

# Статодинамическая устойчивость тела спортсмена как основа эффективных двигательных действий в неожиданных ситуациях (на материале рукопашного боя)

Юрий Литвиненко, Алексей Никитенко

Национальный университет физического воспитания и спорта Украины, Киев, Украина

## ABSTRACT

### **The static dynamic stability of the athlete's body as the basis for effective motor activity in unexpected situations (based on the materials of hand-to-hand combat)**

**Yurii Litvinenko, Aleksei Nikitenko**

*Objective.* To perform biomechanical analysis and to assess the peculiarities of static dynamic stability of the body in athletes of different qualification who perform motor actions in unexpected and rapidly changing situations (based on the materials of hand-to-hand combat).

*Methods.* Analysis of specialized scientific and methodological literature; biomechanical analysis of human body movements using the system of 3D kinematic analysis "Qualisys" and synchronized force platform "Kistler"; methods of mathematical statistics.

*Results.* The biomechanics of static dynamic stability of the body was studied during execution of motor tasks in unexpected situations of hand-to-hand combat. A series of strikes performed by highly qualified athletes is characterized by a rational distribution of the fighter's efforts in the direction of the strike with the appropriate minimization of lateral movements and vertical displacements of the body center of gravity. The motor actions are accompanied by the rapid stabilization of the body between the phases of strike movements and, especially, in the final stage, that allows the fighter to promptly make subsequent decisions and translate them into the required motor actions, which are appropriate to the changing conditions. The data of measurements indicated a high level of static dynamic stability of the body. Achievement of model values of motor actions of the fighters is associated with the development and the use of special local programs for the development and improvement of the "motor field" as a basis for technical preparation and technical preparedness of athletes.

*Conclusion.* Maintenance of static dynamic stability when executing motor actions in unexpected and constantly changing situations is associated with the use of special training programs focused on expanding and deepening the motor memory and the "motor field" as the most important components of the athletes' technical preparedness.

**Keywords:** static dynamic stability, control of body position, sports technique, motor memory, "motor field".

## АННОТАЦИЯ

*Цель.* Проведены биомеханические анализ и оценка особенностей статодинамической устойчивости тела спортсменов разной квалификации, которые выполняют двигательные действия в неожиданных и быстромеменяющихся ситуациях (на материале рукопашного боя).

*Методы.* Анализ специальной научно-методической литературы; биомеханический анализ движений тела человека на базе системы 3D регистрации кинематических характеристик «Qualisys» и синхронизированной с ней тензометрической платформы «Kistler»; методы математической статистики.

*Результаты.* Изучены биомеханизмы статодинамической устойчивости тела при решении двигательных задач в неожиданных ситуациях рукопашного боя. Для спортсменов высокой квалификации при проведении серии ударов характерным является рациональное распределение усилий исполнителя в направлении удара с допустимой минимизацией боковых отклонений и вертикальных колебаний общего центра тяжести тела. Двигательные действия сопровождаются быстрой стабилизацией устойчивости тела между фазами ударных движений и, особенно, в завершающей стадии, что позволяет исполнителю оперативно принимать последующие решения и воплощать их в требуемые двигательные действия, которые соответствуют меняющимся условиям. Зарегистрированные показатели характеризуют высокий уровень статодинамической устойчивости тела. Достижение модельных значений двигательных действий исполнителей связано с разработкой и использованием специальных локальных программ средств развития и совершенствования «моторного поля» как основы технической подготовки и технической подготовленности спортсменов.

*Заключение.* Обеспечение статодинамической устойчивости при выполнении двигательных действий в неожиданных и постоянно изменяющихся ситуациях связано с использованием специальных тренировочных программ, направленных на расширение и углубление двигательной памяти и «моторного поля» как важнейших составляющих технической подготовленности спортсменов.

**Ключевые слова:** статодинамическая устойчивость, регуляция позы, спортивная техника, двигательная память, «моторное поле».

**Постановка проблемы.** Характерной особенностью современного спорта высших достижений является высокая трудность технических элементов, реализация которых осуществляется спортсменами с максимальной доступной интенсивностью в условиях многочисленных сбивающих факторов [23], что предопределяет необходимость наличия сформированных двигательных представлений, навыков, уровня развития двигательных качеств, которые бы могли обеспечить достижение высокой результативности движений и двигательных действий.

В большинстве видов спорта программа двигательных действий известна исполнителю, а необходимость внесения определенных коррекций движений по ходу выполнения двигательного действия может возникать лишь под влиянием возникших внешних или внутренних факторов.

