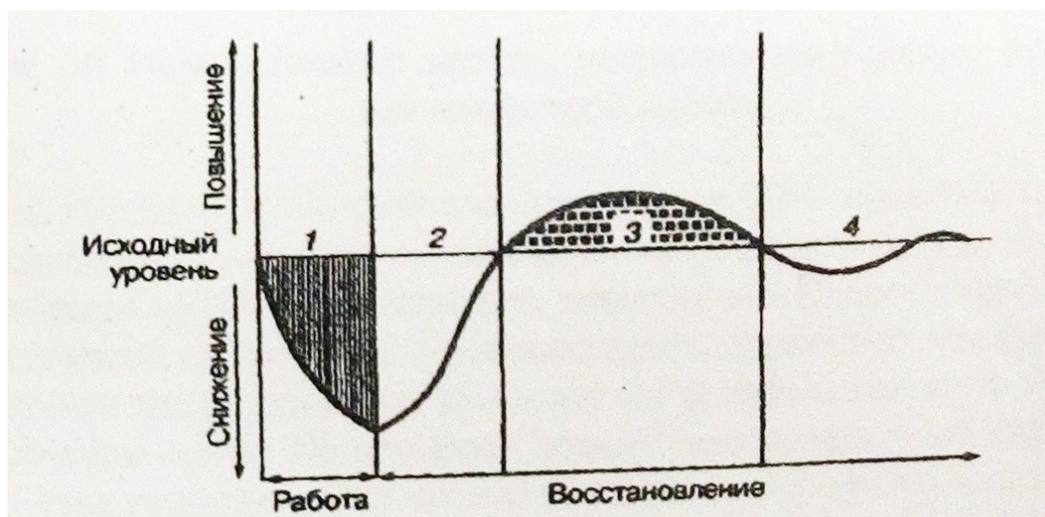


Рисунок 1 – Биохимические изменения энергетических ресурсов в период отдыха после истощающей работы: 1 – фаза истощения; 2 – фаза восстановления; 3 – фаза сверхвосстановления; 4 – фаза упроченного состояния.

Особенностью процессов восстановления после мышечной работы является их гетерохронность: процессы восстановления и суперкомпенсации различных энергетических систем протекают с различной скоростью и завершаются в разное время. Быстрее всего восстанавливаются резервы кислорода и креатинфосфата в работавших мышцах, затем запасы гликогена мышц и печени и в последнюю очередь – резервы липидов и разрушенные при работе белки.

Рассмотрим последовательность процессов восстановления после физической нагрузки. Сразу после окончания физической нагрузки снижается частота сердечных сокращений и восстанавливается резерв кислорода в красных мышечных волокнах. Повышенный уровень использования кислорода обуславливает высокую скорость образования АТФ и его исполь-

зования для восстановления и сверхвосстановления различных метаболических процессов [6-9].

1. Восстановление алактатных внутримышечных резервов. В момент окончания работы запасы КрФ в мышцах могут быть снижены до 70 – 90% от исходного уровня. Процесс восстановления креатинфосфата происходит за счет АТФ в результате окислительного фосфорилирования. На этот процесс, а также на восстановление миоглобиновых резервов кислорода, затрачивается быстрая фракция кислородного долга.

Ресинтез креатинфосфата происходит за счет присоединения к креатину макроэргической фосфатной группы АТФ:



Первые 3-4 минуты реакция идет с большой скоростью, за это время восстанавливается примерно 60% креатинфосфата, израсходованного во время работы. Затем скорость восстановления замедляется, причем содержание креатинфосфата в мышцах может почти полностью (на 90 %) восстановиться уже через 5-8 минут с момента окончания упражнения. В зависимости от особенностей физических упражнений и условий восстановительных процессов полное восстановление креатинфосфата в мышцах может продолжаться до 30 минут, а иногда растягивается на 4-6 часов [6-9]. Фаза суперкомпенсации может наступать через 6 часов после окончания нагрузки и продолжаться до 24 часов.

2. Ликвидация продуктов гликолиза и восстановление углеводных ресурсов. Молочная кислота (продукт анаэробного гликолиза) из работающих мышц в первые минуты отдыха поступает в кровь. Примерно на 4-7 минуте отдыха концентрация лактата в мышцах и крови выравнивается, а затем его концентрация в крови становится больше, чем в мышцах. Свыше 60% молочной кислоты подвергается полному окислению в мышцах и миокарде до углекислого газа и воды. До 20%

общего количества молочной кислоты может превращаться в гликоген печени в процессе глюконеогенеза, некоторое количество используется для образования аминокислот и небольшая часть выделяется с мочой и потом. На процессы использования молочной кислоты используется медленная (лактатная) фракция кислородного долга. Процесс устранения лактата может длиться 1,5-2 часа, а при утомлении – до 4-х часов больше. Накопление лактата в крови сопровождается увеличением концентрации ионов водорода, максимум сдвига рН наблюдается через 2-4 минуты после окончания работы и возвращается к нормальным величинам в течение 20-30 минут.

Восстановление содержания гликогена в мышцах наблюдается через 6-20 часов, гликогена печени – через 24-48 часов. Суперкомпенсация запасов гликогена в мышцах наблюдается на вторые – третьи сутки периода отдыха. Как указано выше, для ресинтеза гликогена используются молочная кислота и глюкоза крови, которая может образоваться из пировиноградной кислоты, аланина и некоторых других аминокислот, накапливающихся в мышцах во время работы. Большое значение для процесса синтеза гликогена имеет дополнительное поступление углеводов с пищей. В целом ускорение процессов восстановления и суперкомпенсации гликогена в организме может быть достигнуто путем ускорения процессов аэробного окисления и употребление дополнительного углеводного питания.

3. Нормализация обмена липидов. После окончания работы липиды активно используются в качестве источника энергии для образования АТФ и поддержания высокой скорости восстановительных процессов. В течение 3-4 часов периода восстановления происходит увеличение содержания кетонных тел в крови, а восстановление липидных структур и мобильных липидных запасов наблюдается 3-4 недели.

4. Стимуляция процессов анаболизма белков. В процессе работы в мышцах накапливаются продукты распада бел-

ка (аминокислоты, аммиак). Аминокислоты могут использоваться для образования гликогена в процессе глюконеогенеза или для синтеза белков. Аммиак, который является токсичным веществом, обезвреживается, превращаясь в печени в нетоксичную мочевины. Поэтому уровень мочевины в крови может быть показателем, характеризующим состояние белкового обмена. После напряженной мышечной работы уровень мочевины крови превышает с 4-5 до 8-10 ммоль/л, что обусловлено распадом белка. При таком выраженном увеличении уровень мочевины может оставаться повышенным в течение 12-24 часов. Повышенный уровень мочевины утром натощак является признаком недостаточного восстановления. Пониженный уровень мочевины в восстановительный период свидетельствует об активизации белкового синтеза. Возвращение уровня мочевины к исходному уровню свидетельствует о нормализации белкового обмена [6-9].

В первые 3-4 часа после окончания работы активируется процесс ресинтеза белка, восстановление клеточных структур, синтез ферментов. Наибольшая активность синтеза белков, нуклеиновых кислот и других соединений достигается на 3-4 сутки после напряженной мышечной работы.

Таким образом, в процессе восстановления после мышечной работы можно выделить три фазы – срочное, отставленное и замедленное восстановление. Фаза срочного восстановления продолжается первые 30 минут после окончания упражнения. Происходит восполнение внутримышечных запасов АТФ, креатинфосфата, резерва кислорода.

В фазе отставленного восстановления, которая продолжается от 30 минут до 6-12 часов, происходит восполнение затраченных углеводных и жировых резервов, возвращение к исходному уровню показателей водно-электролитного обмена. В фазе замедленного восстановления, которая может продолжаться до 3-4 суток, усиливаются процессы синтеза белка, идет

восстановление поврежденных внутриклеточных структур, происходит формирование и закрепление в организме адаптационных сдвигов, вызванных выполнением физических упражнений.

Скорость восстановительных процессов зависит от активности процессов аэробного ресинтеза АТФ, который лимитируется поступлением достаточного количества кислорода, а также наличием субстратов, необходимых для синтеза веществ, затраченных во время работы. Различные приёмы, обеспечивающие приток кислорода к тканям (массаж, легкие анаэробные нагрузки и т.п.), использование специального питания (креатина, углеводов и т.п.) являются необходимым условием оптимизации процессов восстановления организма после мышечной деятельности. В целях повышения эффективности управления тренировочным процессом, уровня адаптационных возможностей организма, физической работоспособности тренеру и учителю физической культуры необходимо знание биохимических и физиологических закономерностей процессов восстановления функциональных ресурсов [6-9].

1.2 Биохимические закономерности восстановления после мышечной деятельности

Восстановление является важнейшим периодом подготовки спортсмена, так как именно в это время в организме закладываются основы роста спортивной работоспособности и развития необходимых физических качеств (скоростно-силовых, выносливости, ловкости и др.). С биохимической точки зрения различают восстановление *срочное и отставленное*.

На этапе срочного восстановления устраняются продукты анаэробного обмена, главным образом креатин и молочная

кислота. Креатин накапливается в мышечных клетках во время физических нагрузок за счет креатинфосфатной реакции:



Эта реакция обратима. Во время восстановления она протекает в обратном порядке:



Обязательным условием превращения креатина в креатинфосфат является избыток АТФ, который создается в мышцах после работы. Источником АТФ при восстановлении является тканевое дыхание, протекающее с достаточно высокой скоростью и потребляющее значительное количество кислорода. В качестве окисляемых субстратов при этом чаще всего используются жирные кислоты.

На устранение креатина требуется не более 5 минут, в течение которых наблюдается повышенное потребление кислорода, называемое **алактатный кислородный долг**.

Алактатный кислородный долг характеризует вклад креатинфосфатного пути ресинтеза АТФ в энергообеспечение выполняемой физической нагрузки. Наибольших значений алактатный долг достигает в зоне выполнения физических нагрузок максимальной мощности и достигает величины 8-10 л.

Другой продукт анаэробного обмена – **молочная кислота** – образуется и накапливается в результате функционирования гликолиза. Устранение лактата происходит преимущественно во внутренних органах, так как она легко выходит из клеток в кровяное русло.

Лактат, поступающий из крови в миокард, подвергается аэробному окислению и превращается в конечные продукты – углекислый газ и воду. Такое окисление требует кислорода и сопровождается выделением энергии, которая используется для обеспечения работы сердечной мышцы.

Значительная часть лактата из крови попадает в печень и превращается в глюкозу. Этот процесс называется *глюконеогенезом*, протекает с затратами энергии молекул АТФ, источниками которых являются процессы тканевого дыхания, идущие с повышенной скоростью и потреблением избыточного количества кислорода по сравнению с покоем.

Повышенное потребление кислорода в ближайшие 1,5-2 часа после завершения мышечной работы, необходимое для устранения лактата называется *лактатным кислородным долгом*. Лактатный кислородный долг характеризует вклад гликолиза в энергообеспечение мышечной работы и достигает большой величины 20-22 л. Частично алактатный и лактатный долги могут устраняться во время тренировки, при снижении тренировочных нагрузок, а также в промежутках отдыха. Такое восстановление называется *текущим*.

Отставленное восстановление связано с восполнением запасов гликогена, жиров и белков. Синтез гликогена протекает в мышцах и в печени, причем в первую очередь накапливается мышечный гликоген. Синтез гликогена происходит, главным образом, из глюкозы, поступающей с пищей. Предельное восстановление в организме запасов гликогена составляет 24-36 часов.

Синтез жиров осуществляется в жировой ткани. Вначале образуются глицерин и жирные кислоты, затем они соединяются в молекулы жира. Жир также образуется в стенке тонкой кишки путем ресинтеза из продуктов переваривания жира пищи. С током лимфы, а затем крови ресинтезированный жир поступает в жировую ткань. Для восполнения запасов жира необходимо не более 36-48 часов.

Отставленное восстановление также включает и восстановление поврежденных внутриклеточных структур. Это касается миофибрилл, митохондрий, различных клеточных мем-

бран. По времени это самый длительный процесс, требующий от 72 до 96 часов [6-9].

Все биохимические процессы, составляющие отставленное восстановление протекают с потреблением энергии, источником которой являются молекулы АТФ, возникающие за счет окислительного фосфорилирования. Поэтому для фазы отставленного восстановления характерно несколько повышенное потребление кислорода, но не такое выраженное, как при срочном восстановлении.

Важной особенностью отставленного восстановления является наличие *сверхвосстановления или суперкомпенсации*. Суть этого явления заключается в том, что вещества, разрушенные при работе, во время восстановления синтезируются в больших концентрациях по сравнению с их предрабочим уровнем. К сожалению, суперкомпенсация носит временный характер. Затем уровень работоспособности возвращается к исходному. Однако, если суперкомпенсация возникает часто, то это ведет к постепенному повышению исходного уровня. Показано, что уровень работоспособности напрямую связан с концентрацией гликогена в мышцах.

Основной причиной суперкомпенсации является повышенное содержание в крови гормонов, влияющих на синтетические процессы. Время наступления суперкомпенсации зависит от скорости распада веществ при работе: чем выше скорость расщепления какого-либо вещества во время работы, тем быстрее происходит его синтез при восстановлении и раньше наступает суперкомпенсация.

Уровень суперкомпенсации определяется глубиной распада веществ при работе. Чем глубже распад вещества при работе, тем более выражена и выше суперкомпенсация. Эта особенность суперкомпенсации является предпосылкой применения на тренировках упражнений высокой мощности и продолжительности, чтобы вызвать в организме спортсмена доста-

точно глубокий распад тех веществ, от содержания которых значительно зависит работоспособность.

Для спортсмена явление суперкомпенсации имеет исключительное значение: на пике суперкомпенсации существенно возрастают все качества двигательной деятельности, что несомненно способствует росту спортивных результатов [6-9].

Рассмотрим методы ускорения процессов восстановления. В настоящее время в практике спорта применяются три группы восстановительных средств: **педагогические, психологические и медико-биологические.**

К *педагогическим* способам ускорения восстановления относятся:

- использование в тренировочном процессе физических нагрузок, соответствующих функциональному состоянию организма спортсмена;

- рациональная регулярность тренировочных занятий, наличие необходимой продолжительности отдыха между тренировками;

- чередование анаэробных и аэробных нагрузок, предупреждающее чрезмерное образование и накопление в организме лактата с последующим повышением кислотности.

Психологические средства, ускоряющие восстановление, разнообразны. На практике используются следующие способы психологического воздействия:

- психологическая саморегуляция;
- аутогенная психомышечная тренировка;
- внушение и гипноз;
- музыка и цветомузыка;
- специальные дыхательные упражнения;
- психогигиена (благоприятные условия быта, разнообразие досуга, исключение отрицательных эмоций и т. д.)

Медико-биологические средства ускорения восстановления работоспособности играют важную роль в подготовке

спортсменов любой квалификации и широко применяются в спортивной практике, к ним относятся:

- гидротерапия;
- массаж;
- полноценное питание;
- лекарственные средства.

В конечном итоге все способы *гидротерапии и массажа* приводят к усилению лимфо- и кровообращения. Благодаря этому внутренние органы и особенно мышцы освобождаются от конечных продуктов метаболизма (прежде всего, лактата) и получают в больших количествах кислород, источники энергии, строительный материал.

За счет *питания* в организм извне поступают источники энергии, строительный материал, витамины и минеральные вещества, необходимые для быстрого протекания восстановительных процессов. Однако несбалансированное питание может не только не ускорить восстановление, а просто свести его к нулю. Применение разрешенных лекарственных средств способствует росту работоспособности, ускорению восстановления, повышению уровня адаптации к мышечным нагрузкам. Фармакологические средства также могут стимулировать иммунные свойства организма, улучшать биоэнергетику и адаптивные возможности.

В широком понимании слово адаптация означает «приспособление». К большим физическим нагрузкам, характерным для современного спорта, необходимо адаптироваться. Это предусматривает соблюдение спортивного режима, умение переносить стрессовые нагрузки, наконец, регулярно с большой отдачей тренироваться. Адаптация к мышечной работе – это структурно-функциональная перестройка организма, позволяющая спортсмену выполнять физические нагрузки большей мощности и продолжительности, развивать более высокие мышечные усилия по сравнению с нетренированным челове-

ком. Биохимические и физиологические механизмы адаптации к физическим нагрузкам сформировались в ходе длительной эволюции животного мира и зафиксированы в структуре ДНК. Поэтому у каждого человека имеется врожденная способность к адаптации или **генетическая адаптация**. В принципе молекулярные механизмы, лежащие в основе адаптации, одинаковы для любого организма. В то же время уровень реализации отдельных адаптационных механизмов индивидуален и существенно зависит от конституции тела, типа высшей нервной деятельности и т.д. Поэтому нет ничего удивительного, что одни люди способны легко приспосабливаться к выполнению кратковременных силовых нагрузок, другие – к выполнению скоростных упражнений, а третьи – легко выполняют упражнения на выносливость. Индивидуальные особенности генотипа необходимо учитывать при отборе для занятий отдельными видами спорта. Адаптационные способности человека меняются и с возрастом. Под влиянием систематических тренировок адаптационные механизмы совершенствуются, уровень адаптации к мышечной работе возрастает. Такой прирост адаптационных возможностей организма, наблюдаемый в течение жизни, носит название **фенотипической адаптации**. Адаптация к физическим нагрузкам проходит две фазы – **срочной или экстренной адаптации** и **долговременной или хронической адаптации**.

Срочная или экстренная адаптация

Основой срочной адаптации является структурно-функциональная перестройка, происходящая в организме непосредственно при выполнении физической работы. Целью этого этапа является создание мышцам оптимальных условий для функционирования, прежде всего за счет увеличения энергоснабжения. Необходимые для этого биохимические и физиологические сдвиги возникают под воздействием нервно-

гуморальной регуляции. Главными регуляторными факторами срочной адаптации является симпатическая нервная система и гормоны – катехоламины и глюкокортикоиды. На клеточном уровне под действием нервно-гуморальных механизмов регуляции увеличивается выработка энергии. К основным изменениям *катаболических процессов*, приводящим к усилению обеспечения энергией можно отнести следующие процессы.

1. **Ускорение распада гликогена в печени.** В этом процессе образуется глюкоза, которая попадает в кровь. Это ведет к увеличению снабжения различных органов важнейшим энергетическим субстратом.

2. **Усиление синтеза аэробного и анаэробного мышечного гликогена.** Этот процесс обеспечивает выработку большого количества молекул АТФ. В этом процессе большое значение имеет гормон *адреналин*.

3. **Повышение скорости тканевого дыхания в митохондриях.** Причин тому две: увеличение снабжения митохондрий кислородом и повышение активности ферментов тканевого дыхания вследствие активирующего действия избытка АТФ, возникающего при мышечной работе.

4. **Увеличение мобилизации жира в жировых депо.** Вследствие этого в крови повышается уровень нерасщепленного жира и свободных жирных кислот. Мобилизация жира вызывается импульсами вегетативной нервной системы и адреналином.

5. **Повышение скорости β -окисления жирных кислот и образование кетоновых тел,** являющихся важным источником энергии при выполнении длительной физической работы.

