НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-796.015

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЭРОБНЫХ И АНАЭРОБНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ

Дурдыева Гунча
Преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

Энергетическое обеспечение мышечной деятельности является одним из важнейших физиологических факторов, определяющих спортивную работоспособность. В процессе физической нагрузки организм использует взаимосвязанные аэробные и анаэробные механизмы ресинтеза аденозинтрифосфата, интенсивность участия которых зависит от продолжительности упражнения, мощности работы, функционального состояния спортсмена и характера двигательной деятельности. В статье рассматриваются биохимические и физиологические особенности основных энергетических систем, анализируются различия между аэробным и анаэробным обеспечением, а также их взаимодействие при выполнении кратковременных, продолжительных и интервальных упражнений. Особое внимание уделяется адаптации организма под воздействием тренировок, методам оценки энергетических возможностей и практическому использованию полученных данных при планировании спортивной подготовки. Обосновывается необходимость комплексного развития энергетических механизмов с учётом специфики конкретной спортивной дисциплины.

Ключевые слова: аэробный обмен, анаэробный обмен, спортивная тренировка, энергетические системы, мышечная деятельность, физическая работоспособность, лактат, спортивная физиология.

Энергетическое обеспечение мышечной деятельности как основа спортивной работоспособности

Любое двигательное действие, независимо от его продолжительности и интенсивности, требует постоянного поступления энергии к работающим мышцам. Сокращение мышечных волокон сопровождается расходованием аденозинтрифосфата (АТФ), который выступает непосредственным источником энергии для механической работы. Однако запасы АТФ в мышечной ткани ограничены и не способны самостоятельно обеспечивать продолжительную

деятельность. Поэтому организм располагает несколькими механизмами его непрерывного восстановления.

В спортивной физиологии принято выделять три основных энергетических механизма: фосфагенную систему, анаэробный гликолиз и аэробное окисление энергетических субстратов. Первые два механизма традиционно объединяются понятием анаэробного энергообеспечения, поскольку позволяют восстанавливать АТФ без непосредственного использования кислорода в соответствующих реакциях. Аэробный механизм основан на окислительном обмене веществ с участием кислорода.

Различия между этими механизмами проявляются прежде всего в скорости образования энергии и общей способности обеспечивать продолжительную мышечную работу. Анаэробные процессы способны быстро удовлетворять высокую потребность мышц в энергии, но обладают ограниченными ресурсами. Аэробный механизм разворачивается постепенно, зато обеспечивает более продолжительное производство АТФ.

При этом ошибочно считать, что во время спринтерского бега работает исключительно анаэробная система, а при марафонской дистанции — только аэробная. Все три механизма включаются с самого начала двигательной деятельности, но их относительная роль изменяется в зависимости от характера нагрузки. Современный систематический обзор, опубликованный в журнале *Sports Medicine* в 2026 году и объединивший результаты 102 исследований, подтверждает динамическое взаимодействие аэробных и анаэробных процессов даже при максимальной работе.

Для тренера понимание этих закономерностей имеет практическое значение. Оно позволяет правильно определять направленность упражнений, выбирать продолжительность рабочих интервалов и восстановления, оценивать готовность спортсмена к определённым нагрузкам и предупреждать чрезмерное утомление.

Биологические особенности аэробного энергообеспечения

Аэробный механизм основан на окислительном превращении углеводов и жиров в митохондриях мышечных клеток. Для его полноценного функционирования необходим кислород, поступающий к работающим тканям посредством дыхательной и сердечно-сосудистой систем. В процессе окислительного обмена образуется значительное количество АТФ, что позволяет поддерживать мышечную деятельность в течение продолжительного времени.

Основными энергетическими субстратами аэробного обмена являются глюкоза, гликоген и жирные кислоты. Их соотношение зависит от интенсивности физической работы, продолжительности нагрузки, обеспеченности организма питательными веществами и уровня тренированности. При относительно невысокой интенсивности значительную роль могут играть жирные кислоты. По мере увеличения мощности упражнения возрастает потребность в углеводном

обеспечении, поскольку углеводы позволяют быстрее удовлетворять энергетические запросы мышц.