В то же время в видах спорта, для которых характерно выполнение спортсменом разнообразных движений, допустимых правилами проведения соревнований, где конечный результат во многом зависит от тактической целесообразности действий, подчиненных конкретной ситуации, особо актуальным является вопрос владения спортсменом широким арсеналом разнообразных двигательных умений, навыков и, что крайне важно, максимально быстрого их выбора, осуществления перестроек или коррекций в непрерывном процессе целостного двигательного акта. Последнее, в свою очередь, во многом зависит от регуляторных особенностей исполнителя, скорости обработки получаемой информации, циркуляции нервных импульсов, работы всего нервно-мышечного аппарата, а также от наличия соответствующего двигательного опыта [28]. При этом необходимо учитывать то, что в процессе выполнения заданной программы движения не все технические элементы поддаются осознанной коррекции, что связано с минимальной их продолжительностью, часто не более 200 мс [6]. В этой связи в неожиданных и быстро меняющихся условиях внесение коррекций в то или иное движение или более серьезное его изменение – одна из сложнейших задач для спортсмена. При этом для достижения эффективности двигательного действия крайне важным является сохранение устойчивости биомеханической системы во время движения в различные моменты времени [29].

Устойчивость тела человека зависит от ряда механических условий, которые достаточно полно представлены в специальной литературе [1, 17, 21, 28, 29, 31]. В их числе важное место занимает величина площади опоры. Из раздела статики классической механики известно, что чем больше величина площади опоры, тем выше запас устойчивости в направлении опрокидывания тела. Естественно, речь идет о равных условиях в отношении других показателей равновесия тела и факторов, влияющих на его удержание (прежде всего масса тела, положение общего центра масс (ОЦМ), характер проявления действия внешних сил и др.). Объясняется

это тем, что большая величина площади опоры обеспечивает большой запас возможностей для восстановления положения. Физический смысл заключается в том, что пока проекция ОЦМ тела находится в зоне площади опоры, момент силы тяжести будет оказывать стабилизирующий эффект, но как только проекция ОЦМ тела пересечет край площади опоры (собственно говоря, ось, относительно которой и осуществляется вращение всего тела) образуется опрокидывающий момент, что и приводит к потере равновесия [8, 10].

Устойчивость тела человека характеризуется равновесием колебательного типа. Это связано прежде всего с наличием множества степеней свободы тела человека, которые в биомеханике и принято рассматривать как многосвязную биокинематическую цепь, которая не может стоять абсолютно неподвижно [4, 7, 10, 30]. Поэтому фиксацию позы тела в статическом состоянии следует рассматривать как динамический процесс, т. е. такой, который сопровождается колебательными движениями отдельных биозвеньев и всего тела и носит инерционный характер. Изменение положения отдельных частей тела, обусловленное сложной динамикой мышечной активности агонистов, синергистов, антагонистов, стабилизаторов, и возникающие вследствие этого суставные перемещения, оказывают соответствующее влияние на положение ОЦМ тела (его проекцию относительно площади опоры), которое и выражается в постоянном его смещении. Размах колебаний в условиях ограниченной опоры – крайне важный показатель, предельно достижимая минимизация которого может быть обеспечена посредством уменьшения подвижности в суставах за счет мышечного контроля и тонических напряжений [28].

Проекция ОЦМ тела в любом случае совершает непрерывные колебания (в большей или меньшей степени). С целью же достижения его оптимального положения относительно площади опоры любому возникшему смещению должно противостоять надлежащее корректирующее действие человека, способствующее возвращению проекции ОЦМ тела в условно исходное положение [10, 12, 15, 30].

На практике эффективное решение данной задачи выражается в виде сложнокоординатного двигательного действия, в ходе которого осуществляется постоянный колебательный процесс ОЦМ тела, рассматриваемый в специальной литературе как балансирование [6]. Его реализация особенно усложняется в условиях ограниченной опоры по причинам, описанным выше, а также исходя из того, что в таких условиях в значительной степени уменьшается резерв допустимых колебаний ОЦМ тела (размах колебаний). В условиях ограниченной опоры, наряду с уменьшением непосредственно величины общей поверхности опоры, уменьшается так называемая эффективная площадь [8, 15], а значит и зона сохранения равновесия, находящаяся над этой площадью, что и уменьшает возможный размах колеба-

ний ОЦМ тела на опоре, сводя его к оптимальной, т. е. наименьшей зоне перемещения ОЦМ тела, что предъявляет к исполнителю двигательного действия определенные требования, среди которых – наличие особых навыков балансирования.

Сохранение положения тела спортсмена в условиях ограниченной опоры достигается регламентацией сил, проявление которых выражается в виде компенсаторных, амортизирующих или восстанавливающих движений. Например, при изменении позы в условиях ограниченной опоры взаимное перемещение отдельных элементов масс системы (биоэлементов тела) должно осуществляться таким способом, чтобы проекция ОЦМ тела оставалась в пределах площади опоры без образования опрокидывающего момента силы тяжести, что достигается посредством компенсаторных движений.

