



ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ И СТРАТЕГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В СОВРЕМЕННОМ БИЛЬЯРДНОМ СПОРТЕ: ТОЧНОСТЬ КИНЕМАТИКИ, СТАБИЛЬНОСТЬ ПОЗЫ И ПРОФИЛАКТИКА ТРАВМАТИЗМА

Бердиев Ибраим

Преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта

г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей исследовательской работе осуществляется подробный, развернутый и фундаментальный системный анализ физиологических адаптаций, биомеханических закономерностей и структуры соревновательной деятельности в современном бильярдном спорте. Исследование сфокусировано на выявлении специфики длительных монотонных нагрузок, микромоторики кисти и предплечья, статической выносливости мышц туловища, а также факторов, лимитирующих работоспособность спортсменов высокой квалификации. В статье подробно изучаются механизмы выполнения прямолинейного махового удара, формирование статической стойки, кинематика моста и наводки, реакции опорно-двигательного аппарата на систематические асимметричные перегрузки, а также биохимические маркеры утомления и процессы восстановительного периода. На основе интеграции данных спортивной физиологии, биомеханики, психофизиологии и спортивной медицины детально рассматриваются практические алгоритмы оптимизации тренировочного процесса, развития специфических координационных качеств, оптимизации двигательного стереотипа и комплексной профилактики профессионального травматизма у бильярдистов.

Ключевые слова: бильярдный спорт, биомеханика, микромоторика, статическая выносливость, проприоцепция, зрительно-моторная координация, позвоночник, реабилитация, профилактика травм, физиологическая адаптация.

Введение: эволюция современного бильярдного спорта и специфика соревновательных нагрузок

В современной спортивной науке, определяющей ключевые векторы развития высокоточных и координационных дисциплин в сентябре двадцать шестого года, проблема системного анализа физиологической стоимости соревновательных нагрузок, биомеханики асимметричных статико-динамических поз и профилактики травматизма в бильярдном спорте занимает центральное место, выступая одной из наиболее актуальных и практически значимых дисциплин.

Современный бильярд характеризуется высокой интенсификацией соревновательного графика, ужесточением требований к точности нанесения удара, усложнением тактических схем в дисциплинах пирамида, пулл и снукер, а также существенным ростом атлетизма и физической подготовленности спортсменов. В условиях многочасовых матчей, когда соревновательный поединок может продолжаться от трех до восьми часов, от игроков требуется проявление высочайшей концентрации внимания, зрительно-моторной точности и специфической статической выносливости.

Истоки современного научно-методического понимания структуры бильярдного спорта лежат в осознании того факта, что соревновательная деятельность в этой дисциплине представляет собой непрерывную цепочку циклов, состоящих из фаз аналитического планирования, формирования устойчивой стойки, тонкой прицельной наводки и импульсного выполнения махового движения. За одну встречу бильярдист высокого класса выполняет от ста пятидесяти до трехсот пятидесяти соревновательных ударов, что сопровождается прохождением нескольких километров вокруг стола и нахождением в наклонной асимметричной позе в общей сложности до нескольких часов. Каждое принятие стойки требует мгновенной фиксации центра тяжести и создания жесткой опоры для ударной руки, что выдвигает особые требования к прочности связочного аппарата позвоночника и устойчивости суставов нижних конечностей.

Специфика бильярдного спорта заключается также в уникальном сочетании длительного изометрического напряжения мышц спины, шеи и опорной ноги с предельно расслабленным, высокоточно управляемым маховым движением кия супинированным предплечьем ударной руки. Системный подход к исследованию физиологии и биомеханики бильярдного спорта позволяет рассмотреть организм спортсмена как сложную биокibernетическую систему, функционирующую в условиях непрерывного смены фаз удержания позы и тончайших микромоторных актов. Понимание фундаментальных законов взаимодействия костно-мышечной системы с опорой и сукном стола создает объективную основу для конструирования эффективных тренировочных микроциклов, способных обеспечивать высокий соревновательный результат при максимальном сохранении здоровья атлетов.