Важнейшей характеристикой аэробных возможностей спортсмена является максимальное потребление кислорода. Этот показатель отражает способность организма поглощать, транспортировать и использовать кислород во время интенсивной мышечной деятельности. На его величину влияют функциональное состояние сердца, объём циркулирующей крови, состояние сосудистой системы, дыхательные возможности и способность мышечных клеток использовать поступающий кислород.

Высокий уровень аэробной подготовленности способствует выполнению продолжительной работы, более эффективному восстановлению между интенсивными усилиями и поддержанию необходимой мощности на протяжении соревнования. Особенно большое значение он имеет в циклических видах спорта: беге на длинные дистанции, плавании, лыжных гонках, велоспорте и академической гребле.

Вместе с тем аэробная подготовленность важна и для игровых дисциплин. Футболист, баскетболист или хоккеист неоднократно выполняет короткие ускорения, прыжки и силовые действия, чередующиеся с периодами менее интенсивного перемещения. Развитая аэробная система помогает быстрее восстанавливать энергетические ресурсы между такими эпизодами.

Анаэробные механизмы и их роль в выполнении интенсивной работы

Анаэробное энергообеспечение включает два основных механизма: фосфагенный и гликолитический. Их объединяет способность быстро восстанавливать АТФ при высокой потребности мышц в энергии, однако механизмы имеют различные биохимические особенности и продолжительность эффективного участия.

Фосфагенная система использует запасы креатинфосфата, находящегося в мышечной ткани. При интенсивном сокращении мышц креатинфосфат способствует быстрому восстановлению АТФ. Этот механизм особенно важен в первые секунды максимальной физической работы, когда необходимо немедленно обеспечить высокую мощность.

Фосфагенная система имеет большое значение в тяжёлой атлетике, метаниях, прыжках, спринтерских ускорениях, коротких стартах в плавании и других видах деятельности, требующих максимального усилия за короткий промежуток времени. Её возможности ограничены запасами креатинфосфата, поэтому продолжать максимальную работу исключительно за счёт данного механизма невозможно.

Восстановление креатинфосфата происходит преимущественно в период отдыха с участием аэробных процессов. По этой причине длительность пауз между повторными интенсивными упражнениями оказывает существенное влияние на

способность спортсмена сохранять высокую мощность. Если восстановление недостаточно, последующие усилия могут выполняться с меньшей скоростью и эффективностью.

Второй анаэробный механизм связан с гликолизом — расщеплением глюкозы и мышечного гликогена с образованием промежуточных продуктов обмена и восстановлением АТФ. Этот процесс обеспечивает значительное количество энергии при интенсивной работе, когда потребность мышц в АТФ превышает возможности её немедленного аэробного восполнения.

При высокой интенсивности физической нагрузки возрастает образование лактата. В современной физиологии лактат рассматривается не просто как продукт, связанный с утомлением, а как важный промежуточный метаболит, который может транспортироваться между тканями и использоваться в качестве энергетического субстрата. Поэтому его присутствие в крови само по себе не означает повреждения мышц или наступления необратимого утомления.

Сравнительная характеристика аэробного и анаэробного механизмов

Различия между аэробным и анаэробным энергообеспечением проявляются в скорости образования АТФ, продолжительности работы, используемых энергетических субстратах и характере физиологической нагрузки. Анаэробные механизмы обладают высокой скоростью производства энергии. Они обеспечивают возможность совершать взрывные движения, резко увеличивать скорость и преодолевать значительное сопротивление. Однако их энергетические ресурсы ограничены, а при продолжительной интенсивной работе возникают изменения внутренней среды мышц, связанные с накоплением метаболитов и нарушением ионного равновесия.