Амортизирующие движения уменьшают эффект действия возмущающих сил. Их следует рассматривать как уступающие движения, которые направлены в сторону сил, вызывающих потерю равновесия тела. Наиболее часто встречаются при вертикальных перемещениях тела спортсмена (например, выполнение активных полуприседов). Проявление подобных движений обеспечивается регулированием высоты ОЦМ тела, что при постоянной площади опоры влияет на угол устойчивости, увеличение которого обеспечивает большой запас устойчивости. Снижение высоты ОЦМ тела в таких случаях также позволяет вернуть его положение в зону сохранения равновесия, что и необходимо достичь спортсмену для удержания устойчивого положения тела в условиях, максимально приближенных к неустойчивому равновесию [6, 8, 15].

В случае нарушения равновесия в условиях ограниченной опоры спортсменом реализуются движения, описанные выше, которые, прежде всего, направлены на возвращение ОЦМ тела в пределы прежней площади опоры.

Установка движений, применяемых спортсменами в случае нарушения равновесия в условиях ограниченной опоры, хоть и связана с возвращением проекции ОЦМ тела в пределы прежней площади опоры, в контексте их реализации может быть различной и, прежде всего, за счет своих внешних проявлений. Так, к примеру, при выполнении упражнений в условиях ограниченной опоры в случае нарушения равновесия (и начинающегося падения в ту или иную сторону) спортсмен демонстрирует ряд движений (компенсаторные – сгибания, наклоны, прогибания, а также амортизационные – полуприседы, приседы и др.), тем самым воздействуя на опору, как правило, увеличивая давление в одном из направлений, т. е. составляющей силы опорной реакции, которая в данном случае есть сила трения, что и помогает вернуть проекцию ОЦМ тела в прежнее положение [6, 7, 15].

Этого эффекта можно достичь, реализуя волнообразный механизм передачи импульса силы от опорных звеньев ко всем последующим, находящимся над

ними (вплоть до свободных звеньев биокинематических цепей). Данный способ имеет менее активный и выраженный характер двигательных проявлений (в аспекте визуального восприятия происходящего), преследующий принципиально ту же цель и реализуемый на основании компенсаторных и, при необходимости, амортизирующих движений [6].

Возможен и другой способ, при котором упомянутый выше импульс будет проходить в обратном порядке, т. е. не от опорных звеньев, а от свободных, что предполагает выполнение активных маховых движений, направленных противоположно вращению тела (при опрокидывании) [6, 7].

Препятствие опрокидыванию тела человека в описанных выше условиях ограниченной опоры посредством еще более значительного уменьшения площади опоры (как выход на носки) может показаться парадоксальным. Вместе с тем быстрый и активный подъем на носки с поднятием рук вперед–вверх способствует увеличению момента инерции тела относительно оси вращения, что приводит к соответствующему уменьшению угловой скорости вращения тела относительно той же оси (проходящей через опору), а активное подошвенное сгибание увеличивает силу реакции опоры – реализуется механизм, представленный выше.

В случае движения ОЦМ тела, приводящего к выходу его проекции за пределы площади опоры, отмечается потеря равновесия, восстановление которого возможно осуществить путем смещения самой опоры вслед за проекцией ОЦМ тела, что в условиях ограниченной опоры весьма проблематично, а в некоторых случаях и невозможно. То есть выполняются восстанавливающие движения, которые и направлены на возвращение ОЦМ тела в зону сохранения равновесия [6–15].

Краткие представления механизмов сохранения устойчивого положения тела, которые описаны выше, справедливы для решения двигательных задач, связанных с фиксацией позы или положения тела, т. е. в статике. При выполнении двигательных действий, сопровождаемых целенаправленным перемещением тела спортсмена, его отдельных частей в пространстве, механизмы сохранения равновесия подчинены закономерностям динамической устойчивости, что предполагает необходимость учитывать действие сил, возникающих в процессе движения спортсмена, в частности инерционных. Визуальные эффекты, связанные с внешним восприятием способов удержания требуемого положения тела в различные моменты времени, при этом будут иные. Наиболее ярким примером в этом отношении может быть преодоление спортсменом выража в скоростном беге на коньках, шорт-треке, велосипедном спорте и других видах, где проекция общего центра тяжести тела спортсмена выходит за край его площади опоры, что в статическом положении означало бы падение. Следовательно, представления и требования относительно положения общего центра тяжести тела при активном

перемещении тела спортсмена с удержанием равновесия будут отличаться от условий сохранения устойчивого положения тела в статике, что нельзя не учитывать при комплексном рассмотрении вопросов статодинамической устойчивости [6].