Второй стороной срочной адаптации является замедление анаболических процессов. Этот процесс затрагивает, прежде всего, биосинтез белков. Дело в том, что на этот процесс необходимо много молекул АТФ, которые при мышечной работе нужнее всего именно там. Это заставляет организм затормо-

зять синтез белков. Осуществление этого торможения происходит под контролем глюкокортикоидов. Хотя срочная адаптация развивается по сходным механизмам у разных людей, однако тренировки влияют на этот процесс, делая адаптивные изменения более глубокими.

Долговременная или хроническая адаптация

Этап долговременной адаптации происходит в промежутках отдыха между тренировками и требует много времени. Биологическое значение долговременной адаптации – создание в организме структурно-функциональной базы для лучшей реализации механизмов срочной адаптации, то есть долговременная адаптация предназначена для подготовки организма к выполнению последующих физических нагрузок в оптимальном режиме. Можно выделить следующие основные направления долговременной адаптации.

1. Повышение скорости восстановительных процессов.

Особенно большое значение для развития долговременной адаптации имеет усиление синтеза белков и нуклеиновых кислот. Это приводит к увеличению содержания сократительных белков, белков-ферментов, кислородно-транспортных белков. Благодаря повышению содержания в клетках белков-ферментов ускоряется синтез других биологически важных соединений, в частности, креатинфосфата, гликогена, липидов. В результате такого воздействия существенно возрастает энергетический потенциал организма.

2. Увеличение содержания внутриклеточных органоидов.

В процессе развития адаптации в миоцитах становится больше сократительных элементов – миофибрилл, увеличивается размер и количество митохондрий, наблюдается развитие саркоплазматической сети. В конечном счете эти изменения вызывают мышечную гипертрофию.

3. Совершенствование механизмов нервно-гуморальной регуляции. При этом возрастают синтетические возможности эндокринных желез, что позволяет при выполнении физических нагрузок дольше поддерживать в крови высокий уровень гормонов, обеспечивающих мышечную деятельность.

4. Развитие устойчивости (резистентности) к биохимическим сдвигам, возникающим в организме во время мышечной работы. Прежде всего это касается устойчивости организма к повышению кислотности, вызванному накоплением лактата. Предполагается, что нечувствительность к росту кислотности у адаптированных спортсменов обусловлена образованием у них молекулярных форм белков, сохраняющих свои биологические функции при пониженных значениях pH. В ходе тренировочного процесса оба этапа адаптации – срочная и долговременная – поочередно повторяются и оказывают друг на друга взаимное влияние. Так, срочная адаптация, проявляющаяся во время физической работы, приводит к возникновению в организме глубоких биохимических и физиологических сдвигов, которые являются предпосылками для запуска механизмов долговременной адаптации. В свою очередь, долговременная адаптация, повышая энергетический потенциал организма, увеличивает возможности срочной адаптации. Такое взаимодействие срочной и долговременной адаптации ведет к росту работоспособности спортсмена.

Тренировочный эффект

В спортивной практике для количественной оценки адаптации к мышечной работе часто используют биохимические показатели: *срочный, отставленный, кумулятивный тренировочные эффекты.*

Срочный тренировочный эффект характеризует срочную адаптацию. По своей сути срочный тренировочный эффект представляет собой биохимические сдвиги в организме

спортсмена, вызываемые процессами, которые составляют срочную адаптацию. Эти сдвиги фиксируются во время выполнения физической нагрузки и в течение срочного восстановления. По глубине обнаруженных биохимических изменений можно судить о вкладе отдельных способов выработки АТФ в обеспечение энергией проделанной работы. Так по значению МПК и ПАНО можно оценить состояние аэробного обеспечения энергией. Повышение концентрации молочной кислоты, снижение величины рН, отмечаемые в крови после выполнения работы «до отказа» в зоне субмаксимальной мощности, характеризуют возможности гликолиза. Другим показателем состояния гликолиза является *лактатный кислородный долг*. Величина *алактатного долга* свидетельствует о вкладе креатинфосфатной реакции в энергоснабжение выполненной работы.

Отставленный тренировочный эффект представляет собой биохимические изменения, возникающие в организме спортсмена в ближайшие после тренировки дни, то есть в период отставленного восстановления. Главным проявлением отставленного тренировочного эффекта является *суперкомпенсация* веществ, используемых во время физической работы. К ним следует отнести мышечные белки, креатинфосфат, гликоген мышц и печени.

Кумулятивный тренировочный эффект отражает биохимические сдвиги, постепенно накапливающиеся в организме спортсмена в процессе длительных тренировок. В частности, кумулятивным эффектом можно считать прирост в ходе длительных тренировок показателей срочного и отставленного эффектов. Кумулятивный эффект обладает специфичностью, его проявления в значительной степени зависят от характера тренировочных нагрузок.

1.3 Биологические принципы спортивной тренировки

Без знаний закономерностей адаптации организма к мышечной работе невозможно грамотное построение тренировочного процесса. Выделяют основные биологические принципы спортивной тренировки, рассмотрим их.

Принцип сверхотягощения. Адаптационные изменения вызываются только значительными нагрузками, превышающими по объему и интенсивности определенный пороговый уровень. Нагрузки, исходя из этого принципа, могут быть *эффективными* и *неэффективными*.

Неэффективные нагрузки приводят к появлению в организме лишь незначительных биохимических и физиологических сдвигов, не вызывают развития адаптации, но способствуют сохранению достигнутого уровня. Неэффективные нагрузки широко используются в оздоровительной физкультуре.

Эффективные нагрузки должны быть выше пороговой величины. Однако любые нагрузки имеют предел. Такие нагрузки называются *предельными*. Дальнейшее увеличение нагрузок может привести к снижению тренировочного эффекта (*запредельные нагрузки*). Это обусловлено тем, что в зоне предельных нагрузок происходит полное использование всех имеющихся в организме спортсмена биохимических и физиологических резервов, приводящих к максимальной суперкомпенсации. Запредельные нагрузки очень большой интенсивности или продолжительности, не соответствующие функциональному состоянию организма вызывают столь глубокие биохимические и физиологические сдвиги, что полноценное восстановление становится невозможным. Систематическое использование таких нагрузок приводит к *срыву адаптации или дезадаптации*, что выражается в ухудшении двигательных качеств, снижении работоспособности и результативности. Это явление в спорте называется *перетренированностью*.

В спортивной практике чаще всего используют *эффективные* нагрузки, а предельных стараются избежать, так как они легко могут перейти в запредельные. Из принципа сверхотягощения вытекают два положения, определяющие тренировочный процесс [6-9].

1. Для развития адаптации и роста спортивного мастерства необходимо использовать достаточно большие по объему и интенсивности физические нагрузки, превышающие пороговое значение.

2. По мере нарастания адаптационных изменений следует постепенно увеличивать тренировочные нагрузки.

Принцип обратимости (повторности). Адаптационные изменения в организме, возникающие под влиянием физической работы, не постоянны. После прекращения занятий спортом или длительном перерыве в тренировках, а также при снижении объема тренировочных нагрузок адаптационные сдвиги постепенно уменьшаются. Это явление называется в спортивной практике *растренированностью*. В основе этого явления лежит обратимость суперкомпенсации. Суперкомпенсация обратима и носит временный характер. Однако частое возникновение суперкомпенсации (при регулярных тренировках) постепенно ведет к росту исходного уровня важнейших химических соединений и внутриклеточных структур, сохраняющемуся в течение длительного времени.

Таким образом, однократная физическая нагрузка не может вызвать прироста адаптационных изменений. Для развития адаптации тренировки должны систематически повторяться в течение длительного времени, и тренировочный процесс не должен прерываться [6-9].

Принцип специфичности. Адаптационные изменения, возникающие в организме спортсмена под влиянием тренировок, в значительной мере зависят от характера выполняемой мышечной работы. *При скоростных нагрузках* растет анаэроб-

ное производство энергии. Тренировки *силового* характера приводят к наибольшему увеличению мышечной массы за счет усиленного синтеза сократительных белков. При занятиях на *выносливость* возрастают аэробные возможности организма.

Тренировочные занятия необходимо проводить с применением специфических для каждого вида спорта нагрузок. Однако для гармоничного развития спортсмена еще нужны неспецифические общеукрепляющие нагрузки, влияющие на всю мускулатуру, в том числе на мышцы, прямо не участвующие в выполнении упражнений, характерных для данного вида спорта.

Принцип последовательности. Биохимические изменения, лежащие в основе адаптации к мышечной работе, возникают и развиваются не одновременно, а в определенной последовательности. Быстрее всего увеличиваются и дольше всего сохраняются показатели аэробного обеспечения. Больше времени требуется для увеличения лактатной работоспособности. Наконец, в последнюю очередь повышаются возможности организма в зоне максимальной мощности.

Эта закономерность адаптации должна, прежде всего, учитываться при построении тренировочного процесса в сезонных видах спорта. Годичный цикл должен начинаться с этапа развития аэробных возможностей. Затем идет этап развития скоростно-силовых качеств. А при подведении к пику формы необходимо работать над развитием максимальной мощности. Впрочем, это только схема. На практике эта схема может претерпевать изменения в зависимости от вида спорта и индивидуальных особенностей спортсмена.

Принцип регулярности. Этот принцип описывает закономерности развития адаптации в зависимости от регулярности тренировочных занятий, то есть от продолжительности отдыха между тренировками.

При частых тренировках (каждодневных или через день) синтез большинства веществ, разрушенных при работе, еще не

завершается, новое занятие происходит в фазе недовосстановления. Если тренировки продолжаются в том же режиме, то недовосстановление будет углубляться. Это приводит к ухудшению физического состояния организма спортсмена и снижению спортивных результатов. В теории спорта это явление получило название *отрицательного взаимодействия нагрузок*.

При большой продолжительности отдыха новая тренировка проводится уже после полного завершения восстановления, когда все показатели вернулись к предрабочему уровню. В этом случае прироста функциональных изменений не наблюдается. Такой режим тренировок получил название *нейтральное взаимодействие нагрузок*.

Наилучший эффект дает проведение занятий в фазе суперкомпенсации. Это дает возможность улучшать результат и увеличивать величину нагрузки. Такое сочетание тренировки и отдыха получило название *положительное взаимодействие нагрузок*.

В спортивной практике принцип положительного и отрицательного взаимодействия нагрузок используется при подготовке спортсменов высокой квалификации, а нейтрального взаимодействия находит применение в оздоровительной медицине [6-9].

Принцип цикличности. Суть этого принципа проста: периоды интенсивных тренировок следует чередовать с периодами отдыха или тренировок с использованием нагрузок уменьшенного объема. На основе этого принципа планируется *годовой тренировочный цикл*. Годовой цикл делится на *периоды*, продолжительностью несколько месяцев, отличающиеся по объему тренировочных нагрузок. Эти периоды называются *макроциклами*. Периоды состоят из этапов – микроциклов. Каждый микроцикл решает конкретную педагогическую задачу и способствует развитию специфической адаптации к физическим нагрузкам определенного вида: скоростных, скоростно-

силовых качеств, выносливости. Обычно микроцикл длится 7 дней. Причем, в первые 3-5 дней – проводятся занятия согласно принципу отрицательного взаимодействия нагрузок. Заключительная часть микроцикла содержит восстановительные мероприятия, которые приводят к суперкомпенсации. Новый микроцикл начинается с фазы суперкомпенсации и на *фоне положительного взаимодействия нагрузок*.

Таким образом, тренировки в каждом микроцикле проводятся по типу отрицательного взаимодействия нагрузок, а между микроциклами существует положительное взаимодействие нагрузок.

1.4 Биохимические основы работоспособности

Рассмотрим компоненты спортивной работоспособности. С биологической точки зрения спортивную работоспособность можно определить как структурно-функциональный потенциал или состояние организма спортсмена, позволяющее ему выполнять специфические физические нагрузки определенной мощности и продолжительности.

Спортивная работоспособность – качество интегральное, проявление которого зависит от многих факторов. Можно выделить следующие факторы ограничивающие работоспособность спортсмена:

- возможности энергетического обеспечения мышечной деятельности;
- функциональное состояние и развитие основных систем организма (мышечной, кардио-респираторной, нервной, эндокринной, пищеварительной, выделительной, иммунной и т. д.);
- техника выполнения физических нагрузок, характерных для данного вида спорта;
- тактика ведения спортивной борьбы;
- психологическая подготовка спортсмена.

Первые два фактора определяют преимущественно физическую подготовку спортсмена или физическую работоспособность. Их обычно называют факторами внутренних возможностей. Остальные факторы – техника, тактика, психологическая подготовка – являются факторами производительности, от которых зависит проявление факторов возможностей. Только при высоких показателях факторов производительности могут проявиться факторы возможности.

Из всех перечисленных факторов наибольшее значение имеет состояние биоэнергетики, так как невозможно выполнить какую-либо работу без затрат энергии.

В энергообеспечении организма решающую роль играет ресинтез АТФ. В зависимости от доминирования алактатного, лактатного или аэробного путей ресинтеза АТФ в энергообеспечении выполняемой работы выделяют три компонента работоспособности: **алактатный, лактатный и аэробный**. Часто первые два вида работоспособности объединяют и называют ***анаэробной работоспособностью***.

Аэробная работоспособность проявляется при выполнении длительных физических нагрузок, а анаэробная работоспособность обеспечивает возможность выполнения кратковременных нагрузок высокой и максимальной интенсивности. Выделенные компоненты работоспособности в равной мере относятся как к общей, так и специальной работоспособности. Рассмотрим, главным образом, общую работоспособность, так как биохимические механизмы лежат в ее основе [6-9].

Алактатная работоспособность

Алактатная работоспособность проявляется при выполнении нагрузок в зоне максимальной мощности, то есть нагрузок, которые можно сохранить в пределах 15-20 сек. Такие нагрузки преимущественно обеспечиваются креатинфосфатным способом образования АТФ (алактатным). Поэтому мощ-

ность этих нагрузок в значительной степени зависит от содержания в мышцах креатинфосфата и активности фермента креатинкиназы, который отвечает за синтез креатинфосфата.

К основным структурным факторам, которые ограничивают алактатную работоспособность, является количество миофибрилл и развитие саркоплазматической сети. Чем меньше миофибрилл, тем медленнее и слабее мышечное сокращение. Степень развития саркоплазматической сети определяет проведение мышцей нервного импульса.

К структурным факторам можно отнести количество нервно-мышечных синапсов, обеспечивающих передачу нервных импульсов от нервов к мышцам. Еще одним структурным фактором можно считать содержание в мышцах белка *коллагена*, участвующего в мышечном расслаблении.

Наиболее важным функциональным фактором, лежащим в основе лактатной работоспособности, является активность ферментов, участвующих в мышечной деятельности. От АТФ-азной активности миозина зависит количество энергии АТФ, преобразованной в механическую работу, то есть мощность выполняемых физических нагрузок. Активность кальциевого насоса определяет быстроту мышечной релаксации, от которой зависят скоростные качества мышцы. Перечисленные структурные и функциональные факторы действуют неодинаково в мышечных волокнах разных типов. Как было указано выше, выделяют три типа волокон в мышцах.

1. Тонические (красные, медленные, S-волокна) содержат относительно большое количество митохондрий, много миоглобина, но мало миофибрилл. Они сокращаются медленно, развивают небольшую мощность, но длительное время.

2. Фазические (белые, быстрые, F-волокна) имеют много миофибрилл, хорошо развитую саркоплазматическую сеть, к ним подходит много нервных окончаний. Митохондрий в них значительно меньше. Это волокна, рассчитанные на вы-

сокую скорость и силу сокращения, но при этом они не могут сокращаться долго, так как работают на запасах креатинфосфата и гликогена.

3. Переходные мышечные волокна занимают по своему строению и функционированию промежуточное положение.

Соотношение между различными типами мышечных волокон генетически предрасположено. Хотя все же при усиленных тренировках можно увеличить количество миофибрилл в быстрых волокнах, увеличив тем самым их работоспособность и вызвав гипертрофию мышцы, но все же этот сдвиг не может из стайера сделать спринтера [6-9].

Лактатная работоспособность

Лактатная работоспособность реализуется, как правило, при выполнении физических нагрузок в зоне субмаксимальной мощности продолжительностью до 5 минут. Такие нагрузки в основном обеспечиваются лактатным ресинтезом АТФ (лактатные нагрузки). Их абсолютная мощность зависит от дорабочей концентрации мышечного гликогена и активности ферментов, участвующих в гликолизе.

Возможности лактатного компонента работоспособности обусловлены практически теми же структурными и функциональными факторами, описанными выше в отношении алактатной работоспособности. Однако их влияние менее выражено, так как за счет лактатного компонента выполняется работа с меньшей силой и скоростью по сравнению с лактатными нагрузками.

В отличие от алактатного компонента, очень важным фактором, влияющим на лактатную работоспособность, являются компенсаторные возможности организма, обеспечивающие устойчивость к возрастанию кислотности.

При бурном протекании гликолиза происходит образование и накопление в мышечных волокнах больших количеств лактата,

наблюдается сдвиг рН в кислую сторону. При этом происходят конформационные изменения мышечных белков-ферментов, что приводит к снижению их активности. Отрицательно меняется и сократительная способность мышечных клеток.

Нейтрализация молочной кислоты осуществляется буферными системами за счет щелочных компонентов. Однако буферная емкость организма и особенно крови под влиянием тренировок практически не меняется. В настоящее время считается, что развитие резистентности к повышению кислотности у высокотренированных спортсменов связано не с увеличением щелочного резерва организма, а с выработкой новых, более устойчивых к изменению рН изоферментов и с формированием комплекса приспособительных механизмов, дающих организму возможность работать в условиях значительного закисления [6-9].

Еще один функциональный фактор, влияющий на лактатную работоспособность – это наличие в мышцах фермента лактатдегидрогеназы. Этот фермент предпочтительно катализирует превращение пировиноградной кислоты в молочную и наоборот. Лактатдегидрогеназа является причиной высокой работоспособности скелетных мышц с большим содержанием быстрых волокон.

Аэробная работоспособность

Внутримышечными структурными факторами, лежащими в основе аэробной работоспособности, являются количество митохондрий в мышечных клетках и содержание в них миоглобина. Аэробные нагрузки прежде всего связаны с аэробным способом ресинтеза АТФ, который протекает в митохондриях. Миоглобин связывает и переносит кислород в мышечных клетках, от его концентрации зависит снабжение этим газом митохондрий. Связь между концентрацией миоглобина и аэробной способностью мышечной ткани уже стала аксиомой.

Аэробная способность мышцы к работе в большей мере обусловлена внесмышечными факторами: функциональным состоянием вегетативных и регуляторных систем организма, запасами внесмышечных источников энергии.

В обеспечении аэробных нагрузок активное участие принимает нервная система, формирующая и направляющая мышцы; система кровоснабжения, доставляющая в мышцы главный лимитирующий фактор – кислород. Количество эритроцитов в крови во многом определяет способность организма к аэробной работе. Большой вклад в обеспечение аэробных возможностей организма вносит печень, обеспечивая мышцы внесмышечными источниками энергии.

Важную роль в процессах аэробного обмена играют гормоны, особенно гормоны надпочечников. Процессы аэробного и анаэробного ресинтеза АТФ взаимосвязаны, так как анаэробные процессы многократно повторяются во время мышечной работы, а для пополнения запасов креатинфосфата и удаления лактата из мышц необходимы процессы аэробного дыхания, в значительной мере связанные с работой печени.