Критерий	**Аэробный механизм**	**Анаэробные механизмы**
Основной принцип	Окисление субстратов с участием кислорода	Фосфагенные реакции и гликолиз
Скорость получения энергии	Относительно умеренная	Высокая
Общая энергетическая ёмкость	Значительная	Ограниченная
Основные субстраты	Углеводы и жирные кислоты	Креатинфосфат, глюкоза и гликоген
Преимущественная роль	Продолжительная работа	Кратковременные интенсивные усилия
Характер адаптации	Повышение окислительных возможностей	Развитие скоростно-силовых и гликолитических возможностей

Сравнение показывает, что ни один механизм нельзя считать универсально более важным. Значение каждого определяется задачами конкретного вида спорта. Для марафонца решающее значение имеют аэробная производительность и экономичность движения, тогда как для тяжелоатлета — способность быстро развивать максимальное мышечное усилие. При этом оба спортсмена нуждаются в определённом уровне развития всех энергетических систем.

Необходимо учитывать и то, что относительный вклад механизмов изменяется даже в рамках одного упражнения. В начале интенсивной работы возрастает значение фосфагенной системы, затем усиливается гликолитический вклад, а по мере продолжения нагрузки всё большую роль приобретает окислительное фосфорилирование.

Взаимодействие энергетических систем в различных видах спорта

Спортивная деятельность редко представляет собой непрерывную нагрузку с постоянной интенсивностью. Даже в дисциплинах, которые принято относить к преимущественно аэробным, встречаются ускорения, финишные рывки, подъёмы и другие эпизоды повышенной мощности. В игровых видах спорта чередование коротких интенсивных действий и относительно спокойных периодов делает взаимодействие энергетических механизмов особенно заметным.

В лёгкой атлетике характер энергетического обеспечения зависит от дистанции. В спринтерском беге на 100 метров значительную роль играют фосфагенная система и анаэробный гликолиз. На дистанциях 400 и 800 метров возрастает значение гликолитического механизма, но аэробный обмен также обеспечивает существенную часть общей энергетической потребности. На длинных дистанциях доминирует аэробный механизм, хотя финишное ускорение требует дополнительного анаэробного обеспечения.

В плавании соотношение энергетических механизмов зависит от дистанции, техники и темпа прохождения отдельных отрезков. Короткие заплывы требуют высокой мощности и значительного анаэробного участия. При плавании на более длинные дистанции возрастает значение аэробной системы, обеспечивающей поддержание скорости и восстановление между ускорениями.

В футболе энергетическое обеспечение имеет смешанный характер. Игроки большую часть матча перемещаются с умеренной интенсивностью, но регулярно выполняют короткие ускорения, прыжки, единоборства и резкие изменения направления движения. Аэробная система обеспечивает значительную часть общей работы и способствует восстановлению между интенсивными действиями. Анаэробные механизмы обеспечивают возможность выполнения самих скоростных и силовых эпизодов.

В единоборствах характер нагрузки определяется регламентом поединка, стилем спортсмена и действиями соперника. Короткие атаки, броски, захваты и защитные движения требуют быстрого энергообеспечения, тогда как способность сохранять

активность на протяжении нескольких раундов зависит от аэробной подготовленности. Недостаточное развитие аэробных возможностей может затруднять восстановление между интенсивными эпизодами и снижать качество действий в заключительной части соревнования.

В тяжёлой атлетике и пауэрлифтинге основная работа выполняется с высокой интенсивностью и сравнительно небольшой продолжительностью. Здесь особое значение имеют фосфагенные возможности, нервно-мышечная координация и способность мобилизовать максимальное усилие. Однако аэробные процессы участвуют в восстановлении между подходами и тренировочными занятиями.

Таким образом, специализация спортсмена определяет преимущественную направленность развития энергетических систем, но не исключает необходимости их комплексной подготовки.

Физиологическая адаптация под воздействием тренировочных нагрузок

Регулярная физическая тренировка вызывает структурные и функциональные изменения в организме, благодаря которым повышается способность выполнять специфическую мышечную работу. Характер адаптации зависит от интенсивности, продолжительности, частоты и общего объёма нагрузок.