Таким образом, сохранение равновесного положения тела подчинено основному требованию – главный вектор и момент внешних и внутренних сил суммарно должны быть сведены к нулю, достижение которого часто оказывается непростой задачей, выражающейся в сложнейших нервно-мышечных механизмах регуляции позы и положения тела и воспроизводимых в виде соответствующих физических упражнений [28].

Фактором, усугубляющим трудность движения, является неожиданность и быстрота изменения ситуаций, что особенно присуще для всех игровых, сложнокоординационных видов спорта и не только. В единоборствах данная проблематика особенно актуальна, так как во многом обусловлена агрессивными контактными действиями с минимальной тактической информативностью, непредсказуемостью и замаскированностью.

Особый интерес в этом отношении вызывает рукопашный бой, характерной чертой которого, кроме указанных выше факторов, является широкий арсенал боевых приемов, выполняемых в самых различных условиях окружающей среды.

Принципиальной особенностью большинства наиболее популярных современных боевых искусств является наличие в них соревновательного и специального направлений. Спортивное и специальное направления присутствуют и в рукопашном бое. Например, известный специалист в этой области А. А. Кадочников [11, 13] различает три вида рукопашного боя: спортивный, армейский и полицейский. Первый из них строго ограничен спортивными правилами, страхующими соперников от травм. Второй не ограничен правилами и запретами, и ориентирован на жесткое подавление противника. Третий занимает промежуточное положение, допускает жесткие и травмоопасные действия, однако в рамках действующего законодательства и соответствующих нормативных актов.

Разные виды спортивного рукопашного боя всячески пропагандируются, по ним проводится множество соревнований. И это не вызывает возражений, поскольку в основу спортивного рукопашного боя положены принципы, характерные для спортивных единоборств – вольной и греко-римской борьбы, борьбы самбо, дзюдо, бокса и др. Существуют четкие правила, систематизация технических приемов, технико-тактических действий, представлены разные схемы и модели ведения схваток и поединков [5, 11, 20, 25, 27].

Под специальным направлением рукопашного боя понимают вид боевого искусства, который служит достижению целей в экстремальных условиях боевой подготовки с использованием любых методов и средств подавления или уничтожения противника и сохранения

собственной жизни [12, 13]. Как показывает практика, потребность развития этого вида рукопашного боя как основной части боевой подготовки в вооруженных силах и различного рода силовых структурах, призванных бороться с преступностью, исключительно высока [3, 14, 16, 26]. Это подтверждается уже наработанным большим техническим арсеналом приемов и действий, методик их реализации. Раскрыты условия противоборства, исследованы эмоциональные состояния бойцов, их поведенческие реакции, формируются индивидуальные психические установки на возможный смертельный риск, непредсказуемость условий столкновения и действий противника, используемых им средств, на особый психоэмоциональный уровень противоборства [9, 12, 14, 18]. Совершенствуются способности оперативно принимать решения и осуществлять действия в непредсказуемых и неожиданных ситуациях, проявлять максимальные психические и физические усилия для их реализации.

Ограничения в пространстве, окружающие предметы, количество противников, их вооруженность, собственная оснащенность, погодные условия, степень агрессивности, физическая и техническая подготовленность противника – эти и другие подобные причины ставят перед сотрудником исключительно сложные задачи, связанные с предвосхищением действий противника, необходимостью молниеносной реакции и быстрого принятия решений, нахождения и реализации нестандартных и неожиданных приемов и действий, направленных на его подавление. Особые требования предъявляются к психике бойца и его психической установке: агрессивность, решительность, жесткость, отсутствие ограничений на использование средств, приемов, действий, нацеленность на мгновенные решения, а не на позиционную борьбу, являются основой успешности в рукопашном бою [19].

Известно, что эффективные двигательные действия, включающие как скрытую реакцию, так и двигательный компонент, выполняются в течение времени, не превышающего примерно, 100–300 мс [3, 11, 20, 29]. Большое значение в этом случае имеет принцип «быстрого касания», который основан на скрытой (латентной) реакции, а также реакции одиночного двигательного действия. Формирование такого двигательного навыка (развитие сверхвозможностей) необходимо для уверенной победы в реальном бою [3]. Это возможно лишь на подсознательном уровне, так как осознанные реакции и действия, вовлекающие высшие отделы центральной нервной системы, требуют от 500 до 800 мс [22–24, 28].

В спортивных единоборствах подавляющая часть приемов и двигательных действий, применяемых в поединках и схватках, достаточно жестко детерминирована, различия касаются в основном деталей, обусловленных конкретной ситуацией. Это позволяет в процессе тренировки большую часть технического арсенала перевести в русло так называемой моторной памяти в виде

закрепленных навыков [2]. Хотя и в спорте высших достижений способность формировать и реализовать на подсознательном уровне неожиданные двигательные действия часто является фактором достижения успеха [22, 23].

