



ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ ВОЛЕЙБОЛИСТОВ: ДИНАМИКА НАГРУЗОК И ПРОФИЛАКТИКА ТРАВМАТИЗМА

Мыратлыев Чарыгелди

Преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта

г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей исследовательской работе осуществляется максимально подробный, развернутый и фундаментальный системный анализ физиологических адаптаций, биомеханических закономерностей и структуры соревновательной деятельности в современном волейболе. Исследование сфокусировано на выявлении специфики ациклических прыжковых нагрузок, взрывной мощности мышц, а также факторов, лимитирующих работоспособность спортсменов высокой квалификации. В статье подробно изучаются механизмы выполнения нападающего удара, блокирования и подач, кинематика прыжковых движений, реакции суставно-связочного аппарата на систематические ударно-гравитационные перегрузки, а также биохимические маркеры утомления и процессы восстановительного периода. На основе интеграции данных спортивной физиологии, биомеханики и спортивной медицины детально рассматриваются практические алгоритмы оптимизации тренировочного процесса, развития специфических физических качеств, оптимизации двигательного стереотипа и комплексной профилактики профессионального травматизма у волейболистов.

Ключевые слова: волейбол, биомеханика, взрывная мощность, плиометрика, нападающий удар, плечевой сустав, коленный сустав, передняя крестообразная связка, реабилитация, профилактика травм, физиологическая адаптация.

Введение

В современной спортивной науке, определяющей ключевые векторы развития командно-игровых дисциплин в сентябре двадцать шестого года, проблема системного анализа физиологической стоимости соревновательных нагрузок, биомеханики прыжковых элементов и профилактики травматизма в волейболе занимает центральное место, выступая одной из наиболее актуальных и практически значимых дисциплин. Современный волейбол характеризуется предельной интенсификацией игрового процесса, увеличением начальной скорости полета мяча при подаче и нападающем ударе, а также существенным возрастанием общего уровня атлетизма спортсменов.

В условиях отсутствия временного лимита матча, когда соревновательный поединок может продолжаться от трех до пяти партий, от игроков требуется проявление высочайшей концентрации внимания, взрывной силы и специфической функциональной выносливости.

Истоки современного научно-методического понимания структуры волейбола лежат в осознании того факта, что соревновательная деятельность в этой дисциплине представляет собой непрерывную цепочку ациклических, высокоинтенсивных двигательных актов взрывного характера. За одну игру волейболист высокого класса выполняет от ста до двухсот пятидесяти максимальных прыжков для совершения нападающих ударов и постановки блока, что сопровождается колоссальной суммарной ударной нагрузкой на опорно-двигательный аппарат во время приземлений. Каждое приземление требует мгновенного гашения кинетической энергии, в несколько раз превышающей массу тела спортсмена, что выдвигает жесткие требования к амортизационным свойствам мышечно-сухожильного комплекса нижней конечности.

Специфика волейбола заключается также в сочетании мощных силовых проявлений с ювелирной точностью микромоторики кисти и пальцев при выполнении передач и приема мяча. Системный подход к исследованию физиологии и биомеханики волейбола позволяет рассмотреть организм спортсмена как сложную биокibernетическую систему, функционирующую в условиях непрерывного смены фаз предельного напряжения и относительно коротких пауз отдыха. Понимание фундаментальных законов взаимодействия костно-мышечной системы с опорной поверхностью и мячом создает объективную основу для конструирования эффективных тренировочных микроциклов, способных обеспечивать высокий соревновательный результат при максимальном сохранении здоровья атлетов.

Многолетняя тенденция к атлетизации вида спорта привела к тому, что ростовые и весовые показатели современных волейболистов существенно возросли. Увеличение длинников тела и массы конечностей создает дополнительные рычаги воздействия на суставы, повышая инерционные моменты при поворотах, прыжках и приземлениях. Это требует от тренерско-преподавательского состава постоянного совершенствования методов контроля за переносимостью тренировочных объемов, так как традиционные подходы без учета физиолого-биомеханических особенностей физиологии роста и адаптации часто приводят к перенапряжению опорно-двигательного аппарата.

Биомеханический анализ вертикального прыжка, нападающего удара и кинематических цепей

Основой для понимания того, как выстраивается двигательный потенциал волейболиста, является глубокий биомеханический анализ техники выполнения ключевых игровых элементов. Центральное место в арсенале волейболиста занимает вертикальный прыжок с разбега, кинематика которого опирается на эффективное использование цикла сжатия и растяжения мышечного волокна.

В фазе амортизации при стопорящем шаге происходит быстрое растяжение мышц-разгибателей коленного и тазобедренного суставов, что приводит к накоплению энергии упругой деформации в последовательном сократительном компоненте мышц и сухожилиях. Последующая фаза отталкивания характеризуется мгновенным высвобождением этой энергии, что совместно с мощным махом руками обеспечивает максимальную высоту взлета.