Необходимо подчеркнуть, что все виды работоспособности зависят также от технической, тактической и психологической подготовки. Хорошая технико-тактическая подготовка позволяет спортсмену экономно и рационально использовать энергетические резервы и тем самым дольше сохранять работоспособность. За счет высокой мотивации, большой силы воли спортсмен может продолжить выполнение работы даже в условиях наступления в организме значительных биохимических и функциональных изменений [6-9].

Специфичность спортивной работоспособности

Спортивная работоспособность характеризуется специфичностью, проявляющейся в значительной мере при выпол-

нении нагрузок, характерных для данного вида спорта, которым занимается конкретный спортсмен.

Специфичность работоспособности в значительной мере обусловлена тем, что ряд факторов, лимитирующих качества двигательной деятельности, являются сугубо специфическими для каждой спортивной дисциплины. Специфичность работоспособности ещё связана с тем, что при выполнении упражнений, используемых в данном виде спорта, совершенствуется техника движений, повышается их эффективность.

Более высокая специфичность характерна для аэробных компонентов работоспособности, связанных преимущественно с внутримышечными факторами возможностей (количеством миофибрилл, концентрацией мышечного креатинфосфата и гликогена, активностью внутримышечных ферментов). Развитие этих факторов в отдельных мышцах у спортсменов разных специализаций неодинаково, так как при выполнении упражнений, свойственных конкретному виду спорта, в основном функционируют только определенные группы мышц. Поэтому за счет тренировок именно у этих мышечных групп повышается работоспособность.

Аэробная работоспособность менее специфична. Эта работоспособность аэробного компонента обусловлена тем, что наряду с внутримышечными факторами (количество митохондрий, внутримышечные запасы источников энергии, активность внутримышечных ферментов энергетического обмена) важнейшее значение для проявления аэробной работоспособности имеют внесмышечные факторы. Эти факторы требуют хорошего функционирования сердечно-сосудистой и дыхательной систем, печени, высокой емкости крови, а также запасы легкодоступных для использования энергетических субстратов. Поэтому спортсмен, имеющий высокий уровень работоспособности, может проявить аэробную работоспособность не только в том виде деятельности, где он прошел специализи-

рованную подготовку, но и в других видах мышечной работы. Например, квалифицированный лыжник может показать неплохие результаты при беге на длинные дистанции [6-9].

Возрастные особенности работоспособности

Известно, что физическая работоспособность зависит от возраста. По мере роста и увеличения массы тела работоспособность возрастает, но развитие отдельных компонентов работоспособности происходит неодинаково.

Анаэробные способы образования АТФ у детей развиты недостаточно, содержание креатинфосфата в их мышцах значительно ниже, чем у взрослого, что существенно ограничивает алактатную работоспособность ребенка. С возрастом по мере увеличения мышечной массы возможности этого пути ресинтеза АТФ увеличиваются. Особенно быстро развиваются возможности креатинфосфатного пути ресинтеза АТФ в 15-17 лет и достигают наибольшего развития к 19-20 годам. Сохраняется высокая алактатная работоспособность до 30-летнего возраста, после чего наблюдается снижение.

Лактатная работоспособность у детей и подростков тоже находится на более низком, чем у взрослого человека уровне. Это обусловлено меньшими запасами гликогена в мышцах и высокой чувствительностью детского организма к повышению кислотности вследствие накопления лактата.

Величина кислородного долга и концентрации молочной кислоты в крови у детей и подростков после выполнения максимальных нагрузок на уровне индивидуального рекорда намного меньше, чем у людей в зрелом возрасте. Так, у 9-летнего ребенка мощность работы, при которой наблюдается наибольшее развитие гликолиза, на 60% меньше, чем у зрелого человека, а максимальное накопление молочной кислоты в крови в 2 раза меньше. Начиная с 15-16 лет возможности лактатного пути ресинтеза АТФ увеличиваются пропорционально

нарастанию массы тела, наибольшая лактатная работоспособность отмечается в 20-22 года.

Аэробная работоспособность у детей невысокая, хотя в детском организме тканевое дыхание протекает в покое с более высокой скоростью, чем у взрослых. Это обусловлено тем, что рост и развитие детского организма требуют значительных энергозатрат. Поэтому в растущем организме процесс аэробного окисления протекает более интенсивно, чем у взрослого человека. Причем, чем возраст меньше, тем выше скорость тканевого дыхания в состоянии покоя. Об этом свидетельствует поглощение кислорода, рассчитанное на 1 м² поверхности тела. У трехлетнего ребенка поглощение кислорода на 1 м² поверхности тела больше, чем у взрослого человека – на 95%, у шестилетнего – на 66%, а у девятилетнего – на 36%.

Однако резервы аэробного энергообразования у детей и подростков не велики. Это связано с тем, что системы организма, отвечающие за энергообеспечение (дыхательная, сердечно-сосудистая, эндокринная и др.), функционируют почти на уровне своих физиологических возможностей [6-9].

С 9-10 – летнего возраста наблюдается интенсивное развитие аэробного пути ресинтеза АТФ, его возможности увеличиваются пропорционально массе тела. Наибольшее развитие аэробной работоспособности отмечается только к 20 – 25 годам – в период физиологической зрелости организма. За счет регулярных тренировок высокий уровень аэробной работоспособности можно сохранить до 40 – 45 лет.

Методы развития работоспособности

Все виды биохимической работоспособности связаны с определенными двигательными качествами. Например, алактатная работоспособность связана с быстротой и силой, а аэробная – с выносливостью.

Быстрота – это комплекс функциональных свойств организма, непосредственно и преимущественно определяющих время двигательного действия.

Сила – это способность преодолевать внешнее сопротивление, либо противодействовать ему посредством мышечных напряжений.

Сила и быстрота непосредственно связаны с количеством креатинфосфата в мышце. Чтобы увеличить количество креатинфосфата необходимо выполнять кратковременные (не более 10 сек) упражнения, выполняемые с предельной мощностью (бег на 50-60 м, прыжки, заплыв на 10-15 м, упражнения на тренажерах, подъем штанги и т.д.).

Хороший эффект дают интервальные тренировки, состоящие из серии упражнений максимальной мощности. Упражнения делаются 8-10 сек, а отдых между ними составляет 20-30 сек. Именно при таком режиме часть гликолитического ресинтеза АТФ идет на восстановления креатинфосфата. Многократное применение таких тренировок приводит к повышению в мышцах креатинфосфата и положительно сказывается на развитии скоростно-силовых качеств.

Для развития силы часто используется метод повторных упражнений с напряжением 80-90% максимальной силы. Наиболее эффективным считается отягощение 85%, в этом случае число повторений «до отказа» обычно 7-8. Каждое упражнение на определенные мышцы выполняется сериями по 5-10 повторений. Скорость выполнения упражнений зависит от цели тренировки. Для одновременного развития силы и быстроты упражнения проводятся в взрывчато-плавном режиме, начальная фаза движения выполняется с большой скоростью, а завершается оно как можно более плавно. Время восстановления после скоростно-силовой тренировки составляет 2-3 дня.

Спортивно-педагогическими критериями *лактатного* компонента работоспособности являются величины скорост-

ных и силовых нагрузок, выполняемых с субмаксимальной мощностью (их продолжительность не более 5 минут). Биохимические критерии такой тренировки следующие: тренировка должна приводить к резкому снижению содержания гликогена в мышцах; во время тренировки в мышцах и крови должна накапливаться молочная кислота [6-9].

Для достижения этой цели могут быть использованы методы повторной и интервальной работы, это предельные нагрузки продолжительностью несколько минут. Хороший эффект дает постепенное снижение времени отдыха между рабочими интервалами. Промежутки отдыха между упражнениями короткие, их недостаточно для восстановления запасов гликогена, его запасы сильно снижаются, а это является обязательным условием суперкомпенсации.

Главной целью тренировок, направленных на повышение *аэробной выносливости*, является улучшение работы кардиореспираторной системы. С этой целью применяются различные варианты повторной и интервальной тренировок, а также непрерывная длительная работа равномерной и переменной мощности. Например, для повышения в мышцах уровня миоглобина может быть использована миоглобиновая интервальная тренировка. Спортсменам предлагается очень короткие (не более 5-10 с) нагрузки средней интенсивности, чередуемые с такими же короткими промежутками отдыха. Выполняемые в таких условиях нагрузки в основном обеспечиваются кислородом, который депонирован в мышечных клетках в форме миоглобина. Короткий отдых между упражнениями достаточен для восполнения запасов кислорода в мышцах. Использование тренировок на среднегорье и использование неспецифических нагрузок типа подвижных игр способствует развитию аэробных возможностей организма [6-9].

Биохимические способы повышения спортивной работоспособности

Общая характеристика фармакологических средств повышения работоспособности

В последнее время в спортивной практике все большее применение находят различные фармакологические средства, используемые для повышения общей и специальной работоспособности, для ускорения и оптимизации восстановительных процессов.

Использование в спорте высших достижений фармакологических препаратов связано с тем, что нагрузки выполняются иногда на пределе возможностей организма. Это приводит к возникновению очень глубоких биохимических и функциональных сдвигов и, как следствие, к снижению работоспособности.

Негативное влияние на организм спортсмена оказывают эмоциональные нагрузки и нервно-психическое напряжение, свойственные соревновательной деятельности и нередко приводящие к нервным срывам и потере спортивной формы. В таких условиях не могут полноценно протекать восстановительные процессы, что также проявляется значительным снижением спортивной работоспособности.

Очень высокие физические и эмоциональные перегрузки, свойственные спорту высших достижений, также оказывают неблагоприятное влияние на иммунную систему организма, у детей и подростков к ним она более чувствительна.

Применяемые в настоящее время лекарственные средства призваны улучшить биоэнергетику мышечной деятельности, предупредить или ограничить негативные сдвиги, возникающие в организме спортсмена во время тренировки или соревнования, облегчить их переносимость, ускорить анаболические процессы, лежащие в основе восстановления, укрепить иммунитет и повысить уровень адаптации организма к физическим

и психическим нагрузкам. Однако необходимо четко представлять, что лекарственные средства никогда не могут заменить саму спортивную тренировку. Более того, позитивное влияние фармакологических средств на организм спортсмена в значительной степени обусловлено использованием адекватных педагогических методов.

Для фармакологической коррекции работоспособности нельзя использовать лекарственные средства, отнесенные к допингам и которые не внесены в реестр лекарственных средств РФ. Применение лекарств должно быть безвредным и не вызывать никаких побочных эффектов. К фармакологическим средствам коррекции работоспособности обычно относят и биологически активные добавки (БАДы) [2; 6-9].

Выбор конкретного лекарственного препарата его дозировку, продолжительность курса приема определяет спортивный врач. Тренер же должен иметь полное представление о механизме действия применяемого препарата, о его влиянии на биохимические и физиологические процессы, протекающие в организме. Тренер должен уметь подбирать тип лекарства в зависимости от стадии тренировочного процесса и характера физических нагрузок. Только совместная и согласованная деятельность тренера и спортивного врача может обеспечить эффективное использование фармакологических методов повышения работоспособности.

Глава 2. Физиология и биохимия питания при мышечной деятельности

2.1 Биохимическая характеристика отдельных классов фармакологических средств

К фармакологическим веществам, применяемым в спорте можно отнести: аминокислоты, витамины, адаптогены, анаболизаторы, энергизаторы, гепатопротекторы, иммуностимуляторы.

Среди аминокислот важнейшее место занимают: *глицин, метионин, аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота, глутамин, лизин.*

Глицин входит в состав белков, участвует в синтезе нуклеотидов, из него образуется креатин.

Метионин участвует в строительстве белков, а также в синтезах адреналина, креатина, холина.

Аспарагиновая кислота принимает активное участие в синтезе мочевины, влияет на *скорость синтеза белков.*

Глутаминовая кислота и глутамин играют важную роль в обезвреживании аммиака.

Лизин участвует в синтезе карнитина, который играет важную роль в сжигании жиров, что повышает аэробную выносливость. Лизин необходим для синтеза коллагена.

Из витаминных комплексов одним из лучших для спортсменов является *компливит*, а из зарубежных *vitrum, centrum, олиговит и др.*

Адаптогены – это лекарственные средства, имеющие растительное или животное происхождение. Они способствуют развитию неспецифической адаптации организма к нагрузкам. К адаптогенам относятся: *женьшень* и препараты, сделанные на его основе, *элеутерококк*, *китайский лимонник*, *леuzeя*(*маралий корень*), *аралия*, *родиола розовая*(*золотой корень*), а также препараты, сделанные на их основе – *леветон*, *элтон*, *адаптон*, *фитотон*.

Анаболизаторы – это ускорители анаболизма и, прежде всего, синтеза белка.

Экдистен – природный растительный стероид, способствующий росту мышечной массы, но не вызывающий негативного влияния на организм.

Оротат калия обеспечивает синтез нуклеиновых кислот, а значит синтез белков. Такую же роль играют *рибоксин*, аминокислоты (*глицин*, *метионин*, *лизин*).

Энергизаторы – это АТФ, *адениловая кислота*, *креатин*, *лимонная* и *янтарная кислоты*, *карнитин*, *липоевая кислота*. Все эти вещества улучшают энергетический обмен, так как являются непосредственными участниками катаболизма [2; 6-9].

Гепатопротекторы – это различные вещества, улучшающие работу печени и способствующие её восстановлению после мышечных нагрузок. В спортивной практике часто применяют следующие вещества этой группы: *эссенциале*, *карсил*, *легалон*, *аллохол*, *кукурузные рыльца*, *цветки бессмертника песчаного*.

Иммуностимуляторы – это вещества, улучшающие работу иммунной системы. К ним относят: *иммуноглобулин*, *интерферон*, препараты *прополиса*, препараты *цветочной пыльцы* и др. Необходимо указать, при пользовании этой группой веществ возможны аллергические реакции.

Допингом принято считать фармакологические препараты, которые оказывают влияние на спортивный результат,

нанося при этом вред здоровью спортсмена, иногда в отделённый период.

В настоящее время в список запрещенных препаратов внесено несколько сотен наименований. При этом не имеет значения, как влияет данный препарат на конкретный результат в конкретном виде спорта. Все препараты можно разбить на несколько групп.

1. **Препараты, влияющие на нервную систему.** В эту группу внесены препараты, возбуждающие или тормозящие нервную систему. Как правило, их применяют перед соревнованиями. Вред от этих препаратов очевиден, так как они могут расшатать нервную систему, вызвать привыкание. К этой группе вполне можно отнести транквилизаторы, наркотики, алкоголь.

2. **Препараты, влияющие на обмен веществ.** Сюда относят многие гормональные препараты, которые способствуют росту мышечной массы, прежде всего, печально знаменитые анаболические стероиды. Эти препараты могут вызвать нарушение обмена веществ с непредсказуемыми последствиями. Кроме того, один из побочных эффектов хорошо известен – импотенция, так как большинство этих препаратов либо экзогенные мужские половые гормоны, либо их аналоги, которые подавляют работу половых желез. У женщин эти препараты вызывают маскулинизацию, то есть такое изменение гормонального фона, при котором женщина становится больше похожей на мужчину, маскулинизация часто ведет к бесплодию.

3. **Препараты, влияющие на разные формы выносливости.** Например, препараты, меняющие формулу крови, увеличивающие количество эритроцитов в крови и содержание гемоглобина в ней. Эти препараты довольно трудно обнаружить, так как их применение может быть проведено задолго до соревнований. Поэтому у допинг-контроля вызывает подозрение само увеличение в крови эритроцитов или гемоглобина. Эта

позиция вызывает больше всего нареканий у тренеров и спортсменов, так как указанное повышение может быть, во-первых, результатом тренировки в горах, а, во-вторых, у ряда людей от природы эти показатели высокие. Поэтому контроль по этой группе проводится в динамике, то есть пробы берутся в разное время года и суток, даже ночью. К этой группе примыкает и *кровавый допинг*, когда спортсмену делается дополнительное переливание крови перед стартом. Как правило, кровь берут и замораживают у самого спортсмена, чтобы не вызвать отторжения переливаемой крови.

4. В этой группе – препараты, которые допингом сами не являются, но могут маскировать его присутствие в организме. Например, диуретики, то есть препараты, способствующие эвакуации допинга из организма.

Допинг-контроль – это специальная процедура, направленная на выявление допинга. Для этого у спортсмена берется кровь и моча. Проба, взятая у спортсмена делится на две группы – пробу А и пробу В. Если после анализа пробы А допинга не обнаруживается, то процедура на этом завершается. Если в пробе А обнаружено запрещенное вещество, то анализу подвергается проба В, чтобы исключить случайность. Если же и после этого обнаружен запрещенный препарат, то выносится решение о наказании спортсмена [1].

К средствам восстановления относится рациональное питание. Питание в организме человека выполняет ряд важнейших функций: снабжает организм энергией, строительным материалом, витаминами, минеральными веществами и водой.

2.2 Особенности питания при мышечной деятельности

Под питанием обычно понимается поступление пищи в организм, расщепление пищевых веществ и последующее их всасывание. Процесс переваривания в основном сводится к ре-

акциям гидролиза веществ под действием ферментов пищеварительных соков – слюны, желудочного сока, панкреатического сока, кишечного сока. Всасывание осуществляется клетками кишечного эпителия. Выделяют следующие основные функции питания:

– *пластическая функция* – после расщепления в желудочно-кишечном тракте до мономеров (строительных блоков) белки, липиды, полисахариды, а также витамины и минеральные соединения используются для построения различных тканей и органов;

– *регуляторная функция* заключается в том, что пищевые вещества (белки, витамины, микроэлементы) используются для синтеза ферментов и других биологически активных веществ, которые оказывают влияние на скорость различных реакций и физиологических процессов;

– *поддержание кислотно - основного баланса и осмотического постоянства жидкостей организма* – эту функцию выполняют в основном белки, минеральные соли, низкомолекулярные растворимые соединения и вода.

На основании многовековых традиций и многочисленных научных исследований сформировались *принципы рационального питания*. Они выражаются в следующем.

– Энергетическая ценность пищевого рациона должна соответствовать энергетическим затратам организма.

– Пищевой рацион должен быть сбалансирован по важнейшим пищевым компонентам, то есть должен содержать белки, жиры и углеводы в строго определенной пропорции.

– Пищевой рацион должен содержать адекватное количество витаминов и минеральных веществ.

– Пищевой рацион должен содержать балластные вещества.

– Должен соблюдаться режим питания.

Энергетическую ценность рациона называют калорийностью. Калорийность оценивается с помощью прибора – калориметра, который регистрирует тепловую энергию, выделяющуюся при сжигании порций пищи [4; 10-12].

Минимальное количество энергии, необходимое в покое для поддержания физиологических функций и процессов анаболизма называется **основным обменом**. У нетренированных людей, ведущих малоактивный образ жизни, основной обмен составляет от 2500 до 2000 ккал, у спортсменов он может достигать 7000 ккал и выше.

Сбалансированность питания – это правильное соотношение в пищевом рационе углеводов, жиров и белков. Считается, что в суточном рационе животных белков должно быть не менее 50% от содержания белков. Около 60% суточной потребности в энергии должны давать углеводы. Суточный рацион взрослого человека должен содержать до 100 г жиров, что составляет около 35% от его калорийности. Рацион должен содержать небольшие количества витаминов и солей.