В рукопашном бою эффективность действий бойца преимущественно обусловлена не столько наличием сформированных у него двигательных навыков, сколько широким объемом мышечной (двигательной) памяти, который позволяет исполнителю в условиях быстроменяющейся ситуации оперативно реагировать, подбирать и совершать необходимые двигательные действия. Это требует несколько иного подхода к подготовке бойцов не только со стороны специфики и широты приемов и действий, но и в отношении методологии подготовки к их освоению и реализации в условиях реальной практики [3, 11, 12, 19]. Специфика рукопашного боя не только не исключает, но и предполагает широкое использование системы знаний в области техники и методики подготовки, накопленных в разных видах спортивных единоборств, однако с соответствующей рукопашному бою трактовкой, ориентирующей на боевое применение. Такая трактовка и ориентация, представленные в специальной литературе, охватывают техническую сторону – расширение приемов и действий, особенностей их использования в реальной практике. Актуальным остаются развитие и совершенствование статодинамической устойчивости; формирование навыков ударной техники руками, ногами, а также подсечками, выведением противника из состояния равновесия, что в значительной степени определяет результат поединка [12–14, 26].

Техника рукопашного боя включает следующие элементы: боевая стойка, техника ударов, защита, работа с оружием, связки и комбинации, тактика боя, бой в клинче, борьба – работа в партере. Например, выполнение связок и комбинаций, состоящих из ударов только руками, только ногами, а также и руками и ногами: комбинации ударов руками, комбинации ударов ногами, встреча ногами «ручных» атак противника, джеб навстречу – правый прямой – левый боковой, косой удар ногой в голову со сменой уровня атаки, защита шагом – левый боковой навстречу, встречные удары руками на отходе – прямой удар ногой и др. На тренировочных занятиях отрабатываются все элементы, виды связок и комбинаций, поскольку в разных ситуациях боя все они могут оказаться полезны. В поединке, даже в спарринге, времени на обдумывание двигательных действий нет. Используются те, которые наработаны до автоматизма [5, 13, 16, 18, 26]. В то же время для рукопашного боя вопрос расширения и объединения технико-тактического арсенала из разных видов единоборств и боевых искусств является особенно актуальным. Практика показала, что обычно на дальней и средней дистанциях применяется ударная техника руками и ногами, на средней и ближней дистанциях – ударная техника руками, локтями и коленями, а в партере и лежа спортсмены стараются

проводить болевые и удушающие приемы. Очевидно, что спортсмен, владеющий перечисленным арсеналом технических приемов, имеет гораздо более широкий диапазон тактических возможностей.

С точки зрения биомеханики, в рукопашной схватке преследуются следующие цели: сохранение и использование своего равновесия; выведение из равновесия противника и использование потери им устойчивости для результативного завершения схватки. В рукопашном бою особенно остро стоит вопрос комбинирования в одном эпизоде поединка ударной техники руками и ногами с проведением подсечек, бросков; борьба в партере, проведение удержания, болевого или удушающего приема [14, 16, 26]. Следует отметить, что особых законов движения для живых организмов не существует. Все они подчиняются законам классической механики [1, 17, 21]. Поэтому с точки зрения механики рукопашный бой представляет собой физическое явление, сущность которого проявляется во взаимном механическом силовом противодействии физических объектов (противников) друг с другом. Теоретически действия спортсмена в рукопашном бою могут выражаться формой расчетных схем раздела сопротивления материалов как сложное сопротивление сжатия–растяжения, сдвига, кручения и изгиба в таком виде: изгиб со сжатием, изгиб с кручением, косой изгиб, изгиб с растяжением [13], что соответствующим образом может отражаться на сохранении устойчивости тела спортсмена. Устойчивость, в свою очередь, может быть выражена количественно с использованием общеизвестных критериев [6, 7]. Коэффициент устойчивости тела – интегральный показатель, который характеризует способность тела сохранять равновесие при действии опрокидывающей силы. Применительно к проблематике рукопашного боя можно заключить следующее – уметь «управлять» коэффициентом устойчивости изменяя позу, менять момент устойчивости – одна из важнейших биомеханических задач каждого обучающегося в данном виде спорта [11, 12].

**Цель исследования** – провести биомеханический анализ и дать оценку особенностям статодинамической устойчивости тела спортсменов разной квалификации, которые выполняют двигательные действия в неожиданных и быстро меняющихся ситуациях (на материале рукопашного боя).