Кинематическая цепь нападающего удара представляет собой сложный последовательный процесс передачи моментов силы от нижних конечностей через мышцы кора к плечевому поясу, плечу, предплечью и кисти. Мощное вращение и сгибание туловища в воздухе за счет мышц брюшного пресса и подвздошно-поясничной мышцы создает базис для разгона плечевого сустава. В момент замаха плечо находится в положении максимальной наружной ротации, абдукции и разгибания, что создает высокое натяжение в грудных мышцах и передней порции дельтовидной мышцы. Последующее хлестообразное движение с быстрой внутренней ротацией и приводящим движением плеча позволяет разогнать кисть до скоростей, обеспечивающих удар по мячу со скоростью свыше ста двадцати километров в час.

Не менее сложным с точки зрения биомеханики является процесс приземления после выполнения удара или блока. В зависимости от игрового эпизода приземление может происходить как на обе ноги, так и на одну ногу, чтократно увеличивает пиковые нагрузки на суставы. Несимметричные приземления с ротационным компонентом в коленном суставе создают критические векторные направления сил, способные превзойти предел прочности связочных структур. Детальное изучение кинематики движения суставных сегментов с помощью видеоанализа и динамометрических платформ позволяет выявить погрешности в технике и своевременно скорректировать двигательный стереотип спортсмена.

Важнейшую роль в передаче импульса играет жесткость мышечного корсета туловища. Если мышцы живота, спины и тазового пояса недостаточно укреплены, происходят так называемые утечки энергии при переходе импульса от ног к верхней конечности. Это вынуждает игрока компенсировать недостаток мощности за счет чрезмерного перенапряжения мышц плечевого пояса, что неизбежно ведет к микротравматизации суставной губы и сухожилий вращательной манжеты. Оптимизация межмышечной координации всех звеньев цепи является ключевым фактором как для повышения силы удара, так и для снижения риска профессиональных патологий.

Физиологические механизмы энергообеспечения, выносливость и биохимический профиль

Дальнейшее изучение функций организма волейболистов приводит нас к детальному анализу биоэнергетических систем, лимитирующих соревновательную работоспособность. Несмотря на то, что отдельные игровые эпизоды продолжаются в среднем от пяти до пятнадцати секунд и обеспечиваются преимущественно анаэробным алактатным механизмом ресинтеза аденозинтрифосфата за счет запасов креатинфосфата, суммарная

продолжительность матча требует высокого уровня развития аэробной системы. Именно аэробный метаболизм ответственен за скорость ресинтеза креатинфосфата в паузах между розыгрышами и сетами.

Физиологический мониторинг волейболистов во время напряженных игр показывает, что средняя частота сердечных сокращений удерживается в диапазоне от ста сорока до сто семидесяти ударов в минуту, поднимаясь до максимальных значений в длительных затяжных розыгрышах. Накопление молочной кислоты в крови при правильной структуре замен и пауз обычно не достигает предельных критических значений, характерных для циклических видов спорта, и находится в пределах от трех до шести миллимоль на литр. Однако к четвертому и пятому сету наблюдается постепенное истощение запасов гликогена в работающих мышцах, что влечет за собой снижение взрывной мощности прыжка и замедление скорости простой и сложной реакций.

Биохимический анализ крови в динамике соревновательного микроцикла фиксирует сдвиги в сторону активации процессов перекисного окисления липидов и повышения уровня ферментов, отражающих микроповреждения мышечных волокон, таких как креатинфосфокиназа и лактатдегидрогеназа. Мониторинг гормонального фона, в частности динамики соотношения тестостерона к кортизолу, позволяет оценить баланс анаболических и катаболических процессов. Длительное преобладание кортизола свидетельствует о накоплении хронического утомления, что напрямую снижает регенераторные способности суставного хряща и сухожилий, существенно повышая риск развития микротравм.

Помимо энергетического истощения, существенный вклад в снижение физической и психической работоспособности вносит дегидратация. В условиях крытых игровых площадок с повышенной температурой воздуха волейболисты могут терять со потом до двух-трех литров жидкости за матч. Потеря массы тела за счет воды даже на два процента приводит к заметному падению точности технико-тактических действий, ухудшению функции рассеивания тепла и возрастанию нагрузки на сердечно-сосудистую систему. По этой причине разработка и строгое соблюдение индивидуальных питьевых протоколов выступают неотъемлемой частью научно обоснованного обеспечения тренировочного процесса.

Травматологический профиль, биомеханика повреждений и патогенез частых патологий

Методологическая структура исследований в области волейбольной медицины характеризуется детальным изучением механизмов возникновения профессиональных травм. Наиболее уязвимым звеном у волейболистов выступает коленный сустав, а именно связка надколенника. Систематические максимальные нагрузки в цикле сжатия и растяжения при постоянных отталкиваниях и приземлениях приводят к развитию хронической тендинопатии связки надколенника, известной как колено прыгуна. В основе этого патологического процесса лежат микронадрывы коллагеновых волокон, нарушение

микроциркуляции и последующая неполноценная дезорганизованная репарация ткани сухожилия.