Основные рекомендации, вытекающие из теории сбалансированного питания, сводятся к следующим положениям:

- энергетическая ценность рациона должна соответствовать количеству энергии, израсходованной организмом в процессе жизнедеятельности;

- энергетические затраты складываются из величины основного обмена (энергии, необходимой для поддержания жизнедеятельности), затрат энергии на процессы усвоения пищи и на различные виды деятельности, особенно на двигательную активность. В среднем величина суточных энергозатрат в зависимости от возраста и интенсивности труда колеблется от 2200 до 4000 у мужчин и от 2000 до 3000 ккал в сутки у женщин. У спортсменов в зависимости от вида спорта и характера тренировочной нагрузки могут составлять 4000- 7000 ккал в сутки;

- энергия в организм человека поступает с пищей в виде углеводов, жиров и белков, но эти же пищевые вещества выполняют не только энергетическую роль, они также участвуют в построении клеточных структур, в регуляции различных физиологических процессов. В связи с этим рекомендуется соблюдать определенное соотношение в рационе белков, жиров и углеводов, которое необходимо изменять в зависимости от возраста, пола, состояния здоровья и физической активности человека [4; 10-12].

Балластные вещества – это пищевые волокна, то есть клетчатка, пектин, лигнин. Эти вещества нужны для улучшения пищеварения. Правильный режим питания необходим для ритмичного и эффективного усвоения пищи и нормального протекания метаболических процессов. Общепринятым является трех- четырехразовое питание с интервалом между приемами пищи 3-4 часов.

Питание должно не только удовлетворять физиологические потребности человека в пищевых веществах и энергии, но и выполнять профилактические задачи. Необходимым условием правильного питания является наличие в рационе оптимального, соответствующего потребностям человека количества белков, жиров, углеводов, которые служат источниками энергии и пластическими веществами, а также биологически активных веществ (витаминов, минеральных элементов).

Правильное питание включает также соблюдение режима питания, то есть определенное время и количество приемов пищи, распределение пищевого рациона по энергоценности, химическому составу, продуктовому набору. Важны условия приема пищи – соответствующая обстановка, сервировка стола, отсутствие отвлекающих от еды факторов. Это способствует хорошему аппетиту, лучшему пищеварению и усвоению пищи.

Среди различных пищевых веществ выделяют те, которые не могут синтезироваться в организме или синтезируется с недостаточной скоростью и в ограниченном количестве. Они получили название незаменимых или эссенциальных. К таким веществам относят незаменимые аминокислоты, полиненасыщенные жирные кислоты, витамины и витаминоподобные вещества, минеральные вещества, микроэлементы. Их поступление в организм является обязательным [4; 10-12].

Кроме этих основных групп веществ с пищевыми продуктами в организм попадают соединения, оказывающие влияние на различные стороны обмена веществ, необходимые для нормальной деятельности органов пищеварения и организма в целом. К ним можно отнести пищевые волокна (клетчатка, пектины), живые микроорганизмы (пробиотики), ферменты, органические соли, а также некоторые биологически активные соединения – алкалоиды, гликозиды и другие вещества, которые действуют на функциональную активность различных органов и систем.

Для питания спортсменов характерно:

- большой расход энергии;
- быстрое расщепление белков;
- увеличенная потребность в коферментах, а, значит, в витаминах;
- повышенная потребность в минеральных веществах;
- повышенная кратность приема пищи;
- применение биологически активных добавок, которые содержат аминокислоты, углеводные добавки, поливитаминовые комплексы.

В рационах питания молодых здоровых людей, занятых преимущественно умственным трудом в условиях умеренного климата, соотношение между белками, жирами и углеводами в норме должно составлять 1: 1,1: 4,1, а для тех, кто занимается тяжелым физическим трудом – 1: 1,3: 3,5. При расчетах за

1 принимают количество белка. Например, если в рационе 90 г белка, 80 г жира и 450 г углеводов, соотношение будет – 1: 0,9: 5. Таким образом, белки должны составлять 11-13%, жиры – 33%, углеводы – 54-56 % суточной калорийности рациона. По рекомендациям Всемирной организации здравоохранения вклад в энергоценность суточного рациона белков должен составлять 10-15%, жиров – 15-30%; углеводов – 50-75%.

В клетках организма происходит расщепление и окисление этих веществ, в результате из них извлекается энергия и используется для различных целей. При окислении 1 г углеводов или белков освобождается около 4 ккал (17 кДж), а жиров – 9 ккал (37 кДж).

При различных заболеваниях соотношение белков, жиров и углеводов должно быть изменено. Так, при ожирении, при атеросклерозе необходимо уменьшить количество жиров и углеводов (соотношение 1: 0,7: 1,5), при хронической почечной недостаточности — уменьшить количество белка (соотношение 1: 2: 10).

Содержание белка в рационе является необходимым условием правильного питания. При этом имеет значение не только общее количество белка, но и соотношение между белками животного и растительного происхождения. Белки растительных продуктов заключены в оболочки из полисахаридов, поэтому хуже усваиваются. Кроме того, в них в недостаточном количестве содержатся некоторые незаменимые аминокислоты, чаще всего лизин, метионин, триптофан, треонин. В отличие от растительных, белки животных продуктов содержат все незаменимые аминокислоты в оптимальных соотношениях. Доля животных белков должна составлять 55% от общего количества белков в рационе, т.к. при таком соотношении в организм поступает достаточное количество незаменимых аминокислот [4; 10-12].

В жировой части рациона рекомендуется соблюдать соотношение между различными типами жиров. Насыщенные жиры поступают в основном с продуктами животного происхождения. Среди моновенасыщенных жирных кислот преобладает олеиновая, ее особенно много содержится в оливковом масле. Полиеновые или полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) являются незаменимыми веществами, поскольку не могут синтезироваться в организме и должны поступать с пищей. Полиненасыщенная линолевая кислота (омега-6), входит в основном в состав растительных масел (кукурузного, подсолнечного). Альфа-линоленовая кислота, из которой могут образоваться ПНЖК омега-3, содержится в льняном и конопляном масле. Источником ПНЖК семейства омега-3 являются жиры морских рыб.

Жирные кислоты образуют в тканях биологически активные вещества («тканевые гормоны»), которые по-разному влияют на обмен веществ и функции внутренних органов. Поэтому в рационе должно содержаться 30% насыщенных, 65% – моновенасыщенных и 5% – полиненасыщенных жирных кислот. Избыток полиненасыщенных жирных кислот может неблагоприятно влиять на обмен веществ. При среднем потреблении взрослым человеком 2500 ккал в сутки количество ПНЖК должно составлять примерно 28 г. При этом соотношение между омега-6 и омега-3 полиненасыщенными жирными кислотами должно быть 10:1 для здорового человека и от 5:1 до 3:1 – для лечебного питания.

Усвояемые углеводы являются основными источниками энергии. Они подразделяются на простые (моно- и дисахариды) и сложные углеводы (полисахариды – крахмал, гликоген). Полисахариды медленнее расщепляются в желудочно-кишечном тракте, что обеспечивает более равномерное поступление глюкозы в кровь. Рекомендуется соблюдать определенное соотношение между простыми (сахароза, глюкоза) и

сложными углеводами (крахмалы). Для здоровых молодых людей это соотношение равно – 1:4. В среднем суточная потребность в углеводах составляет – 300-400 г в день, соотношение 1:4 достигается при употреблении 75-80% крахмала от общего количества углеводов, 15-20% простых углеводов.

Большое значение имеет также поступление с пищей неусвояемых углеводов (пищевых волокон), основными представителями которых являются клетчатка и пектины, содержащиеся в зерновых продуктах, овощах, фруктах. Хотя эти вещества не расщепляются пищеварительными ферментами, но имеют большое значение в питании. Они усиливают перистальтику кишечника, способствуя перемещению пищи, связывают токсические вещества, необходимы для обеспечения нормального функционирования микрофлоры кишечника. Рекомендуется употребление примерно 25-30 г в сутки пищевых волокон [4; 10-12].

В пищевом рационе должно содержаться необходимое для организма количество витаминов. Потребность в витаминах изменяется в зависимости от массы тела, состояния организма и суточных затрат энергии. Так, на каждую 1000 ккал рациона рекомендуется потребление витамина С – 25 мг, В₁ – 0,6 мг, В₂ – 0,7 мг, В₆ – 0,7 мг, РР – 6,6 мг. В лечебном питании эти цифры более высокие и зависят от характера заболевания.

Определены нормы содержания в рационе 19 минеральных веществ. Причем важно не только достаточное поступление различных минералов с пищей, но и их соотношение. При нарушении сбалансированного соотношения различных минералов может изменяться усвоение и выделение их из организма. В частности, установлено оптимальное соотношение между солями кальция, фосфора и магния, оно должно составлять 1: 1,5: 0,5. Здоровье может быть сохранено только при условии полного удовлетворения физиологических потребностей организма в энергии и пищевых веществах, в первую очередь, эссенциальных. При нарушении требований полноценного сба-

лансированного питания могут развиваться патологические состояния, возникающие от недостатка или избытка поступающих с пищей веществ. Они могут заключаться в ухудшении обмена веществ, нарушении адаптационных возможностей организма и сопротивляемости к действию неблагоприятных факторов окружающей среды, ухудшении функции отдельных органов и систем организма, а также развитию клинических симптомов алиментарных заболеваний (связанных с расстройством питания) – авитаминоз, ожирение, эндемический зоб и другие.

Питание при занятиях физической культурой и спортом в основном должно соответствовать общим принципам сбалансированного питания. Однако питание спортсменов отличается от питания большинства людей, не занимающихся спортом. Это связано, во-первых, с тем, что у большинства спортсменов энергетические затраты выше на 30-40%, а иногда и в 3-6 раз. Во-вторых, во время напряженных тренировок и соревнований интенсивность нагрузок очень велика, они выполняются в условиях кислородной задолженности и высокого эмоционального напряжения. Поэтому при занятиях спортом существенно изменяется потребность в энергии и основных пищевых веществах. Кроме того, в период напряженных тренировок и соревнований при традиционных режимах приема пищи трудно потребить достаточное количество энергии и пищевых веществ. В таких случаях возникает необходимость использовать специальные приемы увеличения работоспособности за счет особого режима питания и использования специальных продуктов. Одним из основных требований к правильному питанию является соответствие энергетической ценности питания энергетическим затратам [4; 10-12].

Энергетические затраты при занятиях спортом зависят от специализации, типа тренировочных и соревновательных нагрузок. Спортсмены различных специализаций могут затра-

чивать от 2000 ккал в сутки (шахматисты, гимнасты) до 7000 (штангисты, велогонщики). В некоторых случаях (лыжные гонки, марафонский бег и т.п.) затраты энергии больше 10 000 ккал в сутки. Характерны высокие затраты энергии также для представителей игровых видов спорта (табл. 1). Так, у мужчин баскетболистов они могут составлять 5500 ккал в сутки.

Таблица 1 – Среднесуточное потребление энергии у спортсменов различных специализаций (ккал)

Спортсмены	Мужчины	Женщины
Гимнасты и фигуристы	2000-2900	1200-1950
Бегуны	3200-4200	2000-2500
Пловцы	3500-5200	2050-3500
Тяжелоатлеты	3600-4600	-

Следует отметить, что расход энергии у рабочих, занятых тяжелым физическим трудом (4000 - 5000 ккал в сутки), сопоставим с энерготратами спортсменов, но при спортивных нагрузках затрачивается больше энергии в единицу времени. Особенно большое количество энергии в единицу времени расходуется при работе в зонах максимальной и субмаксимальной мощности, которая выполняется в анаэробном режиме (в условиях кислородной задолженности). При крайнем физическом напряжении уровень энергозатрат на короткое время увеличивается в 8 раз.

Кроме того, расход энергии зависит от эмоционального состояния спортсменов. Эмоциональный стресс приводит к значительному увеличению затрат энергии. В частности, в условиях соревнований энергетические затраты увеличиваются на 26-29% по сравнению с тренировкой. При недостаточной калорийности рациона организм расходует запасные углеводы и жиры, а затем белки. Это приводит к снижению физической работоспособности и иммунитета, а также к развитию атрофии

мышц, анемии, задержке роста. При избыточной калорийности рациона часть углеводов и жиров не используется и откладывается в виде жира, что может привести к снижению работоспособности и развитию заболеваний.

Следовательно, для правильной организации питания спортсменов необходимо учитывать индивидуальные энергетические траты спортсмена и изменять энергетическую ценность рациона в зависимости от типа нагрузок и построения тренировочного цикла [4; 10-12].

При занятиях спортом потребность в основных пищевых веществах (макронутриентах) – белках, жирах и углеводах увеличивается. Кроме того, доказано, что для обеспечения здоровья и работоспособности пищевые вещества должны поступать не только в определенном количестве, но и в сбалансированном соотношении, так как помимо энергетических функций эти вещества необходимы для обновления органов и тканей, а также для выполнения различных физиологических функций. Наиболее полное удовлетворение энергетических и пластических потребностей человека, занятого преимущественно умственным трудом, достигается при сбалансированном поступлении с пищей углеводов, жиров и белков. При этом углеводы должны обеспечивать 50-55%, жиры 30-35%, белки 10-15% общей калорийности рациона.

При занятиях физической культурой и спортом увеличивается работа в анаэробном режиме, в качестве источника энергии интенсивно расходуются углеводы. Поэтому в питании спортсменов по сравнению с людьми, не занимающимися физкультурой и спортом, должно быть увеличено относительное употребление углеводов. Содержание углеводов в пищевом рационе спортсменов должно составлять 60-70% энергоценности суточного рациона, т.е. примерно около 10 г на 1 кг массы тела (500-1000 г в сутки). Часть этого количества составляют простые сахара, особенно важные при кратковремен-

ной интенсивной работе. При этом доля жиров уменьшается до 20-30% суточной калорийности.

Как известно, во время мышечной работы происходит распад белковых структур, а в период отдыха наблюдается усиление синтеза тех белков, которые в наибольшей степени использовались при работе. Эти процессы составляют биохимическую основу адаптации к физическим нагрузкам и обуславливают повышенную потребность в белках при занятиях спортом. Поэтому спортсменам необходимо повышенное содержание в рационе не только углеводов, но и белков. При физических нагрузках увеличивается интенсивность обмена веществ и соответственно возрастает потребность в витаминах, которые необходимы для синтеза различных ферментных комплексов, ответственных за скорость важнейших энергетических процессов [4; 10-12].

Биохимические основы выносливости спортсменов

Выносливость – это способность к продолжительному выполнению работы на заданном уровне мощности до первых признаков выраженного утомления. Выносливость определяется предельным временем работы до отказа или временем работы с заданной интенсивностью до полного исчерпания имеющихся энергетических ресурсов. Скорость реализации энергетических запасов зависит от количества и активности ферментов, участвующих в процессе, и от особенностей нервной и гормональной регуляции. В соответствии с тремя различными путями энергообеспечения выделяют три компонента выносливости – алактатный, гликолитический и аэробный.

Различные виды специальной выносливости отличаются разным соотношением этих компонентов. Например, биохимической основой скоростной выносливости при беге на 60 м преимущественно является алактатный компонент, его вклад составляет 70% (значение других компонентов – гликолитиче-

ского (20%) и аэробного (10%)). При выполнении продолжительных нагрузок невысокой интенсивности преимущественное значение имеет вклад аэробного компонента выносливости. Возможности каждого компонента выносливости могут быть выражены следующим образом:

Запасы энергии

$$\text{Выносливость (время, мин)} = K \cdot \frac{\text{Запасы энергии}}{\text{Скорость расхода энергии}},$$

где K – эффективность процесса

Биохимической основой **алактатного компонента выносливости** является содержание креатинфосфата в мышцах, активность АТФ-азы миозина и креатинфосфокиназы. Для развития и совершенствования каждого метаболического процесса требуется нагружать его в тренировочных упражнениях. Например, для увеличения возможностей алактатного компонента выносливости (при развитии скоростных качеств) рекомендуют применять нагрузки по интенсивности близкие к максимальным (90-100 %) продолжительностью 2-3 с (не более 10 с) (в серии не рекомендуется делать больше 5). Например, плавание 10-15 м, бег 50- 60 м, прыжки (при этом наблюдается распад АТФ и креатинфосфата). Во время пауз между упражнениями (1,5-3 мин), происходит восстановление запасов креатинфосфата в мышцах. Повторение серий упражнений (8-10) с продолжительностью отдыха между сериями 5-6 минут позволяет избежать значительной активации гликолиза и максимально снизить запасы креатинфосфата в мышцах. Во время отдыха после тренировки наблюдается выраженная суперкомпенсация креатинфосфата и увеличение активности АТФ-азы миозина, что создает предпосылки для увеличения мощности и емкости алактатного компонента выносливости

Гликолитический анаэробный компонент выносливости обусловлен содержанием гликогена в мышцах, количе-

ством и активностью ферментов гликолиза, а также возможностями буферных систем к поддержанию кислотно-щелочного равновесия в организме.

Для развития гликолитического компонента используют нагрузки продолжительностью от 30 сек до 3 минут с мощностью, близкой к предельной. Например, плавание 50, 100, 200 м; бег – 300, 400 м (упражнения повторяются 3-4 раза). Интервалы между ними могут быть равны по продолжительности времени упражнения или постепенно сокращаются - 6, 4, 2 минут (или 3, 2, 1). Такая организация упражнений вызывает распад мышечного гликогена и образование молочной кислоты. Короткие интервалы отдыха между упражнениями недостаточны для устранения лактата. Отдых между сериями (15-20 минут) позволяет несколько снизить уровень лактата, но все же каждое упражнение выполняется на фоне повышенного уровня лактата и приводит к значительному накоплению его и сдвигу водородного показателя в кислую сторону. Такая организация тренировки позволяет достичь максимального истощения углеводных ресурсов, максимального накопления лактата и способствует формированию устойчивости организма к повышенной кислотности. При развитии адаптации к таким упражнениям в мышцах увеличивается содержание гликогена, увеличивается мощность гликолитического процесса энергообеспечения и его емкость. **Аэробный компонент выносливости** зависит от трех важнейших условий:

1. Запасов в организме доступных источников энергии и их поступления к работающим мышцам.
2. Доставки кислорода к работающим мышцам.
3. Возможностей использования кислорода работающими мышцами.

Источниками энергии при аэробных нагрузках являются углеводы, жирные кислоты, кетоновые тела, аминокислоты, которые поступают в мышцы с кровью. Для обеспечения

мышц этими энергетическими субстратами большое значение имеет функциональное состояние печени, эндокринной системы, влияющей на мобилизацию энергетических субстратов и поступление их в мышцы.

Количество кислорода, поступающее к мышцам, зависит от диффузионной способности легких, кислородной емкости крови, деятельности сердца, развития капиллярной сети в мышцах и содержания в них миоглобина, который обеспечивает перенос кислорода внутри мышечных клеток к митохондриям. Поэтому мышцы с большим содержанием красных мышечных волокон, богатых миоглобином, проявляют более высокую аэробную выносливость.

Возможности использования кислорода в мышечных клетках находятся в прямой зависимости от количества и размера митохондрий, в которых при участии кислорода происходит окислительное фосфорилирование. Для синтеза АТФ имеет значение количество и активность ферментов аэробного окисления, а также структура мембран митохондрий, которая обуславливает сопряженность процессов окисления и образования АТФ, т.е. эффективность аэробного окисления [4; 6; 12].