**Методы и организация исследований.** Для решения поставленной цели использовалась система 3D видеорегистрации и анализа движения человека «Qualisys». Важной особенностью данной системы является высокая точность получаемых количественных показателей, которая достигается посредством инфракрасной съемки с высокой частотой. Такой принцип работы видеосистемы предполагает обязательное нанесение на тело испытуемого специальных светоотражающих маркеров сферической формы. Круговая расстановка камер, синхронизированных между собой, обеспечивает регистрацию координат исследуемых точек тела спортсмена в

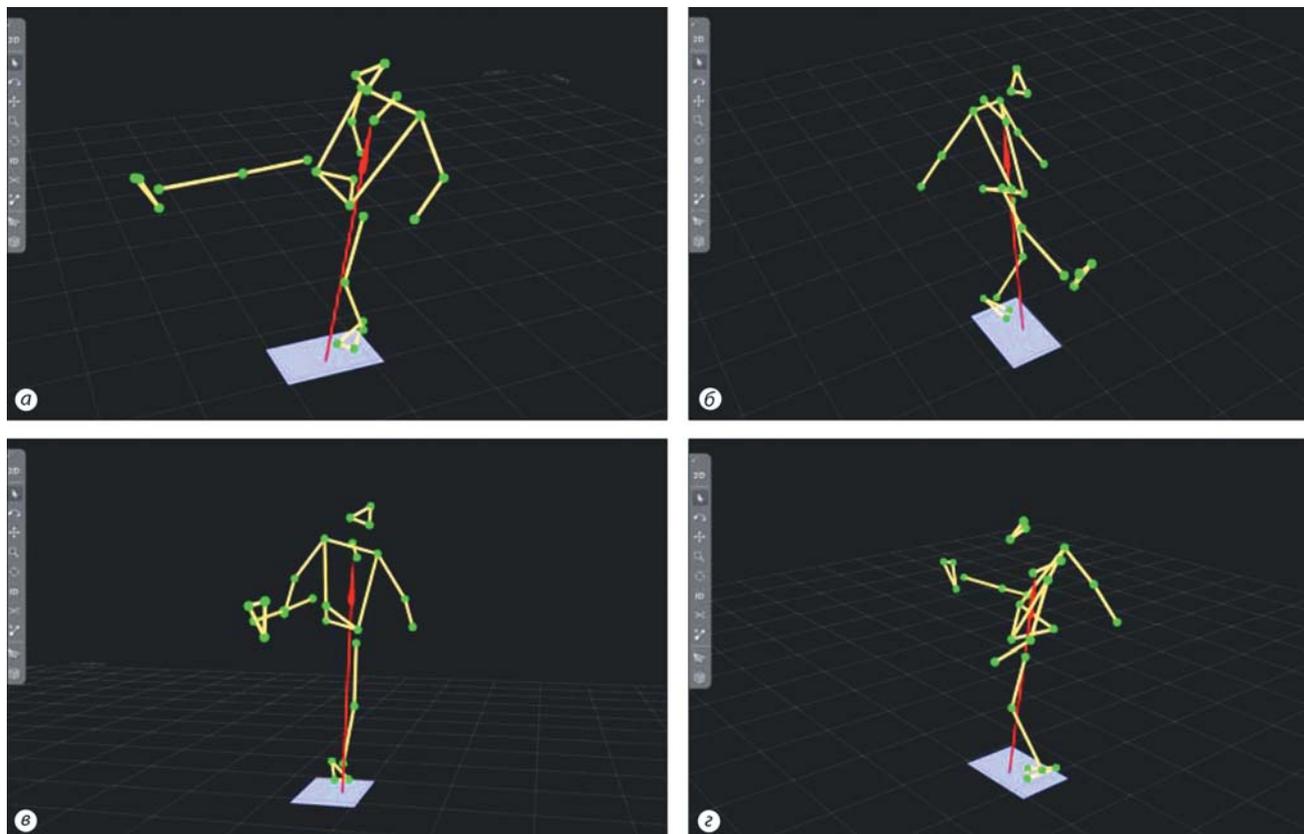


РИСУНОК 1 – Пример трехмерной модели тела спортсмена при выполнении серии ударных действий, регистрируемых видеосистемой «Qualisys»: а–г – момент прямого удара правой ногой с различных ракурсов

трех плоскостях (рис. 1), которые доступны как для качественного, так и для количественного биомеханического анализа благодаря программному обеспечению «Qualisys Track Manager».

Особенности взаимодействия с опорой, в частности перемещения общего центра давления (ОЦД) тела на опоре (координаты в разные моменты времени), отражающие особенности статодинамической устойчивости спортсмена, регистрировались на тензоплатформе «Kistler», которая синхронизирована с видеосистемой «Qualisys».