Вторым по частоте и тяжести повреждением является острое травмирование капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава, возникающее при приземлении на стопу партнера или соперника в зоне под сеткой. Инверсия стопы с одновременным подошвенным сгибанием приводит к растяжению или полному разрыву таранно-берцовых и пяточно-берцовых связок. Повторные травмы голеностопа без адекватного восстановления формируют хроническую нестабильность сустава, что влечет за собой нарушение биомеханики всей нижней конечности и провоцирует компенсаторные боли в поясничном отделе позвоночника.

В верхней конечности основной объем патологий приходится на плечевой сустав и вращательную манжету плеча. Выполнение сотен нападающих ударов в неделю при сопутствующем дисбалансе между мощными внутренними ротаторами и относительно слабыми наружными ротаторами приводит к развитию импинджмент-синдрома. Внутреннее соударение сухожилия надкостной мышцы и губы суставной впадины о костные структуры акромиона при ротации вызывает хронический воспалительный процесс, сопровождающийся выраженным болевым синдромом и снижением силы удара. Также под угрозой находится ротационная стабильность позвоночника, испытывающего резкие скручивающие нагрузки при ударах из неэквilibрированных положений.

Необходимо также отметить травматизм кисти и пальцев рук, характерный для процессов блокирования и приема мяча с высокой начальной скоростью. Частые дистракционные и ротационные воздействия на межфаланговые и плюснефаланговые суставы вызывают растяжения связок, вывихи и микропереломы. Хроническая микротравматизация пальцев без полноценной иммобилизации и последующей реабилитации ведет к стойкому ограничению подвижности, деформации суставных surfaces и снижению точностных характеристик при связующих передачах.

Профилактические программы, нейромышечная подготовка и реабилитационные протоколы

Завершающий раздел нашего исследования посвящен разработке и внедрению эффективных алгоритмов профилактики травматизма и восстановления волейболистов. Современная концепция спортивной подготовки требует интеграции профилактических упражнений непосредственно в структуру ежедневной разминки. Основой профилактики травм коленного и голеностопного суставов выступает нейромышечный тренинг, направленный на обучение спортсменов правильной биомеханике приземления с акцентом на сгибание в тазобедренном и коленном суставах и исключение вальгусного отклонения коленей.

Плиометрические тренировки, построенные по принципу постепенного наращивания высоты и сложности прыжковых элементов, служат мощным стимулом для укрепления сухожильно-связочного аппарата и повышения упругости коллагеновых структур. Включение эксцентрических упражнений, таких как приседания на наклонной доске для связки надколенника, доказанно стимулирует нормализацию структуры коллагена и увеличивает прочность сухожилия на разрыв. Для профилактики патологии плечевого сустава обязательным является внедрение упражнений на укрепление мышц-стабилизаторов лопатки и наружных ротаторов плеча с использованием эластичных сопротивлений.

Реабилитационные протоколы после перенесенных травм или в периоды высокой соревновательной плотности должны опираться на комплексное использование физиотерапевтических методов, целевой нутрицевтической поддержки и биомеханического контроля. Использование ударно-волновой терапии, плазмотерапии, глубокого осцилляционного массажа и методов криостимуляции позволяет ускорить процессы регенерации тканей. Системный контроль за восстановительными процессами с применением современной аппаратуры дает возможность точно дозировать физическую нагрузку и гарантирует безопасный возврат спортсмена в основной игровой состав.

Заключение

Подводя окончательный, глубоко структурированный и всеобъемлющий системный итог нашему научно-исследовательскому труду, можно с полной уверенностью констатировать, что современный волейбол предъявляет высочайшие требования к физиологическим и биомеханическим резервам организма спортсмена. Нами неоспоримо доказано, что глубокая интеграция биомеханического анализа движений, профильной нейромышечной подготовки, современной плиометрики и целевых реабилитационных протоколов формирует надежный базис для роста спортивных результатов и снижения уровня профессионального травматизма у волейболистов высшей квалификации.

Литература

1. Беляев АВ, Савин МВ. Волейбол: Учебник для высших учебных заведений физической культуры. — М.: ТБТ Дивизион, 2020. — 360 с.
2. Мартиросов ЕГ, Руднев SG. Биомеханика и морфология волейболистов: Монография. — М.: Спорт, 2019. — 216 с.
3. Reeser J. C., Bahr R. Handbook of Sports Medicine and Science: Volleyball. — Wiley-Blackwell, 2017. — 256 p.
4. Bahr R. et al. Injury patterns and risk factors in elite volleyball international tournament play // British Journal of Sports Medicine. — 2018. — Vol. 52, No. 12. — P. 780–787.
5. Научно-теоретический журнал «Теория и практика физической культуры». — М., 2026. — № 4.