В тренировке, направленной на развитие аэробного компонента выносливости, используются методы однократной непрерывной, повторной и несколько вариантов интервальной работы. При использовании методов однократной непрерывной и повторной работы общая продолжительность упражнения должна составлять не менее 3 минут, что необходимо для достаточной активации аэробного процесса окисления и выхода на стационарный уровень потребления кислорода. При однократной непрерывной работе объем нагрузки, достаточный для адаптационных перестроек в организме составляет не менее 30 минут и может продолжаться до 2-3 часов. Интенсивность упражнения должна вызывать значительную активацию процессов окисления в тканях (около МПК), что требует значительного напряжения кардио-респираторной системы.

При переменном режиме тренировки повторяются упражнения, длительность которых превышает период вработывания (3-6 минут). Повторение таких нагрузок заставляет организм постоянно переключаться, изменять активность аэробного окисления, что является стимулом для совершенствования деятельности систем вегетативного обеспечения. Подобные типы тренировочной работы способствуют повышению аэробной мощности и эффективности.

Интервальные режимы тренировок предусматривают использование анаэробных нагрузок, которые выполняются через определенные короткие интервалы отдыха. Интервальная тренировка по «Фрайбургскому правилу» заключается в повторении в течение 20 минут кратковременных упражнений (от 30 до 90 секунд) с интервалами отдыха такой же продолжительности. Незначительная активация гликолиза в этом случае наблюдается при первых 5-6 повторениях, а затем существенно увеличивается активность аэробных процессов окисления в тканях и происходит улучшение работы сердечно-сосудистой системы [4; 6; 12].

Миоглобинная интервальная тренировка заключается в использовании очень коротких (5-10 сек) периодов работы средней интенсивности с такими же интервалами отдыха. Но время кратковременных упражнений расходуются запасы кислорода, который связан с миоглобином мышц. Во время пауз отдыха между упражнениями запасы кислорода в мышцах восстанавливаются. Такая работа способствует развитию аэробной эффективности.

Использование различных методов развития энергетических процессов позволяет совершенствовать все основные компоненты выносливости. Необходимым условием достижения высоких спортивных результатов является достаточное развитие двигательных качеств (силы, быстроты, выносливости, координации, гибкости и. т. п.) с учётом биохимических

предпосылок. Изучение основных закономерностей, обуславливающих развитие скоростно-силовых качеств, помогает повысить эффективность тренировочного процесса спортсменов.

Рассмотрим основные скоростно-силовые качества.

Быстрота (скоростные возможности) – это комплекс функциональных свойств организма, определяющих время двигательного действия. Быстрота определяется временем двигательной реакции, скоростью одиночного мышечного сокращения, частотой мышечных сокращений.

Скорость – это способность совершать максимальное количество двигательных действий в минимальный отрезок времени, а также координировать свои усилия в зависимости от внешних условий (величина внешнего сопротивления, длительности, характера и интенсивности работы).

Сила – это способность преодолевать внешнее сопротивление, либо противодействовать ему посредством мышечных усилий. Иными словами, это максимальное усилие, которое может произвести мышца или группа мышц. **Мощность** включает два компонента – силу и скорость.

Скоростно-силовые качества зависят главным образом от структурно - морфологических особенностей мышечного волокна и от развития процессов энергообеспечения работающих мышц [6; 12]. Скорость мышечного сокращения на уровне отдельных двигательных единиц зависит от следующих факторов:

1. Частоты импульсации нейронов, которая определяется потоком возбуждений, приходящих от двигательной зоны коры головного мозга.

2. Числа активированных нейронов, связанных с мотонейронами спинного мозга, которые участвуют в управлении работой мышц.

3. Мощности потока ионов кальция в мышечном волокне и развития саркоплазматической сети.

4. Величины АТФ-азной активности миозина, от которой зависит скорость ферментативного расщепления АТФ.

5. Возможности анаэробных энергетических процессов – креатин-фосфокиназного и гликолитического.

Кроме того, проявление скоростных качеств зависит от возможностей моторной зоны ЦНС, вегетативной нервной системы, соотношения быстро и медленно сокращающихся мышечных волокон, особенностей биомеханического строения мышцы.

Сила и скорость сокращения связаны с биохимическими и морфологическими особенностями мышечного волокна. Величина усилия, развиваемого в сокращающейся мышце, пропорциональна числу поперечных спаек между актиновыми и миозиновыми нитями в миофибриллах.

Факторами, лежащими в основе качества силы, являются:

1. Количество структурных белков мышц, которые обеспечивают сокращение, расслабление, а также механическую прочность и эластичность мышечного волокна. Биохимической основой силы являются: длина саркомера, которая пропорциональна длине толстых миозиновых нитей; общее содержание в мышцах сократительного белка актина; количество белков сарколеммы (коллагена и эластина) и миостроминов, которые обеспечивают прочность и эластичность мышечного волокна.

2. АТФ-азная активность миозина.

3. Возможности анаэробного ресинтеза АТФ – креатин-фосфокиназного и гликолитического.

Сила мышцы в целом и особенно больших мышечных групп зависит от особенностей центрально-нервных, физиологических, биомеханических и морфофункциональных признаков организма спортсмена.

Сила и скорость сокращения имеют много общих структурно-морфологических и энергетических особенностей. Для их развития большое значение имеет активность АТФ-азы миозина и возможности анаэробных процессов ресинтеза АТФ. Кроме того, эти качества тесно связаны с особенностями стро-

ения мышц, в частности, с длиной саркомеров в мышечных волокнах и соотношением белых и красных мышечных волокон в работающих мышцах.

Экспериментальные исследования показывают, что величина максимального мышечного усилия прямо пропорциональна длине миозиновых нитей, которая зависит от длины саркомера, и общему содержанию в мышце сократительного белка актина. Таким образом, чем длиннее саркомер, тем больше сила, так как усилие, которое развивается в результате взаимодействия актиновых и миозиновых нитей, зависит от числа образованных поперечных спаек, т.е. от площади наложения тонких актиновых нитей на толстые миозиновые [6; 12].

Максимальная скорость сокращения тоже зависит от длины саркомера, причем, чем короче саркомер, тем больше скорость сокращения мышечного волокна. То есть, большая сила развивается в мышцах с длинными саркомерами, а большая скорость сокращения – в мышцах с короткими саркомерами. Кроме того, скорость сокращения пропорциональна АТФ-азной активности миозина [3; 6; 10].

Поскольку мощность является произведением силы на скорость, то очевидно, что мощность, развиваемая мышцей, зависит от суммарной АТФ-азной активности миофибрилл, а она примерно в 4 раза выше в быстро сокращающихся (белых) мышечных волокнах. В соответствие с этим максимальная мощность сокращения мышцы тесно связана с содержанием в ней таких волокон. Бегуны-спринтеры, в икроножной мышце которых содержание быстрых волокон достигает 60%, превосходят по значениям максимальной мощности бегунов на длинные дистанции, у которых быстро сокращающиеся волокна составляют только 35%.

Соотношение быстрых и медленных волокон в мышцах, а также длина саркомеров и миозиновых нитей – это генетически обусловленные факторы. Поэтому основными задачами,

которые решаются в процессе развития скоростно-силовых качеств, являются повышение АТФ-азной активности миозина, усиление синтеза сократительных белков в мышцах, а также развитие возможностей алактатного и гликолитического анаэробных путей образования АТФ.

Для развития скоростно-силовых качеств в настоящее время используются два основных методических приема – метод максимальных усилий и метод повторных упражнений.

Метод максимальных усилий направлен на развитие максимальной силы. Применяются упражнения по структуре близкие к соревновательным, они выполняются с предельным усилием, небольшим числом повторений (4-6) и нерегламентированными интервалами отдыха (около 1,5-2 минут). Биохимические изменения в мышцах при использовании этого метода приводят к увеличению АТФ-азной активности миозина. Во время интервалов отдыха происходит восстановление содержания креатинфосфата в мышцах, что обеспечивает выполнение упражнений с максимальной силой. При большем числе повторений происходит снижение концентрации креатинфосфата, что приводит к усилению гликолиза, угнетению АТФ-азы миозина, и в результате к снижению мощности упражнения.

Метод повторных предельных упражнений применяется для усиления синтеза сократительных белков и увеличения мышечной массы. Применяются упражнения с отягощением не более 70% максимальной силы с большим числом повторений до отказа с небольшими (10-30 с) интервалами отдыха.

В таких условиях резко уменьшается кровоток в мышцах, что сопровождается развитием локальной гипоксии, исчерпываются алактатные резервы. При этом активизируется гликолиз, накапливается молочная кислота, что способствует распаду белков. В период восстановления после работы креатин и продукты распада белка служат активаторами белкового синтеза. При систематическом проведении тренировок такого типа в

мышцах увеличивается содержание сократительных белков и возрастает общий объем мышечной массы.

Необходимым требованием к упражнениям скоростно-силовой направленности является соответствие структуры основного упражнения и создание условий для максимальной мобилизации на выполнение упражнения. Поскольку максимальная сила проявляется при скорости равной нулю, а наибольшая скорость при относительно небольшой силе сокращения, это следует учитывать при планировании тренировочных занятий. Величина усилия при развитии максимальной силы мышц должна составлять от 70 до 100% индивидуального максимума, при развитии максимальной скорости – от 20 до 40%, при развитии мощности, т.е. способности к комплексному проявлению силы и скорости сокращения – 40 -70% [3; 6; 10].

2.3 Роль гормонов в мышечной деятельности

Рассмотрим основные механизмы нервно-гуморальной регуляции мышечной деятельности. Любая физическая работа сопровождается изменениями скорости метаболических процессов. Необходимая перестройка метаболизма во время мышечной деятельности происходит под воздействием нервно-гуморальной регуляции. Выделяют следующие механизмы нервно-гуморальной регуляции мышечной деятельности.

При мышечной работе повышается тонус симпатического отдела вегетативной нервной системы, который отвечает за работу внутренних органов и мышц. Рассмотрим последовательность изменений, происходящих в лёгких при мышечной деятельности.

Активация симпатической нервной системы (СНС) → лёгкие → повышение частоты дыхания → расширение бронхов → увеличение лёгочной вентиляции → улучшение обеспечения организма кислородом.

Аналогичная последовательность изменений под влиянием физической нагрузки происходит в сердечно-сосудистой системе:

Активация симпатической нервной системы → сердце → повышение частоты сердечных сокращений → увеличение скорости кровотока → улучшение обеспечения органов (мышц) кислородом и питательными веществами.

Кроме того, под влиянием симпатической системы усиливается потоотделение, улучшая тем самым терморегуляцию. СНС оказывает замедляющее влияние на работу почек, кишечника, усиливает мобилизацию жира из жировых депо.

Не менее важную роль в перестройке организма во время мышечной работы выполняют гормоны, особенно – гормоны надпочечников. Мозговой слой надпочечников вырабатывает **катехоламины – адреналин и норадреналин**. Выделение гормонов мозгового слоя в кровь происходит при различных эмоциях и стрессах. Биологическая роль этих гормонов – создание оптимальных условий для выполнения мышечной работы большой мощности и продолжительности путем воздействия на физиологические функции и метаболизм.

Попадая в кровь, катехоламины дублируют действия симпатических импульсов: вызывают повышение частоты дыхания, расширение бронхов. Под действием адреналина повышается частота сердечных сокращений и их сила; происходит перераспределение крови в сосудистом русле.

В печени эти гормоны вызывают ускоренный распад гликогена. В жировой ткани катехоламины активизируют липазы, ускоряя тем самым распад жира, в мышцах – активизируют распад гликогена [4; 10-12].

Гормоны коркового слоя надпочечников также активно участвуют в активизации мышечной работы. Их действие заключается в том, что они подавляют действие фермента гексокиназы, чем способствуют накоплению глюкозы в крови. По-

сколькx эти гормоны не действуют на нервные клетки – это дает возможность питать нервные клетки, поскольку глюкоза для них практически единственный источник энергии. Гормоны – глюкокортикоиды – тормозят анаболические процессы и в первую очередь биосинтез белков. Это дает возможность использовать высвободившиеся молекулы АТФ для работы мышц. Кроме того, они стимулируют синтез глюкозы из углеводовных субстратов.

Для нормального функционирования многоклеточного организма необходима взаимосвязь между отдельными клетками, тканями и органами. Эту взаимосвязь осуществляют:

- центральная и периферическая нервные системы через нервные импульсы и нейромедиаторы;
- эндокринная система через эндокринные железы и гормоны, которые секретируются в кровь и влияют на метаболизм различных клеток-мишеней;
- иммунная система через специфические белки (цитокины, антитела);

Гормональная регуляция обмена веществ и функций организма

Выделяют следующие уровни регуляции обмена веществ и функций организма:

1 уровень – *центральная нервная система*. Нервные клетки получают сигналы из внешней и внутренней среды, преобразуют их нервный импульс и передают через синапсы, используя химические сигналы – медиаторы. Медиаторы вызывают изменения метаболизма в эффекторных клетках.

2 уровень – *эндокринная система*. Включает гипоталамус, гипофиз, периферические эндокринные железы, синтезирующие гормоны и высвобождающие их в кровь.

3 уровень – *внутриклеточный*. Его составляют изменения метаболизма в пределах клетки, происходящие в результате:

изменения активности ферментов; изменения количества ферментов (по механизму индукции или репрессии синтеза белков или изменением скорости их разрушений); изменение скорости транспорта веществ через мембраны клеток.

Роль гормонов в регуляции обмена веществ и функций

Интегрирующими регуляторами, связывающими метаболизм в разных органах, являются гормоны. Они функционируют как химические посредники, переносящие сигналы, возникающие в различных органах и ЦНС. Ответная реакция клеток на действие гормона очень разнообразна и определяется как химическим строением гормона, так типом клетки, на которую направлено действие гормона. Для передачи сигналов в клетках гормоны должны распознаваться и связываться особыми белками клеток – рецепторами, обладающими высокой специфичностью. Синтез и секреция гормонов стимулируется внешними и внутренними сигналами, поступающими в ЦНС. Эти сигналы по нейронам поступают в гипоталамус, где стимулируют синтез пептидных **рилизинг-гормонов** (release-освободить) – *либеринов* и *статинов*, которые соответственно стимулируют или ингибируют синтез и секрецию гормонов передней доли гипофиза. Гормоны передней доли гипофиза, называемые тропными, стимулируют образование и секрецию гормонов периферических эндокринных желез, которые поступают в кровоток и взаимодействуют с клетками – мишенями (клетками, наиболее чувствительными к гормонам). Поддержание уровня гормонов в организме обеспечивает механизм «отрицательной» обратной связи. Изменение статических метаболитов в клетках-мишенях по механизму «отрицательной» обратной связи подавляет синтез гормонов, действуя либо на эндокринные железы, либо на гипоталамус. Синтез и секреция тропных гормонов подавляется гормонами эндокринных периферических желез. Такие петли действуют в си-

стемах регуляции гормонов надпочечников, щитовидной железы, половых желез (рис. 2). Однако не все эндокринные железы регулируются подобным образом. Например, секреция гормонов поджелудочной железы (инсулина и глюкагона) напрямую зависит от содержания глюкозы в крови. В регуляции межклеточных взаимодействий участвуют низкомолекулярные белки – цитокины. Цитокины синтезируются в процессе иммунного ответа организма, служат медиаторами иммунной и воспалительной реакции, действуют как факторы роста и факторы дифференцировки клеток, обладают полифункциональной активностью.

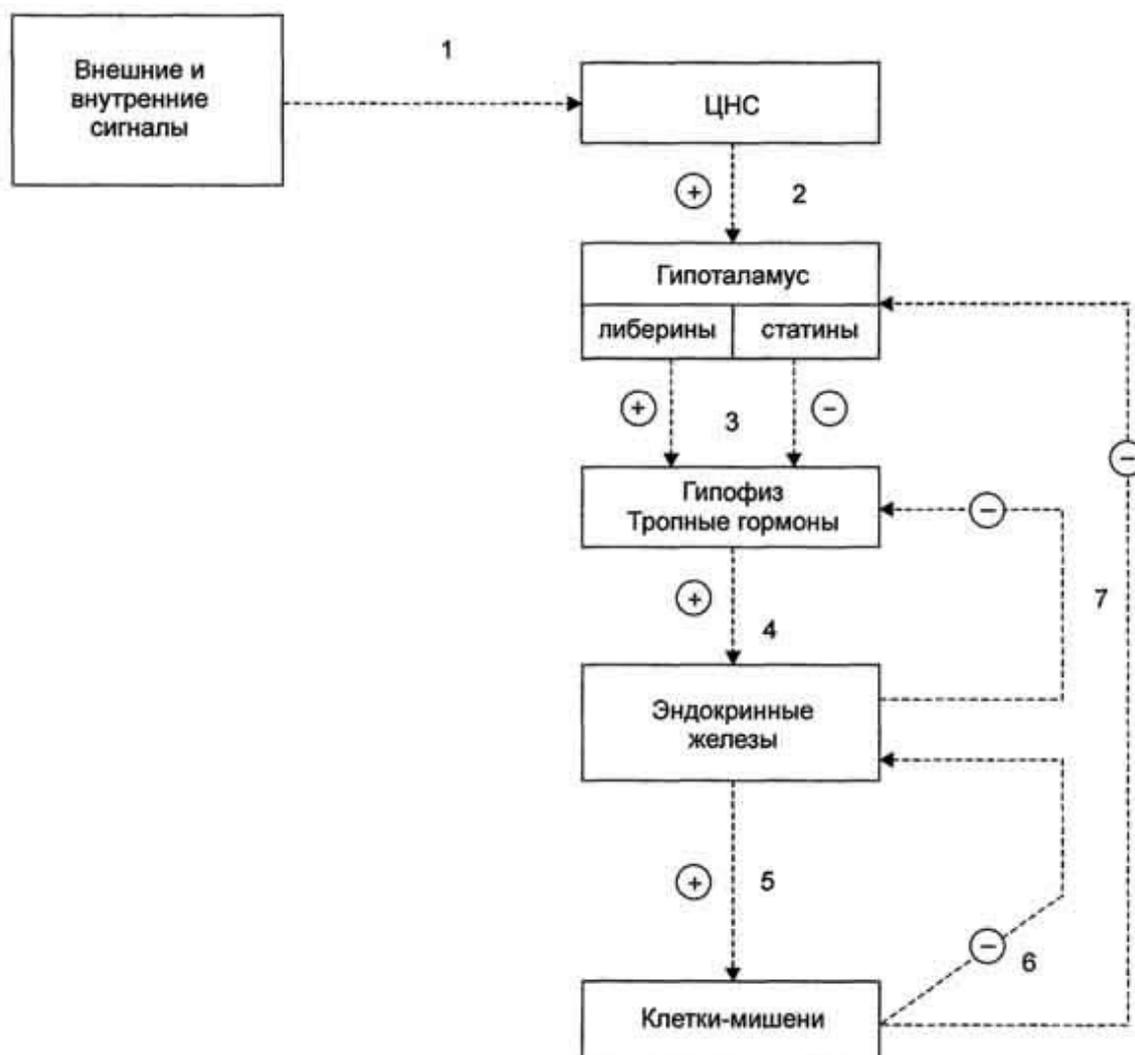


Рисунок 2 – Схема взаимосвязи регуляторных систем организма

Гормоны - вещества органической природы, вырабатываемые в железах внутренней секреции, поступающие в кровь или лимфу и регулирующие обмен веществ и развитие организма. Гормонам присущи следующие общие биологические признаки:

1. Дистантность действия (регулируют обменные процессы и функции на расстоянии).