Кроме показателей перемещения ОЦД тела на опоре изучались составляющие опорной реакции – горизонтальные (во фронтальной (боковой), сагиттальной (переднезадней) плоскостях) и вертикальная, которые нами были представлены в процентах по отношению к статическому весу тела спортсмена.

В исследованиях приняли участия пять квалифицированных и пять высококвалифицированных спортсменов, специализирующихся в рукопашном бое. Каждый спортсмен выполнял по три серии ударов, состоящих из последовательных прямых ударных действий правой и левой ногами, а также прямого удара правой рукой и бокового удара левой рукой.

**Результаты исследования.** Оценка показателей устойчивости спортсменов осуществляли посредством

детализации фазовой структуры технических действий, при которой серия ударных действий делилась с учетом таких временных периодов: с момента отрыва правой ноги от опоры и до момента удара правой ногой; с момента удара правой ногой и до момента постановки ее на опору; с момента постановки правой ноги на опору и до момента отрыва левой ноги от опоры; с момента отрыва левой ноги от опоры и до момента удара левой ногой; с момента удара левой ногой и до момента постановки левой ноги на опору; с момента постановки левой ноги на опору и до момента удара правой рукой; с момента удара правой рукой и до момента начала фазы ударного действия левой рукой; с момента начала фазы ударного действия левой рукой и до момента удара левой рукой; с момента удара левой рукой и до момента стабилизации колебаний ОЦД тела на опоре.

Анализ техники серии ударных действий спортсменов разной квалификации, специализирующихся в рукопашном бое позволил установить отличия в показателях их статодинамической устойчивости.

Для квалифицированных спортсменов характерно наличие выраженных вертикальных колебаний тела на протяжении всей серии ударных действий (рис. 2).

У спортсменов высокой квалификации вертикальных перемещений меньше, но при этом наблюдаются более выраженные смещения в сагиттальной плоскости, т. е.

спортсмены высокой квалификации распределяют усилия в направлении удара, что соответствующим образом влияет на амплитуду колебаний ОЦД тела в данной плоскости.

Так, с момента отрыва правой ноги от опоры и до момента удара амплитуда колебаний ОЦД тела в сагиттальной плоскости у спортсменов высокой квалификации находится в пределах 30,64 мм ( $S = 4,32$ ) при результирующем перемещении 108,7 мм, в то время как у квалифицированных спортсменов амплитуда колебаний ОЦД тела меньше (26,53 мм ( $S = 3,72$ ) при перемещении в 88,65 мм). Средние значения вертикальной составляющей опорной реакции у высококвалифицированных спортсменов находятся в пределах 85,24 %, а у квалифицированных – 102,19 %.

С момента удара правой ногой и до момента постановки ее на опору динамика изменения показателей устойчивости, а также опорной реакции аналогична представленной выше.

В двухопорном положении у всех спортсменов отмечается значительное увеличение амплитуды колебания ОЦД тела во фронтальной и сагиттальной плоскостях, что связано с активным перенесением веса тела с левой на правую ногу. При этом статистически значимых отличий выявлено не было ( $p > 0,05$ ).

С момента одноопорного положения при выполнении прямого удара левой ногой у квалифицированных спортсменов наблюдается увеличение амплитуды колебаний ОЦД тела во фронтальной и сагиттальной плоскостях, в то время как у спортсменов высокой квалификации, напротив, отмечено уменьшение амплитуды, а также крайних границ перемещения ОЦД тела на опоре, что свидетельствует о соответствующей организации сил при выполнении ударных движений.

Наиболее значимые отличия наблюдаются в двухопорном положении при выполнении ударов руками. Так, от момента начала выполнения ударного действия прямого удара правой рукой и до момента удара амплитуда колебаний ОЦД тела во фронтальной плоскости у спортсменов высокой квалификации составляет 47,84 мм ( $S = 4,35$ ), в сагиттальной – 30,46 мм ( $S = 3,07$ ). Граничные значения перемещения ОЦД тела не превышают 135,59 мм во фронтальной плоскости и 86,51 мм – в сагиттальной. У квалифицированных спортсменов эти показатели выше, а именно: амплитуда перемещения ОЦД тела во фронтальной плоскости 60,13 мм ( $S = 6,17$ ) при граничных перемещениях 165,7 мм, а в сагиттальной – 85,83 мм ( $S = 7,13$ ) при граничных перемещениях 241,07 мм. Полученные данные указывают на выраженные перемещения не только в переднезаднем направ-