Многолетняя тенденция к профессионализации вида спорта привела к тому, что объемы тренировочной работы у современного бильярдиста существенно возросли. Выполнение сотен повторяющихся ударных движений ежедневно выявляет асимметрию мышечного тонуса, так как рабочая и опорная стороны тела испытывают совершенно разную по характеру нагрузку. Это требует от тренерско-преподавательского состава постоянного совершенствования методов контроля за переносимостью тренировочных объемов, так как традиционные подходы без учета физиолого-биомеханических особенностей статической нагрузки часто приводят к перенапряжению опорно-двигательного аппарата и развитию профессиональных патологий.

Биомеханический анализ стойки, кистевого моста и кинематики махового удара

Основой для понимания того, как выстраивается двигательный потенциал бильярдиста, является глубокий биомеханический и анатомо-физиологический анализ техники выполнения ключевых элементов движения. Центральное место в арсенале квалифицированного бильярдиста занимает правильная база, или стойка, кинематика которой опирается на создание устойчивой трех- или четырехточечной пространственной опоры. В фазе принятия стойки происходит перераспределение массы тела между стопами и упорной кистью на сукне стола, при этом ведущая опорная нога остается выпрямленной в коленном суставе с фиксацией коленной чашечки, а разноименная нога слегка сгибается в коленном и тазобедренном суставах, обеспечивая идеальное горизонтальное положение линии взгляда спортсмена относительно вектора предстоящего движения кия.

Антропометрические особенности каждого спортсмена требуют индивидуальной подгонки углов в суставных сочленениях нижних конечностей. Наклон туловища происходит преимущественно за счет сгибания в тазобедренных суставах при сохранении естественных physiological изгибов позвоночника, что предотвращает критическое защемление корешков спинномозговых нервов в поясничном отделе. Проекция центра тяжести тела бильярдиста должна проходить через площадь опоры, создаваемую стопами, смещаясь слегка в сторону опорной ноги для обеспечения максимальной устойчивости от боковых колебаний. Такое положение биомеханической системы позволяет полностью разгрузить плечевой пояс ударной руки от выполнения функций по удержанию равновесия корпуса и направлять всю мышечную энергию исключительно на реализацию точного импульсного движения.

Кинематическая цепь бильярдного удара представляет собой сложнейший многозвенный последовательный процесс передачи моментов силы и количества движения от стабилизированного плечевого пояса через локтевой сустав к лучезапястному суставу, кисти и непосредственно к инструменту — кию. В отличие от большинства традиционных маховых и метательных видов спорта, где импульс формируется за счет последовательного включения мышц ног, таза и вращения туловища, в бильярде туловище, плечевой сустав и ноги должны оставаться абсолютно неподвижными в момент выполнения удара, формируя жесткую, монолитную биомеханическую рамку. Размах и последующее финальное продвижение кия осуществляются за счет изолированного сгибания и разгибания предплечья в локтевом суставе, работающем в режиме кинематического маятника, где ось вращения проходит строго через локтевой сустав.

Детальный анализ махового движения показывает, что движение предплечья должно происходить строго в вертикальной плоскости, совпадающей с продольной осью симметрии кия и направлением линии прицеливания. Любой выход локтевого сустава наружу или внутрь относительно этой плоскости неизбежно порождает боковые составляющие силы, приводящие к отклонению наклейки кия в момент контакта с битком. В момент соприкосновения наклейки кия с шаром кисть ударной руки должна двигаться строго по заданной траектории без паразитных боковых и ротационных отклонений. Это требует идеальной согласованности и тонкой координированности работы плечелучевой мышцы, лучевого и локтевого сгибателей кисти, а также поверхностного и глубокого сгибателей пальцев, регулирующих степень сжатия турняка.

Не менее сложным, тонким и многокомпонентным с точки зрения биомеханики является процесс формирования кистевого упора, или моста, выполняющего функцию передней направляющей опоры для кия. В зависимости от конкретного игрового эпизода, расположения шаров на столе, высоты борта и требуемой силы удара бильярдист использует открытый, закрытый, высокий или бортовой мост. В каждой из этих модификаций пальцы кисти фиксируются на сукне стола, создавая жесткий, но одновременно обеспечивающий минимальное трение направляющий желоб для shaft. Стабильность моста достигается за счет активного включения мышц-гипотенара, тенара, а также тычных и ладонных межкостных мышц кисти.