2. Строгая специфичность (один гормон нельзя целиком заменить другим)

3. Высокая биологическая активность (достаточно очень малых количеств (порой десятка микрограмм)).

Рассмотрим классификацию гормонов и механизмы действия. Гормоны классифицируются:

1. По месту образования (гормоны гипофиза, поджелудочной железы и т.д.).

2. По механизму влияния на обменные процессы:

- на белковый обмен: анаболические (способствуют синтезу белков) и катаболические (способствуют распаду белков);

- на липидный обмен: липогенетические (способствуют синтезу липидов) и липолитические (способствуют распаду липидов);

- на углеводный обмен: активируют синтез углеводов (антидиабетогенные), распад углеводов (диабетогенные).

3. По химическому строению:

1) белково-пептидные гормоны гипофиза, поджелудочной железы, щитовидной железы (АКТГ, ТТГ, СТГ, ФСГ, инсулин, глюкагон).

2) производные аминокислот (адреналин, норадреналин, йодтиронины (Т3, Т4), меланотонин).

3) стероиды (половые гормоны: андрогены, эстрогены и гестагены, кортикостероиды).

Гормоны обычно связываются в крови со специфичными белками плазмы и доставляются к периферическим тканям, где

оказывают влияние на их обменные процессы и функции. Не все ткани одинаково реагируют на гормоны. Ткани (клетки, органы) с высокой чувствительностью к гормону называют «мишенями» для данного гормона [4; 10-12].

Различают следующие механизмы действия гормонов:

1. К первой группе относят гормоны, взаимодействующие с **мембранными рецепторами** (пептидные гормоны, адреналин и др.)

2. Вторая группа включает гормоны, взаимодействующие с **внутриклеточными рецепторами** (стероидные гормоны, йодтиронины)

Рассмотрим передачу гормональных сигналов через мембранные рецепторы. Гормоны (первичные посредники), связываясь с рецепторами на поверхности клеточной мембраны, вызывают изменение особых молекул внутри клетки – вторичных посредников. Вторичными посредниками наиболее часто являются: цАМФ и цГМФ, а также ионы кальция Ca^{2+} , 2'5'-олигоадениловый нуклеотид.

Гормоны, взаимодействие которых с рецептором приводит к образованию цАМФ, действуют через фермент аденилатциклазу. Образующийся под действием аденилатциклазы цАМФ оказывает влияние на обменные процессы (увеличение в клетке цАМФ способствует распаду углеводов, липидов, торможению синтеза белков).

Гормоны, взаимодействие которых с рецептором приводит к образованию цГМФ, действуют через фермент гуанилатциклазу. Образующийся под действием гуанилатциклазы цГМФ оказывает влияние на обменные процессы (увеличение в клетке цГМФ способствует синтезу углеводов, липидов, белков). Передача гормональных сигналов через внутриклеточные рецепторы характерна для гормонов, способных проникать через липидный слой клеточных мембран, т.е. для липофильных гормонов (стероидные гормоны, йодтиронины) (рис. 3).

Гормоны проникают через клеточные мембраны, связываются с цитозольными рецепторами, образуется комплекс гормон-циторецептор, который затем подвергается активации. В активированной форме комплекс гормон-циторецептор проникает через ядерную мембрану и взаимодействует с хромосомами. В результате связывания с регуляторными белками хроматина или с ДНК регулирует деление клеток, транскрипцию и трансляцию, а также синтез специфических белков [4; 10-12].

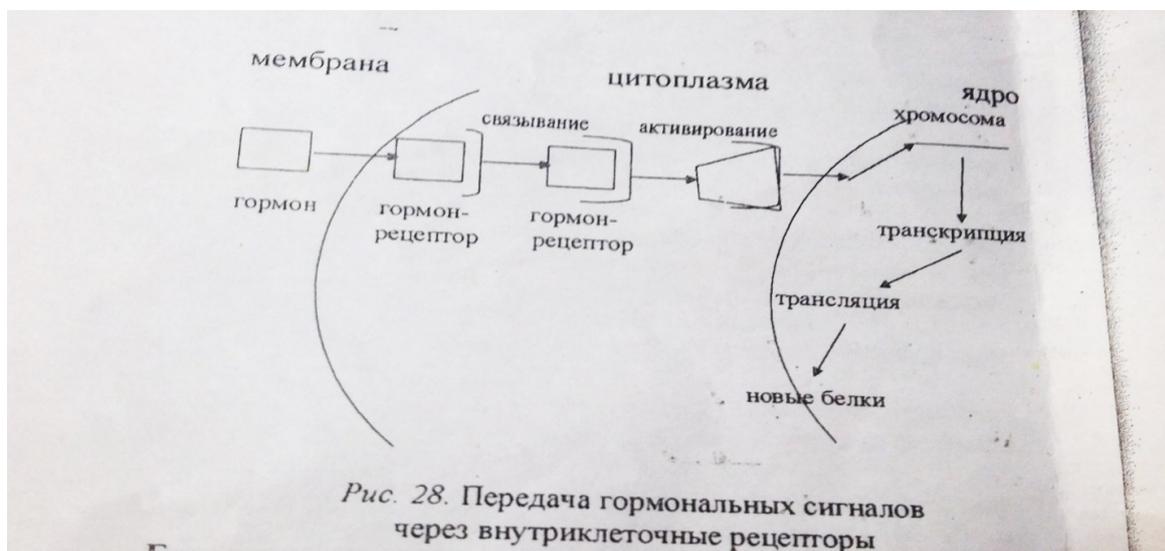
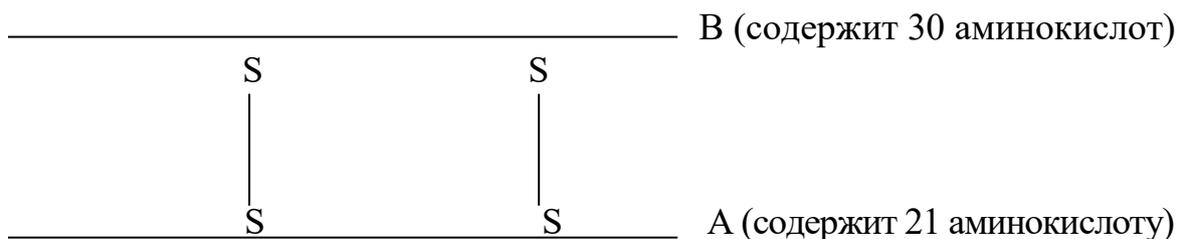


Рисунок 3 – Передача гормональных сигналов через внутриклеточные рецепторы

Биологическое действие гормонов

Инсулин - простой белков, образуется в β – клетках поджелудочной железы в виде преимущественно прогормоны, который после действия ферментов (гидролаз и протеиназ) превращается в инсулин. Гормональными свойствами обладает структура, состоящая из двух цепей: А и В, связанных между собой дисульфидными мостиками.



Инсулин, поступающий в кровь, находится в свободном и связанном с белками плазмы формах. Свободный инсулин влияет на метаболизм инсулин-чувствительных тканей (мышечная, жировая, соединительная), а связанный – только на жировую. Менее чувствительны к инсулину печень и нервная ткань. Механизм действия инсулина следующий:

1. повышает проницаемость клеточных мембран для глюкозы, способствует переходу ее из крови в ткани;
2. задерживает глюкозу в клетках, активируя гексокиназу;
3. усиливает распад глюкозы в мышцах;
4. усиливает синтез гликогена в печени (активирует гликогенсинтетазу);
5. препятствует распаду жиров;
6. препятствует распаду белков;
7. подавляет синтез ферментов глюконеогенеза.

Встречаются нарушения обмена веществ, вызванные избытком или недостатком инсулина. Избыток инсулина наблюдается при опухолях поджелудочной железы, передозировке инсулина в ходе лечения (все изменения обменных процессов при этом усилены). При дефиците инсулина развивается сахарный диабет, широко распространенное заболевание (на земном шаре около 200 млн. людей болеют сахарным диабетом). При сахарном диабете изменения в углеводном, жировом и белковом обмене обратны вышеописанным, в целом преобладают катаболические процессы. В таблице 2 приведены уровни содержания глюкозы при различных состояниях организма.

Таблица 2 – Содержание глюкозы при различных состояниях организма

норма содержания глюкозы в крови	3,3-5,5 ммоль/л
гипогликемия	менее 3,3 ммоль/л глюкозы
гипогликемическая кома	концентрация глюкозы в крови составляет менее 2,7 ммоль/л
гипергликемия	содержание глюкозы в крови – более 6,0 ммоль/л
гипергликемическая кома	при повышении содержания сахара (глюкозы) более 50 ммоль/л
глюкозурия (глюкоза выделяется с мочой)	концентрация глюкозы в крови больше 10 ммоль/л

Гормон роста – гормон гипофиза (передней доли) – соматотропный гормон (СТГ) – простой белок, обладающий выраженным анаболическим эффектом: способствует увеличению синтеза белка, нуклеиновых кислот, мобилизации липидов из жировых тканей; усилению использования липидов, глюкозы. Энергия, образующаяся при усиленном распаде жиров, используется на анаболические процессы.

Основное действие гормона роста направлено на регуляцию обменов белков и процессов, связанных с ростом и развитием организма. Под влиянием гормона усиливается транспорт аминокислот в клетки мышц, синтез белка в костях, хрящах, мышцах, печени и других внутренних органах. Гормон роста вызывает увеличение ширины и толщины костей и одновременно с этим ускоряет рост других тканей, включая соединительную ткань, мышцы и внутренние органы. СТГ стимулирует деление клеток хрящей, рост костей в длину, вызывает

увеличение массы внутренних органов и мягких тканей лица, гипертрофию миокарда, способствует эритропоэзу, заживлению ран [4; 10-12].

Гормон роста повышает синтез гликогена, ускоряет глюконеогенез, следствием чего может быть гипергликемия. Недостаток СТГ в раннем возрасте приводит к карликовости без нарушения умственного развития, а избыток – к гигантизму. Во взрослом состоянии развивается акромегалия.

Адреналин, норадреналин (катехоламины): мозговое вещество надпочечников продуцирует два катехоламина – **адреналин и норадреналин**. У человека в мозговом веществе и плазме крови адреналина примерно в 3- 10 раз больше, чем норадреналина.

Увеличение секреции адреналина происходит при снижении концентрации глюкозы в крови, при стрессе. Адреналин оказывает двойственное действие на метаболизм тканей-мишеней в зависимости от наличия в них преимущественно α - или β - адрено-рецепторов, с которыми гормон связывается.

Связывание адреналина с β - адренорецепторами стимулирует аденилатциклазу и вызывает изменение в обмене, характерное для ц- АМФ (активацию липолиза, гликогенолиза, повышение гликемии, накопление лактата в мышцах, ускорение потребления кислорода); связывание его с α - адренорецепторами стимулирует гуанилатциклазу и вызывает изменения в обмене, характерные для ц-ГМФ. В целом адреналин вызывает ц- АМФ зависимое действие на обмен жировой ткани, скелетных мышц и печени, являющихся для гормонов мишенями. Влияние норадреналина такое же по направленности, но менее выраженное.

Адреналин повышает уровень холестерина и фосфолипидов в крови. Кроме этого адреналин действует на сердечно-сосудистую систему: увеличивает силу и частоту сердечных сокращений, повышает артериальное давление. Адреналин вы-

зывает расслабление гладких мышц кишечника, бронхов, перераспределение кровотока. Под влиянием адреналина расширяются кровеносные сосуды органов, участвующих в обеспечении мышечной деятельности (скелетные мышцы, мозг, миокард, легкие, печень), и одновременно суживаются сосуды органов, не принимающих прямого участия в обеспечении функционирования мышц (почки, органы желудочно-кишечного тракта, кожа и др.). В результате такого воздействия значительно улучшается кровоснабжение мышц, возникает «рабочая гиперемия мышц», улучшается кровоснабжение внутренних органов, имеющих непосредственное отношение к выполнению мышечной работы [4; 6; 10-12].

Гормоны щитовидной железы: щитовидная железа секретирует две группы гормонов с разным влиянием на обмен веществ. **Йодтиронины**- тироксин (T_4) и трийодтиронин (T_3) регулируют энергетический обмен и влияют на деление и дифференцировку клеток, определяя развитие организмов.

Кальцитонин - регулирует фосфорно-кальциевый обмен. Из йодтиронинов активными гормонами являются тироксин и трийодтиронин. Наиболее активен трийодтиронин, тироксин примерно в 10 раз слабее. Тиреоидные гормоны наиболее сильно влияют на деление и дифференцировку клеток и энергетический обмен. Изменения в энергетическом обмене, так называемое калоригенное действие тиреоидных гормонов, выражается в повышенном потреблении кислорода и продуцировании тепла. Йодтиронины действуют на обмен веществ через цитозольные рецепторы и через ц-АМФ.

Йодтиронины являются индукторами синтеза более 100 различных ферментов, причем большинство из них относятся к ферментам энергетического обмена. Йодтиронины активируют окислительные ферменты митохондрии, под их воздействием увеличивается число митохондрий, размеры крист. В целом можно сказать, что под влиянием йодтиронинов создается база

для интенсивного аэробного образования энергии. Этому способствует мобилизация энергетических ресурсов. Она осуществляется через увеличение ц- АМФ, который активизирует липолиз в жировой ткани, гликогенолиз в печени и мышцах. При этом увеличивается не только продукция энергии, но и теплообразование. Выше перечисленные молекулярные процессы проявляются пролиферацией, ростом и дифференцировкой клеток, а на уровне целого организма нормальным ростом и развитием.

Гормоны коры надпочечников (надпочечники расположены на передних полюсах передней части почек и имеют два слоя: наружный - корковой и внутренний – мозговой) – кортикостероиды, образуются из холестерина в коре надпочечников и делятся на 3 группы:

1. Глюкокортикоиды – действуют преимущественно на углеводный обмен;
2. Минералкортикоиды – действуют на минеральный обмен;
3. Половые гормоны.

Глюкокортикоиды – кортизол и кортикостерон (их секреция находится под контролем кортикотропина) после выхода в кровь связываются с α_1 -глобулином плазмы, который называется транскортином, образуя с ним непрочные связи. В таком виде глюкокортикоиды направляются к периферическим тканям-мишеням: к селезенке, лимфоидной ткани, костной, подкожной, жировой, соединительной тканям, к скелетным мышцам, печени и почкам. У клеток тканей-мишеней глюкокортикоиды отделяются от транскортина и связываются с цитозольными рецепторами, которые переносят их в цитоплазму.

Глюкокортикоиды оказывают влияние, в большей или меньшей степени, на углеводный, белковый и жировой обмены. Оказывая влияние на углеводный обмен, они повышают концентрацию глюкозы в крови за счет стимуляции ее образования в

печени. Это диабетогенный эффект и он осуществляется главным образом за счет дезаминирования аминокислот и возросшего глюконеогенеза. Глюкоза идет на синтез гликогена печени и скелетных мышц. Положительное влияние глюкокортикоидов на процесс глюконеогенеза определяется тем, что они являются индукторами его ферментов (пируваткарбоксилазы, фосфопируваткиназы, глюкозо-6-фосфатазы и др.) [4; 6; 10-12].

Глюкокортикоиды усиливают секрецию адреналина и опосредованно через него влияют на жировой обмен: они мобилизуют жир из депо, активируя аденилатциклазу. Усиливается липолиз, что приводит к похуданию и кетонурии. Глицерин, образовавшийся вследствие липолиза, идет на синтез глюкозы, а жирные кислоты – на образование кетоновых тел.

Фонд свободных аминокислот повышается за счет блокады синтеза белка и уменьшения активности дезаминаз в тканях, в лимфоидной ткани при этом наблюдается активный протеолиз, а в печени и почках – напротив – синтез белка. Глюкокортикоиды оказывают противоположное действие на синтез белка в разных тканях: в печени и почках – увеличивают синтез белка, а в остальных – ингибируют.

Таким образом, влияние глюкокортикоидов на обмен веществ, так или иначе, имеет своей конечной целью повышение уровня глюкозы в организме; это связано с возрастающими запросами организма при стресс-реакциях, в формировании которых принимают участие глюкокортикоиды. При этом наблюдается глюкозурия, аминоацидурия, кетонурия – «стероидный диабет».

Глюкокортикоиды ослабляют воспалительные и аллергические реакции, обеспечивают сохранение в организме витамина С, возбуждают ЦНС, вызывают бессонницу, эйфорию. Глюкокортикоиды вызывают сдвиги водно-минерального обмена: увеличивают всасывание ионов натрия, выделение ионов калия в почках. Под действием этих гормонов задерживаются

ионы натрия, а вместе с ними и вода во внеклеточной среде организма, что может способствовать появлению отёков.

При гиперкортицизме (болезнь Иценко-Кушинга) наблюдается гипергликемия, резкое похудание, кетонурия, снижается дыхательный коэффициент, повышается уровень холестерина в крови, количество нейтральных жиров, возможны атрофия подкожной соединительной ткани, остеопороз.

Минералкортикоиды – альдостерон – регулирует баланс жизненно необходимых ионов натрия, калия хлора и воды. Эффект этого гормона сопровождается задержкой ионов натрия, хлора и воды в тканях и потерей с мочой ионов калия. При недостатке альдостерона развивается обезвоживание организма [4; 6; 10-12].

Половые гормоны

Эстрогены – эстрадиол и прогестерон – женские половые гормоны. Увеличивают синтез белков в органах-мишенях (матке, печени, сердце), способствуют синтезу коллагена, отложению кальция и фосфора в костную ткань. Отмечено влияние эстрогенов на липидный обмен. Они способствуют более быстрому обновлению липидов, выведению холестерина и уменьшению его содержания в крови (антиатеросклеротический эффект). Эстрогены обеспечивают формирование вторичных половых признаков, развитие органов половой сферы, протекание беременности и родового акта, лактацию.

Андрогены – мужские половые гормоны. Основным представителем является тестостерон. Он способствует резкому увеличению синтеза белка в мышцах, почках, печени, вызывает увеличение минерализации костей, влияет на развитие мозга, поведенческие реакции, способствует мобилизации жира из жировых депо. Андрогены обеспечивают формирование вторичных половых признаков, развитие органов половой сфе-

ры, поведенческие реакции, участвуют в формировании психофизиологических особенностей мужчины.

Индукция синтеза белка – основной механизм действия андрогенов. Препараты тестостерона и их синтетические аналоги используются для ускорения процессов восстановления, увеличения мышечной массы. Эти препараты являются допингом [1; 10-12]. Краткая характеристика некоторых гормонов представлена в таблице 3.

Роль гормонов в мышечной деятельности

При кратковременных однократных физических нагрузках увеличивается секреторная функция желёз внутренней секреции, в результате в кровь поступает большое количество гормонов, стимулирующих энергообразование и физическую работоспособность. При длительной физической нагрузке секреция гормонов уменьшается вплоть до истощения функций эндокринных желез, развивается утомление и снижается физическая работоспособность.

При систематической мышечной деятельности возможности эндокринных желез повышаются, запасы гормонов увеличиваются, но уровень некоторых (тироксин, инсулин) в крови в покое понижен. При мышечной деятельности увеличивается количество цАМФ в мышцах, повышается чувствительность рецепторов к гормонам.