Аэробная тренировка способствует развитию сердечно-сосудистой системы и повышению эффективности кислородного обмена. При систематических занятиях могут увеличиваться ударный объём сердца, плотность капиллярной сети в работающих мышцах и количество митохондрий. Улучшается активность окислительных ферментов, благодаря чему мышечные клетки эффективнее используют кислород и энергетические субстраты.

В результате повышается способность поддерживать определённую интенсивность работы без чрезмерного физиологического напряжения. Для спортсменов циклических дисциплин это выражается в возможности дольше сохранять соревновательную скорость и экономичнее расходовать энергетические ресурсы.

Анаэробная тренировка вызывает иные адаптационные изменения. При выполнении коротких максимальных усилий совершенствуется способность быстро мобилизовать мышечные волокна, повышается эффективность фосфагенных реакций и улучшается нервно-мышечная координация. Тренировки высокой интенсивности также могут увеличивать активность ферментов, участвующих в гликолизе, и способность мышц переносить значительные метаболические нагрузки.

Особое значение имеет адаптация к повторным интенсивным усилиям. В игровых видах спорта и единоборствах спортсмену недостаточно выполнить одно мощное действие. Необходимо сохранять способность повторять его после короткого периода восстановления. Для этого требуется сочетание анаэробной

производительности и развитых механизмов восстановления, в которых существенную роль играет аэробный обмен.

Следует подчеркнуть, что адаптация является специфичной. Если спортсмен преимущественно тренирует продолжительную работу умеренной интенсивности, это не гарантирует существенного улучшения способности выполнять максимальные скоростно-силовые усилия. Аналогично постоянное выполнение коротких спринтов не обеспечивает полноценного развития выносливости. Поэтому тренировочная программа должна учитывать конкретные требования соревновательной деятельности.

Заключение

Аэробные и анаэробные механизмы энергообеспечения представляют собой взаимосвязанную систему, обеспечивающую непрерывное восстановление АТФ и поддержание мышечной деятельности. Фосфагенный механизм позволяет быстро обеспечивать энергией кратковременные максимальные усилия, анаэробный гликолиз играет существенную роль при интенсивной работе средней продолжительности, а аэробное окисление обеспечивает значительную часть энергетических потребностей при продолжительной физической деятельности.

Проведённый сравнительный анализ показывает, что эффективность спортивной тренировки зависит от правильного сочетания нагрузок различной интенсивности и продолжительности. Развитие аэробных возможностей способствует повышению общей выносливости и ускорению восстановления, тогда как совершенствование анаэробных механизмов позволяет улучшать скоростно-силовые качества и способность выполнять повторные интенсивные действия.

Список литературы

1. Gastin P. B., Suppiah H. T. Anaerobic and Aerobic Energy System Contribution During Maximal Exercise: A Systematic Review. *Sports Medicine*. 2026. Vol. 56. P. 1723–1747. DOI: 10.1007/s40279-026-02414-7. Систематический обзор 2026 года.
2. Ambaum C., Hoppe M. W. Evaluation of Methods to Quantify Aerobic-Anaerobic Energy Contributions During Sports and Exercise — A Systematic Review and Best-Evidence Synthesis. *Frontiers in Sports and Active Living*. 2025. Vol. 7. Article 1650741. DOI: 10.3389/fspor.2025.1650741.
3. Kenney W. L., Wilmore J. H., Costill D. L. *Physiology of Sport and Exercise*. 7th ed. Human Kinetics, 2020.
4. McArdle W. D., Katch F. I., Katch V. L. *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance*. 8th ed. Wolters Kluwer, 2015.
5. Powers S. K., Howley E. T. *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance*. 11th ed. McGraw Hill, 2021.
6. Brooks G. A. The Science and Translation of Lactate Shuttle Theory. *Cell Metabolism*. 2018. Vol. 27, No. 4. P. 757–785.