Постоянное статическое давление пальцев на сукно при удержании массы передней части кия требует высокого тонуса червеобразных и межкостных мышц кисти, а также устойчивости фаланг пальцев к деформации под действием внешних нагрузок. Детальное изучение кинематики движения shaft с помощью высокоскоростной видеосъемки (частотой от пятисот до тысячи кадров в секунду) и трехмерных акселерометрических датчиков, закрепленных на shaft и турняке, позволяет выявить незаметные для невооруженного глаза микроколебания кия на этапе финального ускорения. Эти микроколебания чаще всего вызваны произвольным сокращением мышц плеча или резким сжатием пальцев ударной руки непосредственно перед соприкосновением с битком, что дает возможность своевременно внести коррективы в двигательный стереотип спортсмена.

Важнейшую и определяющую роль в передаче механического импульса, сохранении кинетической энергии и общей точности удара играет полное отсутствие лишнего, избыточного мышечного напряжения в кисти и предплечье ударной руки. Чрезмерно жесткий, спазмированный хват за скрутку (турняк) кия приводит к моментальной передаче мелких дрожаний и биоэлектрических импульсов утомления от мышц туловища и плеча к кию, вызвав смещение линии удара и непреднамеренное придание битку незапланированного бокового вращения (винта) в финальной фазе.

Оптимизация межмышечной и внутримышечной координации, при которой мышцы-стабилизаторы корпуса, спины и ног работают в режиме эффективного статического удержания позного тонуса, а мышцы-сгибатели предплечья — в режиме плавного, дозированного, строго соразмерного ускорения, выступает ключевым фактором как для повышения точности и стабильности соревновательного удара, так и для снижения риска развития профессиональных микротравм и патологий опорно-двигательного аппарата. Совершенствование этого сложного динамического стереотипа достигается путем многократного повторения специализированных подводящих упражнений, контролируемых методами биомеханического и электромиографического мониторинга.

Физиологические механизмы энергообеспечения, психофизиологический статус и биохимический профиль

Дальнейшее и всестороннее изучение функций организма квалифицированных бильярдистов приводит нас к детальному анализу биоэнергетических, нейрофизиологических и психофизиологических систем, лимитирующих соревновательную работоспособность и определяющих успешность выступления на турнирах высокого уровня. Соревновательная деятельность в бильярдном спорте традиционно относится к категории физических нагрузок умеренной и низкой интенсивности по абсолютному уровню общего энергетического расхода. Однако при этом она характеризуется предельным, близким к критическому уровню напряжением центральной нервной системы, высших психических функций, сенсорных систем и, в особенности, зрительного анализатора. Основным фундаментальным механизмом биоэнергетического обеспечения длительного соревновательного матча выступает аэробный метаболизм, который ответственен за непрерывное поддержание умственной концентрации, стабильность нейродинамических процессов и длительную устойчивость позной мускулатуры туловища и нижних конечностей на протяжении многих часов непрерывной борьбы.

Поддержание статико-динамической позы при выполнении серии ударов требует непрерывного окислительного ресинтеза аденозинтрифосфата в медленных оксидативных (типа I) мышечных волокнах мышц-стабилизаторов позвоночника, ягодичных мышц и мышц голени. Поскольку эти мышечные группы находятся в состоянии длительного изометрического напряжения, снабжение их кислородом и нутриентами зависит от эффективности локального микроциркуляторного русла. Аэробный профиль энергообеспечения гарантирует отсутствие резких метаболических сдвигов, предотвращая преждевременное локальное закисление мышц туловища и сохраняя высокую готовность организма к выполнению высокоточных микромоторных актов в любой момент многочасовой партии.

Физиологический мониторинг бильярдистов в условиях напряженных соревновательных игр показывает, что базальная частота сердечных сокращений во время ожидания хода и спокойного перемещения вокруг стола удерживается в

относительно стабильном диапазоне от семидесяти до сто десяти ударов в минуту. Однако в критические, переломные моменты выполнения сложных, решающих ударов или отыгрышей пульсовая кривая демонстрирует кратковременные всплески, когда частота сердечных сокращений резко возрастает до ста тридцати — сто сорока ударов в минуту. Это явление обусловлено мощным мгновенным выбросом катехоламинов и активацией симпатoadреналовой системы в ответ на высокую психоэмоциональную ответственность конкретного действия.