Таблица 3 – Краткая характеристика отдельных гормонов

Место выработки гормона	Название гормона	Химическая природа гормона	Влияние на обменные процессы	Гиперфункция эндокринной железы	Гипофункция эндокринной железы
1	2	3	4	5	6
Гипоталамус	Либерины (рилизинг-факторы)	Белки			
	Статины (ингибирующие факторы)	Белки	Тормозят выделение в кровь гормонов передней доли гипофиза		
Передняя доля гипофиза (аденогипофиз)	Гормон роста (соматотропный гормон)	Белок	Ускоряет синтез белков	Гигантизм (при возникновении гиперпродукции в детском возрасте) Акромегалия (у взрослых)	Карликовость
Передняя доля гипофиза	Тропные гормоны: ТТГ, АКТГ, ФСГ и др.	Белки	Стимулируют выделение в кровь соответствующих гормонов: щитовидной		

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
			железы (йодтиронинов), надпочечников, половых желез и т.д.		
Средняя доля гипофиза	Меланостимулирующий гормон	Полипептид	Стимулирует синтез пигмента меланина		
Задняя доля гипофиза (нейрогипофиз)	Вазопрессин (антидиуретический гормон) - вырабатывается в гипоталамусе, хранится и выделяется в кровь из задней доли гипофиза	Полипептид	Суживает мелкие кровеносные сосуды и повышает кровяное давление; ускоряет обратное всасывание воды в почках, способствует уменьшению объема мочи		Несахарный диабет
	Окситоцин - вырабатывается в гипоталамусе, хранится и выде-	Полипептид	Повышает тонус мускулатуры матки, суживает мелкие кровеносные сосуды и повышает кровяное		

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
	ляется в кровь из задней доли гипофиза		давление		
Щитовидная железа	Йодтиронины	Производные аминокислоты тирозина	Влияют на деление и дифференцировку клеток и энергетический обмен (калоригенное действие)	Тиреотоксикоз (Базедова болезнь)	Врожденное слабоумие (при возникновении гипопродукции в раннем возрасте); микседема (у взрослых)
	Кальцитонин	Белок	Снижает содержание ионов кальция в крови		
Парацинтовидные железы	Паратгормон	Белок	Повышает содержание ионов кальция в крови		
Поджелудочная железа	Инсулин	Белок	Повышает проницаемость клеточных мембран по отношению к		Сахарный диабет

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
			<p>глюкозе и способствует лучшему проникновению глюкозы из крови в различные органы; задерживает глюкозу в клетках, усиливает распад глюкозы в мышцах, усиливает синтез гликогена в печени, способствует переходу глюкозы в глюкозо-6-фосфат и, тем самым, ускоряет любые превращения глюкозы; активизирует синтез ферментов цикла Кребса. Препятствует распаду жиров, белков, подавляет синтез ферментов глюконеогенеза</p>		

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
	Глюкагон	Белок	Ускоряет распад гликогена в печени до глюкозы		
Мозговой слой надпочечников	Катехоламины (главный гормон адреналин)	Производные аминокислоты тирозина	Ускоряют распад гликогена в печени и в мышцах; вызывают мобилизацию жира (липолиз); повышают артериальное давление, частоту дыхания и сердечных сокращений		
Кора надпочечников	Глюкокортикоиды	Стероиды	Действуют в основном на углеводный обмен - повышают концентрацию глюкозы в крови, активируют глюконеогенез, тормозят синтез белков		
	Минералокортикоиды (главный гормон альдостерон)	Стероиды	Задерживает Na^+ , Cl^- , H_2O в тканях, способствуют выделению с мочой K^+ , контролируют		Обезвоживание организма

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
			объем плазмы и баланс Na^+ , K^+ в клетках		
Мужские половые железы (яички)	Андрогены (главный гормон – тестостерон)	Стероиды	Способствуют резкому увеличению синтеза белка в мышцах, почках, печени, вызывают увеличение минерализации костей, влияют на развитие мозга, поведенческие реакции, способствуют мобилизации жира из жировых депо, обеспечивают репродуктивную функцию		
Женские половые железы (яичники)	Эстрогены	Стероиды	Увеличивают синтез белков в матке, печени сердце, способствуют синтезу коллагена, отложению кальция и фосфора в		

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
			костную ткань, более быстрому обновлению липидов, уменьшают содержание холестерина в крови, обеспечивают репродуктивную функцию		
Вилочковая железа (тимус)	Тимозин, тимопэтин	Белки	Стимулируют созревание лимфоцитов - клеток крови, ответственных за иммунитет		
Шишковидная железа (эпифиз)	Мелатонин	Белок	Тормозит развитие половых функций у растущего организма; способствует пигментации		

Таблица 4 – Эффекты гормонов при мышечной деятельности

Гормон	Эффекты
Адреналин, норадреналин (увеличиваются)	Мобилизация энергетических ресурсов, увеличение глюкозы, жирных кислот, улучшение энергетики тканей
Кортизол, СТГ (увеличиваются)	Мобилизация энергетических субстратов, особенно жиров
Андрогены (увеличиваются)	Усиление процессов синтеза белка в тканях, ускорение восстановления после нагрузки, увеличение мышечной массы
Концентрация инсулина (уменьшается)	Уменьшение потребления глюкозы тканями, усиление распада гликогена в мышцах
Тироксин (уменьшение или увеличение в зависимости от интенсивности физической нагрузки)	Изменение основного обмена
Альдостерон (увеличение)	Способствует задержке воды в почках, предотвращает обезвоживание, нормализует АД

Эффекты гормонов при мышечной деятельности следующие: 1) усиление мобилизации углеводов и жиров с целью поддержания уровня АТФ и адаптации организма; 2) участие в поддержании водного баланса; 3) усиление процессов адаптивного синтеза белков и ферментов с целью обеспечения восстановления и адаптации организма. Для достижения положительного эффекта (высокой физической работоспособности и спортивного результата) важна согласованность в деятельности эндокринных желез. Правильно организованный тренировочный процесс позволит улучшить функциональные возможности эндокринной системы, не допустить истощения ресурсов организма и достичь высоких спортивных результатов (табл. 4).

Без биохимического контроля в спорте трудно ждать хороших результатов. Основными задачами биохимического контроля являются:

- оценка уровня общей и специальной тренированности спортсмена;
- оценка соответствия применяемых тренировочных нагрузок функциональному состоянию спортсмена, выявление перетренированности;
- контроль протекания восстановления после тренировки;
- оценка эффективности новых методов и средств развития скоростно-силовых качеств, повышения выносливости, ускорения восстановления и т.д.;
- оценка состояния здоровья спортсмена, обнаружение начальных симптомов заболеваний.

Особенностью проведения биохимических исследований в спорте является их сочетание с физической нагрузкой. Физические нагрузки, которые используются при тестировании можно разделить на два типа: стандартные и максимальные.

Стандартные нагрузки являются строго дозированными. Их параметры определены заранее. Поэтому группы спортсменов для тестирования подбираются примерно одной квалификации. Упражнения используют, как правило, циклические, например, работу на велотренажере.

Максимальные или *предельные* нагрузки не имеют заранее заданного объема. Например, можно использовать в работе «до отказа» плавание, велогонка, бег на лыжах, на коньках и т.д. Как уже подчеркивалось выше, эта работа может дать информацию об аэробных и анаэробных возможностях организма, в зависимости от мощности [4; 10-12].

Допинги

Допинг – это назначение или использование здоровыми людьми веществ в любой форме чуждых организму, или фи-

зиологических веществ в количествах, превышающих нормальные, а также использование методов с исключительной целью добиться искусственным путем улучшения результатов в соревнованиях. Борьба с допингами ведется с 1962 года. Впервые данная проблема обсуждалась в комиссии ООН по наркотикам. В 1968 году на Олимпийских играх в Мексике впервые были приняты антидопинговые меры. В настоящее время Медицинская комиссия МОК включает в списки допингов более 10 тысяч препаратов. К допингам относятся: препараты, влияющие на центральную нервную систему; алкоголь; наркотические анальгетики; психоактивные вещества и др.

1. *Стимуляторы*. Стимуляторами являются вещества, различные по своей химической природе. Они способны искусственно активировать центральную нервную систему и регулировать выработку организмом адреналина. Они повышают функциональные возможности организма, устраняют физическую и психическую усталость, повышают соревновательные качества, поднимают соревновательный дух и агрессивность.

К стимуляторам относятся кофеин, амфетамин, эфедрин, псевдоэфедрин, кокаин. Некоторые стимуляторы, например кокаин, относятся к наркотикам и запрещены на международном уровне, а не только в спорте [1; 10-12].

Влияние стимуляторов на физическую работоспособность обусловлено тем, что эти средства вызывают в организме изменения, подобные тем, которые происходят под действием гормона коры надпочечников – адреналина. Под влиянием адреналина происходит ускорение процессов распада гликогена и липидов, повышается сократительная способность мышц, увеличивается просвет бронхов и, следовательно, увеличивается поступление кислорода в легкие, возрастает сердечный выброс и поступление крови к мышцам. Кроме того, адреналин ускоряет процессы окисления в митохондриях.

Однако многие исследования свидетельствуют, что большинство стимуляторов оказывают активирующее действие на организм в состоянии покоя, но не проявляют таких эффектов при выполнении физической нагрузки. Показатели ритма сердечных сокращений, скорость кровотока, легочная вентиляция и потребление кислорода под влиянием стимуляторов при выполнении предельной мышечной работы не улучшаются. Тем не менее, стимуляторы способны повысить работоспособность, по-видимому, путем воздействия на психологические процессы.

В частности, было показано, что под влиянием амфетаминов улучшаются показатели устойчивости отдельных мышц к развитию утомления, но не за счет эффективности энергетических процессов, за счет устойчивости к болевым ощущениям, которые развиваются при накоплении молочной кислоты. То есть при применении стимуляторов увеличивается не время до наступления утомления, а возникновение ощущение наступления утомления.

От применения стимуляторов могут наблюдаться различные побочные эффекты: беспокойство, агрессия, проблемы с координацией и равновесием, с терморегуляцией, потеря веса, дрожание рук, учащенное сердцебиение, повышенное давление. Кроме того, применение стимуляторов вызывает привыкание и пристрастие.

Входящие в эту группу амфетамины (фенамин, фендиметразин) могут усилить чувство враждебности, способствовать неверным суждениям, что может привести к несчастным случаям. Иногда при их приеме смерть наступала в условиях максимальной физической активности. Клиническая картина при передозировке – психоз, гипертермия, расширение зрачков, рвота, понос, аритмия, эпилептические припадки, кома, остановка дыхания.

Некоторые из стимуляторов (эфедрин и его производные) иногда входят в состав лекарств, применяемых против просту-

ды, астмы, гриппа и других заболеваний. Допускается применение эфедрина с лечебной целью при астме, если при этом его содержание в моче не превышает 10 мкг на 1 мл. При использовании средств, содержащих эфедрин, могут пострадать центральная нервная и сердечно-сосудистая системы. Спортсмены должны знать, что присутствие в составе добавок таких компонентов, как ма-хуанг, китайская эфедра, и другие формы эфедры, эпитонин, указывает на то, что в продукте содержится запрещенный эфедрин [1; 6; 10].

Действие кофеина гораздо слабее, чем амфетаминов и эфедрина. Кофеин оказывает тонизирующее действие на центральную нервную систему, сердечную мышцу, улучшает концентрацию внимания, скорость реакции. Имеются данные об улучшении показателей физической работоспособности у испытуемых, принимавших кофеин в дозе 15 мг/кг массы тела, а доза 10 мг/кг оказалась неэффективной. В больших дозах кофеин вызывает бессонницу, повышенную возбудимость, дрожание мышц, ускорение утомления. В настоящее время применение кофеина разрешено. В периоды, когда МОК относило кофеин к допингам, запрещенной признавалась такая концентрация кофеина в крови, которая возникает в случае, если выпить подряд шесть чашек крепкого кофе.

Стимуляторы часто содержатся в пищевых добавках и средствах для похудения. При употреблении спортивных напитков и БАД нужно учитывать, что в их состав может входить растительный препарат гуарана, который содержит 4-6% кофеина, а также различные производные эфедрина.

2. Алкоголь замедляет и подавляет активность центральной нервной системы. Он может понижать давление, ослаблять самоконтроль и вызывать чувство эйфории. По решению МОК алкоголь является допингом и запрещен в соревнованиях по всем видам стрельбы, в биатлоне, фехтовании, современном пятиборье, мотоспорте.

Алкоголь полностью всасывается из желудка за 2 часа. В течение 1 часа расщепляется 30% спирта (90 г) или 300 г пива. Алкоголь вызывает двухступенчатую реакцию: первоначальное возбуждение сменяется последующим угнетением. Результаты исследования показывают, что употребление алкоголя ухудшает большинство психомоторных реакций, не оказывает никакого положительного действия на силу, мощность, скорость, мышечную и кардиореспираторную выносливость, но спортсмены этого не замечают, полагая, что их мышечная деятельность улучшилась. Алкоголь притупляет ощущение боли, что увеличивает риск возникновения травм. Алкоголь снижает дрожание мышц и волнение, однако вызывает нарушение психомоторных реакций. При повышении доз алкоголя возникают такие симптомы: путаница в суждениях, ухудшение координации, замедление реакции, повышенное мочеотделение, нарушение работы сердца, понижение температуры тела, сонливость. Кроме того, он подавляет выделение антидиуретического гормона, что может привести к дегидратации и снижению АД. Основная опасность – угнетение; дыхания, гипоксия, угнетение ЦНС. Смертельная доза – 500 г 90% спирта.

Спортсмены иногда принимают алкоголь по психологическим причинам: для поднятия самоуверенности, для уменьшения, снятия напряжения, для уменьшения тремора рук. Проблема злоупотребления алкоголем в спорте осложняется из-за повсеместного злоупотребления в обществе [1; 6; 10-12].

3. Наркотические анальгетики – морфин, героин, опиум, промедол относятся к активным болеутоляющим веществам, обладают особым влиянием на ЦНС. При применении их ощущение боли ослабевает, притупляется чувство тревоги, появляется эйфория. Кроме повышенного риска усугубить травму, применение наркотиков может вызвать опасные последствия: потеря координации, равновесия, сонливость, тошнота, рвота, запор. При передозировке развивается угнетение созна-

ния, нарушение дыхания, слабость мышц конечностей, судороги, отек легких. При повторном их применении развивается привыкание, психическая и физическая зависимости. Применение наркотических анальгетиков запрещено в большинстве стран.

4. Каннабиноиды – психоактивные вещества, содержащиеся в конопле. Наиболее активным каннабиноидом является дельта-9-тетрагидроканнабинол, который в наибольших концентрациях содержится в макушках и листьях растений. Из конопли готовят марихуану (высушенные цветы и листья) и гашиш (кусочки высушенной смолы). Наиболее сильнодействующей формой каннабиса является гашишное масло.

Каннабиноиды вызывают состояние расслабленности, ухудшение координации и равновесия, изменение настроения, мотивации, появляются чувство тревоги, дремота, галлюцинации, повышенная частота сердцебиения. При длительном применении марихуаны развиваются нарушения внимания, памяти, способности к обучению, заболевания дыхательных путей.

Марихуана не считается препаратом, улучшающим физические качества спортсмена. На работоспособность она влияет негативно: быстро развивается утомление во время тренировок, увеличивается время восстановления, снижается координация, часто изменяется настроение от эйфории к депрессиям. Причины применения марихуаны имеют социальный характер. В большинстве стран каннабиноиды являются запрещенными наркотиками.

Использование марихуаны вредит имиджу спорта, так как её применение элитными спортсменами служит негативным примером для молодого поколения. Кроме того, действие каннабиноидов отрицательно сказывается на способности выполнять сложные упражнения, что может подвергнуть риску здоровье и безопасность самого спортсмена и его окружение. В

настоящее время применение марихуаны и других каннабиноидов запрещено во всех видах спорта.

Бета-блокаторы

Это вещества, уменьшающие частоту и силу сердечных сокращений. Они блокируют действие адреналина и норадреналина на адренорецепторы (атеналол, анпреналол, пропранолол). В медицине применяются для снижения кровяного давления, ЧСС, облегчения работы сердца при гипертонии, стенокардии, пороках сердца. Могут быть использованы при лечении мигреней, для уменьшения чувства тревоги, для уменьшения тремора. При употреблении бета-блокаторов возможны побочные эффекты: понижение давления и ЧСС, сужение кровеносных сосудов в руках и ногах, сердечная недостаточность, депрессия, нарушения сна, половая дисфункция, у больных с легочными заболеваниями – бронхостеноз, опасный для жизни.

Спортсмены могут применять бета-блокаторы для уменьшения частоты сердцебиений и дрожания рук в тех видах спорта, где решающими факторами являются точность и твердость рук.

Применение бета-блокаторов запрещено в следующих видах спорта: стрельба из лука, стрельба, лыжный спорт, керлинг, бобслей, прыжки в воду, синхронное плавание, современное пятиборье, гимнастика, борьба, авто - и мотоспорт и др. [1; 10-12]

Глюкокортикостероиды

В физиологических условиях высвобождаются в надпочечниках в состоянии стресса. Их синтетические аналоги (кортизон, дегидрокортизон, дексаметазон, преднизолон) в медицине используются как противовоспалительные средства, для снятия боли, для лечения ревматоидного артрита, астмы, аллергии. Они могут улучшать настроение и влияют на многие

функции организма. При применении глюкокортикостероидов могут развиваться следующие побочные эффекты: размягчение соединительной ткани, остеопороз, язва желудка, бессонница, торможение или прекращение роста у молодых спортсменов.

Глюкокортикостероиды могут содержаться в различных медикаментах, входить в состав кремов, спреев, капель и таблеток. Использование кортикостероидов в любой форме запрещено (кроме дерматологических препаратов) [1; 4; 10-12].

Анаболические андрогенные стероиды

Это вещества, сходные с мужским половым гормоном тестостероном (дегидротестостерон, тестостерон, нандролон, станозолол и аналогичные им вещества). Анаболические андрогенные стероиды обладают как анаболическим действием, так и андрогенным. Преобладание какого-либо из этих свойств зависит от конкретного продукта, а также от особенностей организма.

Анаболические стероиды имитируют натуральные гормоны организма человека, поэтому нарушают гормональный статус. Они повышают синтез протеина, что способствует увеличению мышечной массы и уменьшению количества жира. Они связываются с особыми рецепторами в клетках, проникают в ядро и активируют синтез и-РНК. Кроме того, они блокируют работу катаболических гормонов (кортизол), которые высвобождаются после интенсивных физических упражнений. Андрогенные стероиды используют для набора веса, увеличения размера мышц, увеличения мощности и скорости, выносливости и повышения агрессивности.

Зафиксированные побочные эффекты приема стероидов – болезни печени, увеличение содержания холестерина в крови, сердечные приступы и заболевания коронарных артерий, дисфункция печени и почек, высокое кровяное давление, подавление иммунной функции, нарушение обмена сахаров, психоло-

гические отклонения, развитие раковых заболеваний. У мужчин стероиды сокращают размер яичек и выработку спермы, вызывают увеличение простаты, увеличение грудных желез, развитие импотенции. У женщин применение стероидов вызывает понижение голоса, интенсивный рост волос на лице и теле, прыщи, снижение функции яичников, нарушение менструального цикла. У подростков использование этих препаратов приводит к остановке роста вследствие преждевременного закрытия пластинок трубчатых костей, к развитию тяжелой формы угревой сыпи.

Нужно учитывать, что предлагаемые на черном рынке стероиды низкого качества, они плохо очищены, содержат посторонние примеси, способные нанести серьезный вред здоровью спортсмена [1; 4; 10-12].

Бета-2 - агонисты

Эго лекарства, обычно применяемые при лечении астмы и других хронических заболеваний легких. Они помогают снять приступы удушья при астме. При систематическом применении они обеспечивают анаболический эффект, способствуют росту мышечной массы и уменьшению жировых запасов. Одновременно они являются и стимуляторами. При использовании бета-2 - агонистов возможны побочные эффекты: учащенное сердцебиение, головные боли, головокружения, тошнота, потливость, мышечные судороги.

Препараты, содержащие бета-2- агонисты, выпускаются в форме: таблеток, сиропов, растворов для инъекций и ингаляторов. Все бета-2 - агонисты запрещены к применению в спорте. Исключения составляют ингаляторы, содержащие сальбутамол, сальметерол, тербуталин или формотерол, но даже их использование ограничено и допустимо только для предотвращения и снятия приступов астмы. Врач спортсмена обязан до

соревнований предоставить письменное уведомление о наличии этого заболевания [4; 10-12].

Пептидные гормоны и их аналоги

Пептидные гормоны вырабатываются железами внутренней секреции и регулируют различные функции организма. К ним относятся I кортикотропин, гормон роста, инсулиноподобный фактор роста, эритропоэтин, инсулин.

Кортикотропин (адренкортикотропин АКТГ) – это гормон, вырабатываемый гипофизом. Стимулирует секрецию кортикостероидов. В медицине используется с диагностической целью, а также для лечения некоторых неврологических расстройств. Побочные эффекты такие же, как при использовании кортикостероидов. Применение кортикотропина приравнивается к применению кортикостероидов и поэтому запрещено.

Гормон роста (соматотропин) вырабатывается гипофизом. Это мощный анаболический фактор, он ускоряет транспорт аминокислот в мышечные клетки, участвует в построении соединительной ткани, стимулирует усвоение углеводов и сжигает жир, увеличивает рост мышц и костей. Применение его может вызвать сердечную недостаточность, повышение кровяного давления, необратимую акромегалию, остеоартрит, аллергические реакции, диабет, нарушить синтез в гипофизе своего гормона роста.

Инсулиноподобный фактор роста 1 (IGF-1) – это гормон, вырабатываемый преимущественно печенью и регулируемый гормоном роста и инсулином. IGF-1 стимулирует синтез белка, тормозит разрушение мышечных клеток, способствует увеличению мышечной массы, уменьшает жировые запасы. При его применении возможны следующие побочные эффекты: акромегалия, боли в суставах и головные боли, пониженный уровень сахара, периодически возникающая мышечная слабость.

Инсулин – это гормон, который вырабатывается в поджелудочной железе, участвует в регуляции уровня сахара в крови, ускоряет транспорт аминокислот в клетку, стимулируя натриевый насос. Инсулин обладает мощным анаболическим действием, однако его применение приводит к одновременному нарастанию как мышечной, так и жировой ткани. У некоторых спортсменов прирост жировой ткани даже больше, чем мышечной. Кроме того, при его применении возможно развитие гипогликемического состояния, иногда даже с потерей сознания и развитием комы. Применение инсулина разрешено только для спортсменов с диабетом.

Хорионический гонадотропин вызывает у мужчин повышенную выработку андрогенных стероидов, его употребление расценивается, как применение экзогенного тестостерона.

Эритропоэтин – это гормон, вырабатываемый почками. Он стимулирует образование эритроцитов, что способствует увеличению содержания кислорода в крови. Чаще всего этот допинг применяют бегуны на длинные дистанции, лыжники и велосипедисты. При его использовании возможны следующие побочные эффекты: сгущение крови, повышенный риск закупорки сосудов [4; 10-12].

Запрещенные манипуляции

1. Кровяной допинг. Переливание эритроцитов или продуктов крови, содержащих эритроциты, которые могут быть взяты у других или у самого спортсмена. Такое переливание перед соревнованием считается эффективным, так как увеличивает количество кислорода в крови.

2. Внутрисосудистые инъекции (анестезин, дикаин, совкаин и родственные соединения).

3. Диуретики (мочегонные средства) применяются для маскировки использования других препаратов, для регуляции веса, уменьшения содержания жидкости в организме. К этой

группе соединений относятся гидрохлортиазид, индапамид, фуросемид и др.

4. Маскирующие агенты (пробенацид) применяются, чтобы избежать обнаружения запрещенных веществ при процедуре допинг - контроля.

Биохимия крови

В спортивной практике анализ крови используется для оценки влияния на организм спортсмена тренировочных и соревновательных нагрузок, оценки функционального состояния спортсмена и его здоровья. Поэтому специалист в области физической культуры должен иметь представление о химическом составе крови. Объём крови у человека около 5 л, что составляет примерно 1/13 часть от объёма или массы тела. Кровь, как известно, состоит из плазмы (55% объёма) и форменных элементов (45%). Кровь, лимфа и тканевая жидкость образуют внутреннюю среду организма, которая имеет относительное постоянство состава и физико-химических свойств (гомеостаз). Кровь является разновидностью соединительной ткани и выполняет следующие функции:

1. перенос кислорода от легких к тканям и углекислого газа от тканей к легким;
2. транспорт пластических (аминокислот, нуклеозидов, витаминов, минеральных веществ) и энергетических (глюкоза, жиры) ресурсов к тканям;
3. перенос конечных продуктов обмена веществ (метаболизма) к органам выделения (желудочно-кишечному тракту, почкам, потовым железам, коже и др.);
4. участие в регуляции температуры тела;
5. поддержание постоянства кислотно-щелочного состояния организма;
6. обеспечение водно-солевого обмена между кровью и тканями – в артериальной части кровеносных капилляров жид-

кость и соли поступают в ткани, а в венозной – возвращаются в кровь;

7. обеспечение иммунных реакций, кровяного и тканевого барьеров против инфекции;

8. обеспечение гуморальной регуляции функции различных систем и тканей переносом к ним гормонов, биологически активных веществ;

9. секреция клетками крови биологически активных веществ;

10. поддержание тканевого гомеостаза и регенерации тканей.

Белки плазмы крови делятся на две основные группы *альбумины и глобулины*. **Альбумины** – низкомолекулярные белки. Они выполняют две основные функции.

1. *Транспортная*. Благодаря хорошей растворимости они переносят с током крови нерастворимые в воде вещества.

2. *Задерживают воду в кровяном русле*. Воды в кровяном русле больше, чем в других тканях, поэтому она стремится покинуть его. Альбумины препятствуют этому.

Глобулины – это высокомолекулярные белки. Они также участвуют в транспортной и удерживающей функциях. Однако, помимо этого многие глобулины крови участвуют в *создании иммунитета и свертывании крови*. Белки плазмы синтезируются в печени.

Прочие органические вещества (кроме белков) обычно разделяют на *азотистые и безазотистые*. **Азотистые соединения** – это промежуточные и конечные продукты обмена белков и нуклеиновых кислот. Это низкомолекулярные пептиды, аминокислоты, креатин, нуклеотиды, нуклеозиды, а также мочевина, мочевая кислота, билирубин и креатинин.

Безазотистые вещества – это глюкоза, фруктоза, галактоза, рибоза, пировиноградная и молочная кислоты, жиры, фосфолипиды и холестерин. Кроме того, в плазме крови нахо-

дятся минеральные вещества, представленные катионами натрия, калия, кальция, магния и анионами хлором, остатками угольной, фосфорной и серной кислот.

В покое у здорового человека кровь имеет слабощелочную реакцию: рН 7,4-7,36. Постоянство рН крови обеспечивается буферными системами крови. Самой мощной буферной системой крови является **гемоглобиновая система**. Кровь хорошо нейтрализует кислоты, что очень важно для нормального хода обмена веществ. Однако при нарушениях метаболизма наблюдается **ацидоз** – увеличение кислотности крови. Снижение рН ниже 6,8 – несовместимо с жизнью. Реже наблюдается **алкалоз** – увеличение щелочности крови. Предельное значение рН в этом случае 8,0. У спортсменов часто встречается ацидоз, вызванный образованием в мышцах больших количеств молочной кислоты.

Химический состав и физико-химические свойства мочи

В основе поддержания гомеостаза лежат три процесса: экскреция, секреция и осморегуляция. Экскреция – это удаление из организма ненужных продуктов обмена веществ. Секреция – это выделение веществ, которые отходами не являются. Осморегуляция – это регулирование относительных концентраций воды и растворенных в ней веществ. Работа выделительной системы направлена на осуществление этих трех процессов. Работа почек основана на трех механизмах: ультрафильтрации, избирательной реабсорбции и активном переносе растворимых веществ в окружающую среду (секреция в узком смысле). Ультрафильтрация происходит в клубочке нефрона, здесь многие низкомолекулярные вещества (глюкоза, вода, мочевины) переходят в жидкость – фильтрат. Избирательная реабсорбция происходит в канальцах нефрона: все вещества, которые могут быть использованы организмом, всасываются из фильтрата обратно в кровь. В канальцах нефрона

происходит и активная секреция ненужных организму веществ (избыток ионов калия, водорода, аммония). Мочеобразование происходит в два этапа: образование первичной мочи (ультра-фильтрация); образование вторичной мочи (реабсорбция и секреция). Почки пропускают ежедневно около 2000 л крови, из которой образуется около 200 л первичной мочи и около 2 л вторичной.

В гипоталамусе образуется вазопрессин или антидиуретический гормон (АДГ), усиливающий реабсорбцию воды из первичной мочи. При этом важную роль играет гормон коры надпочечников – альдостерон, благодаря нему происходит реабсорбция ионов натрия и калия. Мышечная работа оказывает существенное влияние на скорость мочеобразования, состав и объём образующейся мочи. Это влияние выражается в увеличении экскреции продуктов катаболизма глюкозы – молочной и фосфорной кислот. Это приводит к гипервентиляции легких или дыхательному ацидозу. При напряженной тренировке или перетренировке иногда наступает избыточное потребление белка – метаболический ацидоз. Его признаком является увеличение кислых продуктов в моче, а при сильной перетренировке – появление белка в моче. Врачи рекомендуют в этих случаях овощную диету, до тех пор пока моча не сделается снова щелочной.

Рассмотрим некоторые физико-химические свойства мочи. Объем мочи зависит от количества потребляемой жидкости и составляет в среднем 50-80% от её объема. Суточное количество мочи у здорового взрослого человека, как указано выше, составляет 2000 мл. Увеличение объема мочи бывает при приеме большого количества жидкости. Особенно выделение мочи возрастает при употреблении в больших количествах чая, кофе, алкогольных напитков. Содержащийся в них кофеин (чай, кофе) и этиловый спирт (алкогольные напитки) угнетают выработку вазопрессина. Синтез этого гормона подавляется так-

же при охлаждении. При ограниченном приеме жидкости объем мочи уменьшается. Снижение выделения мочи наблюдается и при болезнях почек, при рвоте, поносе, испарении воды кожей при повышенной температуре. У спортсменов снижение уровня выделения мочи встречается после интенсивных тренировок и соревнований вследствие большой потери воды с потом и выдыхаемым воздухом.

Плотность мочи у нормального здорового человека составляет 1,010-1,040 г/мл. После выполнения физических нагрузок, сопровождаемых значительным потоотделением, моча может иметь высокую плотность – до 1,035-1,040 г/мл. Кислотность мочи зависит от питания. Обычно моча имеет слабокислую реакцию. Употребление в пищу мяса делает мочу ещё более кислой, а овощная диета, напротив, делает мочу более

После выполнения физических нагрузок кислотность мочи возрастает, что объясняется выделением с мочой больших количеств молочной кислоты. В норме моча имеет соломенно-желтую окраску. Эту окраску придают моче главным образом пигменты, образующиеся при распаде гемоглобина. Интенсивность окраски зависит от плотности мочи. Чем выше плотность, тем насыщеннее окраска мочи. Свежевыделенная моча у здоровых людей, как правило, прозрачна. Далее возможно ее помутнение. Прозрачность мочи следует оценивать сразу после её выделения. В сутки с мочой из организма выделяется 50 – 70 г растворенных в ней веществ. На первом месте в составе мочи – **мочевина**. За сутки ее выделяется 20-35 г. По содержанию мочевины можно судить об интенсивности распада белков в организме. У здорового человека выделение мочевины повышается при приеме богатой белками пищи. Еще одно вещество – **мочевая кислота** – выделяется при распаде нуклеиновых кислот. Её обычное содержание в моче 0,7 г. Мочевая кислота и её соли плохо растворимы в воде, поэтому они могут образовывать камни в почках, мочевом пузыре и выпадать в виде осадка в собран-

ной моче. В моче в сутки может выделяться также 1-2 г креатина, 8-15 г хлористого натрия.

При патологических состояниях в моче может появляться белок. Это явление называется **протеинурия**, оно связано с серьезными нарушениями работы почек и сердечной недостаточности. Оно нередко встречается при занятиях спортом и говорит о перетренировке. Ещё одним поводом для беспокойства может служить **глюкозурия** – повышенное содержание глюкозы в моче. Причин здесь может быть две: либо повышенное содержание глюкозы в крови, либо плохая работа почек. Кетоновые тела появляются в моче при диабете, продолжительных физических нагрузках, при голодании. Наличие в моче избытка кетоновых тел называется **кетонурия**. Наконец, при воспалительных процессах в моче может появляться кровь. **Гематурия** – называется это явление. У спортсменов – это явление носит, как правило, травматический характер. По виду эритроцитов в крови можно сказать о месте нарушения мочевыделительной системы.

Биохимический контроль в спорте

Без биохимического контроля в спорте трудно ждать хороших результатов. Основными задачами биохимического контроля являются:

- Оценка уровня общей и специальной тренированности спортсмена.
- Оценка соответствия применяемых тренировочных нагрузок функциональному состоянию спортсмена, выявление перетренированности.
- Контроль протекания восстановления после тренировки.
- Оценка эффективности новых методов и средств развития скоростно-силовых качеств, повышения выносливости, ускорения восстановления и т.д.
- Оценка состояния здоровья спортсмена, обнаружение начальных симптомов заболеваний.

Особенностью проведения биохимических исследований в спорте является их сочетание с физической нагрузкой. Физические нагрузки, которые используются при тестировании можно разделить на два типа: стандартные и максимальные. **Стандартные нагрузки** являются строго дозированными. Их параметры определены заранее. Поэтому группы спортсменов для тестирования подбираются примерно одной квалификации. Упражнения используют, как правило, циклические, например, работу на велотренажере.

Максимальные или предельные нагрузки не имеют заранее заданного объема. Например, можно использовать в работе «до отказа» плавание, велогонку, бег на лыжах, на коньках и т. д. Как уже подчеркивалось выше, эта работа может дать информацию об аэробных и анаэробных возможностях организма, в зависимости от мощности. Объектами биохимического контроля являются *кровь, моча, выдыхаемый воздух, слюна, пот, биоптат мышечной ткани*. При анализе **крови** исследуют следующие параметры:

- количество форменных элементов;
- концентрацию гемоглобина;
- водородный показатель – рН;
- щелочной резерв крови;
- концентрацию белков плазмы;
- концентрацию глюкозы;
- концентрацию лактата;
- концентрацию жира и жирных кислот;
- концентрацию кетоновых тел;
- концентрацию мочевины.

При анализе **мочи** исследуют следующие биохимические показатели:

- объем;
- плотность;
- кислотность (рН);

- сухой остаток;
- лактат;
- мочевины;
- показатели свободнорадикального окисления;
- патологические компоненты: белок, глюкоза, кетоновые тела.

Анализ **воздуха** делается с помощью прибора газоанализатора. При сравнении вдыхаемого и выдыхаемого воздуха можно определить:

- МПК;
- кислородный приход;
- алактатный долг;
- лактатный долг.

Анализ пота и слюны проводятся редко, но не потому, что они дают мало информации, а потому, что эти методы находятся в стадии разработки.

Биоптат мышечной ткани – это микробиопсия, когда делается маленький разрез мышцы и на анализ берется кусочек мышцы до 3 мм³. Это нужно для того, чтобы определить состав мышцы и соотношение в ней быстрых и медленных волокон.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте общую характеристику физиологическим и биохимическим основам утомления после мышечной деятельности.
2. Перечислите основные биохимические закономерности восстановления после мышечной деятельности.
3. Биологические принципы спортивной тренировки.
4. Дайте биохимическую характеристику основных классов фармакологических средств.
5. Каковы особенности питания человека при мышечной деятельности?
6. Дайте общую характеристику гормонов и их роли в мышечной деятельности.
7. Расскажите об основах биохимического контроля в спорте.

Список литературы

1. Батоцыренова Е.Г. Допинг-контроль в спорте / Е.Г. Батоцыренова, В.А. Кашуро. – СПб. : НГУ им. П.Ф. Лесгафта, 2014. – 93 с.
2. Волков Н.И. Биологически активные добавки в специализированном питании спортсменов / Н.И. Волков, В.И. Олейников. – М. : Физкультура и спорт, 2005. – 88 с.
3. Волков Н.И. Биохимия мышечной деятельности / Н.И. Волков, Э.Н. Нессен, А.Д. Осипенко, С.Н. Корзун. – Киев : Олимпийская литература, 2000. – 503 с.
4. Гольдберг Н.Д. Питание юных спортсменов / Н.Д. Гольдберг, Р.Р. Дондуковская. – М. : Советский спорт, 2007. – 240 с.
5. Коваленко Т.Г. Социально-биологические основы физической культуры / Т.Г. Коваленко. – Волгоград : изд-во ВолГУ, 2000. – 124 с. – ISBN 5-85534-334-0.
6. Львовская Е.И. Основы общей и спортивной биохимии: учебник / Е.И. Львовская, Н.М. Григорьева. – Челябинск: ЧГПУ, 2009. – 400 с.
7. Михайлов С.С. Спортивная биохимия / С.С. Михайлов. – М. : Советский спорт, 2006. – 260 с.
8. Михайлов С.С. Спортивная биохимия / С.С. Михайлов. – М. : Советский спорт, 2013. – 348 с.
9. Михайлов С.С. Биохимические основы спортивной работоспособности / С.С. Михайлов. – СПб : НГУ им. П.Ф. Лесгафта, 2010. – 144 с.
10. Полиевский, С.А. Основы индивидуального и коллективного питания спортсменов / С.А. Полиевский. – М., 2005. – 200 с.
11. Пшендин А.И. Рациональное питание спортсменов, для любителей и профессионалов / А.И. Пшендин. – СПб. : Олимп, 2003. – 150 с.
12. Соломина Т.В. Питание, здоровье, работоспособность: учебное пособие / Т.В. Соломина. – Челябинск: ЧГПУ, 2002. – 118 с.

Учебное издание

Мамылина Наталья Владимировна

**Физиология и биохимия
физической работоспособности**

(учебное пособие)

Подписано в печать 27.02.2023

Объем 4,53 уч.-изд. л. Усл.-печ.л. 6,98.

Формат 60×84 1/16 Тираж 100 экз. Бумага офсетная

Заказ № 122.

Отпечатано с готового оригинал-макета

в ООО «Фотохудожник»

454091, г. Челябинск, ул. Свободы, 155/1.