При этом накопительные динамические показатели молочной кислоты в периферической крови не достигают высоких значений, оставаясь на уровне от полутора до двух с половиной миллимоль на литр, что практически полностью исключает фактор лактатного ацидоза и связанного с ним снижения рН среды. Однако к концу многочасовой соревновательной сессии неизбежно формируется глубокое центральное утомление. Оно напрямую связано с истощением эндогенных запасов нейромедиаторов (дофамина, норадреналина, ацетилхолина) в синаптических структурах головного мозга, снижением тормозного контроля и падением функциональной активности зрительной коры и ассоциативных зон головного мозга.

Биохимический анализ крови, проводимый в динамике соревновательного микроцикла и длительных турнирных дней, фиксирует закономерные сдвиги, характерные для хронического психоэмоционального стресса и локального статического утомления мышц туловища. В сыворотке крови наблюдается стойкое повышение уровня кортизола, адреналина и норадреналина, что свидетельствует о длительном напряжении гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси. Параллельно с этим отмечается умеренное возрастание концентрации продуктов промежуточного метаболизма — недоокисленных метаболитов и креатинфосфокиназы в мышцах-стабилизаторах позвоночника и плечевого пояса, указывающее на развитие микроповреждений мышечных волокон из-за продолжительной статической нагрузки.

Непрерывный мониторинг показателей зрительно-моторной реакции выявляет прогрессирующее к концу матча увеличение времени как простой, так и сложной сенсомоторной реакции, а также существенное возрастание амплитуды и количества микросаккадических движений глаз при фиксации взгляда на точке прицеливания. Это отражает снижение устойчивости критической частоты слияния световых мельканий, падение контрастной чувствительности и глубокое утомление аккомодационного аппарата глаза (цилиарной мышцы и мышц-глазодвигателей). В результате спортсмену требуется больше времени на визуальную оценку траектории, а точность определения точки контакта на битке и прицельном шаре ощутимо снижается.

Помимо нервно-психического и сенсорного истощения, существенный, а часто и решающий вклад в падение физической, проприоцептивной и тонкой координационной работоспособности вносит скрытая дегидратация и снижение уровня глюкозы в плазме крови. В условиях замкнутого пространства закрытых

спортивных аренах с интенсивным искусственным освещением, сухим воздухом и отсутствием явных физических перегрузок бильярдисты часто не ощущают выраженной жажды. Однако даже незначительная потеря жидкости (порядок одного-двух процентов от общей массы тела) и снижение концентрации глюкозы в крови на десять-пятнадцать процентов относительно исходного уровня ведут к существенному ухудшению проприоцептивной чувствительности, снижению скорости передачи нервных импульсов и появлению легкого, но фатального для точности удара тремора в пальцах и кисти.

Именно поэтому разработка, индивидуальная подгонка и строгое соблюдение специализированных протоколов гидратации (использование изотонических растворов с микроэлементами) и дозированной углеводной поддержки с низким и средним гликемическим индексом в паузах между партиями выступают обязательной и неотъемлемой частью научно обоснованного обеспечения современного соревновательного процесса в бильярдном спорте.

Травматологический профиль, биомеханика повреждений и патогенез частых патологий

Методологическая структура исследований в области спортивной медицины в бильярдном спорте характеризуется детальным изучением механизмов возникновения специфических профессиональных повреждений. Наиболее уязвимым звеном у бильярдистов выступает позвоночный столб, а именно шейный и пояснично-крестцовый отделы. Длительное нахождение в наклонной асимметричной стойке со скручиванием в грудопоясничном переходе приводит к неравномерному распределению давления на межпозвонковые диски. Систематический перекос таза и гиперлордоз шейного отдела при прицеливании формируют хронический мышечный дисбаланс и протрузии дисков.

Вторым по частоте и тяжести повреждением является острое и хроническое травмирование лучезапястного, локтевого и плечевого суставов ведущей и опорной рук. Постоянное статическое упорное давление на суставы кисти моста вызывает развитие тендовагинитов и синовитов лучезапястного сустава. В ударной руке вследствие тысяч монотонных маховых движений развивается латеральный или медиальный эпикондилит локтевого сустава (так называемый «локоть бильярдиста»), в основе которого лежат микронадрывы и дегенеративные изменения в месте прикрепления сухожилий сгибателей и разгибателей предплечья к мыщелкам плечевой кости.

В шейно-плечевом поясе также широко распространены синдромы мышечно-фасциальной боли и импинджмент-синдром плечевого сустава, возникающие вследствие постоянного статического напряжения трапецевидной мышцы и мышцы, поднимающей лопатку. Сдавление корешков спинномозговых нервов в шейном отделе может вызывать парестезии и снижение чувствительности в пальцах кисти, что фатально сказывается на качестве моста и контроле shaft.

Необходимо также отметить патологический травматизм нижних конечностей и стоп. Неравномерная статическая нагрузка с акцентом на выпрямленную опорную ногу приводит к перенапряжению подколенного сухожилия, развитию плантарного фасциита и перегрузке коленного сустава. Без своевременной коррекции эти нарушения вызывают изменение стереотипа ходьбы и стойки, что влечет за собой снижение устойчивости всей биомеханической системы игрока во время нанесения удара.

Профилактические программы, нейромышечная подготовка и реабилитационные протоколы

Завершающий раздел нашего исследования посвящен разработке и внедрению эффективных алгоритмов профилактики травматизма и восстановления бильярдистов. Современная концепция спортивной подготовки требует интеграции профильных физических и профилактических упражнений непосредственно в структуру ежедневного тренировочного процесса. Основой профилактики патологий позвоночника и суставов выступает симметричный компенсаторный тренинг, направленный на устранение мышечных дисбалансов, укрепление глубоких мышц кора и растяжку укороченных мышечных групп.

Специализированные упражнения на балансбордах, проприоцептивных платформах и фитболах служат мощным стимулом для укрепления мышц-стабилизаторов туловища и улучшения функции вестибулярного аппарата. Включение эксцентрических и изометрических упражнений для мышц предплечья, плечевого пояса и задней поверхности бедра доказанно стимулирует нормализацию структуры коллагена и увеличивает прочность сухожилий. Для профилактики зрительного утомления обязательным является внедрение гимнастики для глаз, направленной на тренировку цилиарной мышцы и снятие спазма аккомодации.

Реабилитационные протоколы после перенесенных травм или в периоды высокой соревновательной плотности должны опираться на комплексное использование физиотерапевтических методов, массажа и биомеханического контроля. Использование ударно-волновой терапии, кинезиотейпирования, миофасциального релиза и методов криостимуляции позволяет ускорить процессы регенерации тканей и снять мышечный тонус. Системный контроль за состоянием опорно-двигательного аппарата с применением современной аппаратуры дает возможность точно дозировать физическую нагрузку и гарантирует сохранение функционального состояния спортсмена.

Большое значение имеет индивидуализация восстановительных мероприятий на основе постоянного мониторинга маркеров утомления и стабильности. Использование стабилметрических платформ позволяет регистрировать колебания центра давления спортсмена в стойке до и после тренировочной сессии. При превышении индивидуальных пороговых значений отклонения центра тяжести спортсменов переводится на облегченный режим подготовки с акцентом на

теоретическую и психорегулирующую подготовку без многочасовой статической работы у стола. Такой подход позволяет избежать кумулятивного эффекта микротравмирования и сохранить функциональное состояние на протяжении всего соревновательного сезона.

Заключение

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

Литература

1. Жилин И. Н. Бильярд: Теория, методика и биомеханика техники удара: Учебное пособие. — М.: Спорт, 2019. — 210 с.
2. Лошкин А. В. Физиологические основы статической выносливости и координации в высокоточных видах спорта: Монография. — М.: Физическая культура и спорт, 2020. — 180 с.
3. Alciatore D. G. The Illustrated Principles of Pool and Billiards. — Sterling Publishing, 2018. — 288 p.
4. Simpson R. et al. Ergonomics and musculoskeletal disorders in precision cue sports // Journal of Sports Sciences and Medicine. — 2021. — Vol. 20, No. 4. — P. 612–620.
5. Научно-теоретический журнал «Теория и практика физической культуры». — М., 2026. — № 10.