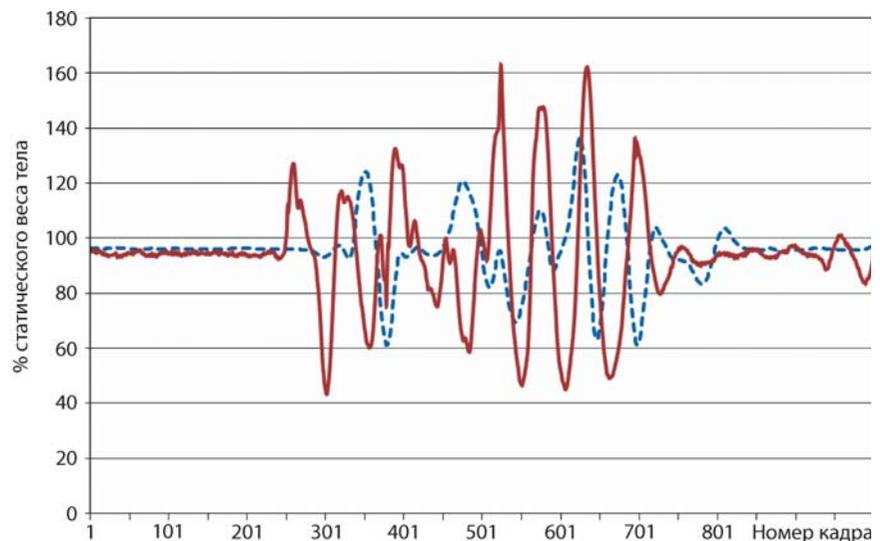


РИСУНОК 2 – Динамика изменения вертикальных составляющих опорных реакций у спортсменов различной квалификации, специализирующихся в рукопашном бое при выполнении серии ударных действий: — — — высококвалифицированные; — — — квалифицированные

лении, что может быть рассмотрено как закономерный факт в связи с проведением серии прямых ударных действий, но и в боковом, что свидетельствует о наличии дисбаланса при нанесении прямых ударов.

Установленный факт подтверждается соответствующим распределением составляющих опорных реакций. Во фронтальной плоскости у спортсменов высокой квалификации она находится в пределах 2 % статического веса, в то время как у квалифицированных – 8 %.

Горизонтальная переднезадняя составляющая опорной реакции у высококвалифицированных спортсменов находится в пределах 4–6 %, в то время как у квалифицированных – не более 2 %. Установленные факты указывают на более акцентированное распределение усилий спортсменами высокой квалификации в переднезаднем направлении с минимизацией отклонений в боковом.

Необходимо отметить и то, что у квалифицированных спортсменов наблюдаются достаточно выраженные вертикальные перемещения ОЦТ тела, что следует рассматривать в качестве компенсаторного механизма, позволяющего поддерживать устойчивое положение тела.

В данной части серии ударных движений вертикальная составляющая опорной реакции у высококвалифицированных спортсменов изменяется в пределах 56,6 % показателей статического веса тела, в то время как у квалифицированных – в пределах 127,08 %.

Отмеченная тенденция у квалифицированных спортсменов наблюдается в течение всей серии ударных действий и сопровождается выраженными боковыми колебаниями. Длина перемещения ОЦД тела в заключительной части серии ударных движений (фазах ударного действия и собственно удара левой рукой) у спортсменов высокой квалификации находится во

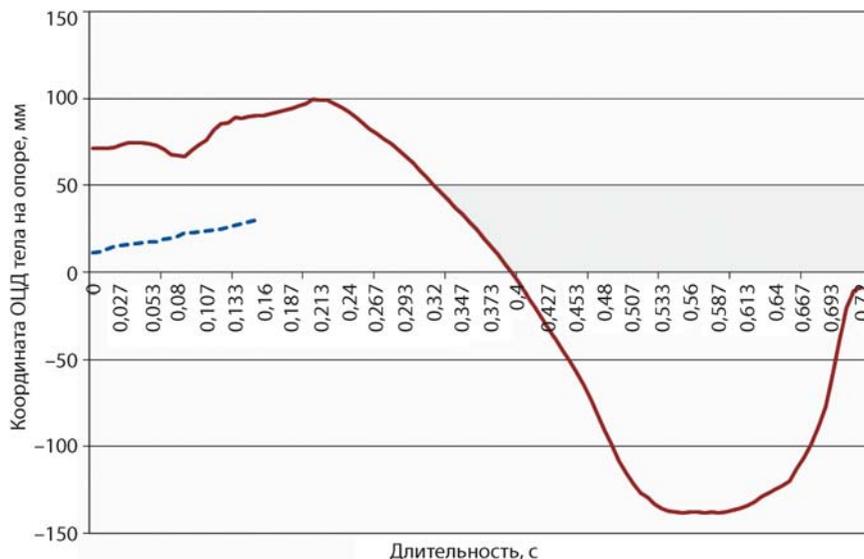


РИСУНОК 3 – Стабилограммы спортсменов разной квалификации, специализирующихся в рукопашном бое, с момента нанесения заключительного удара и до момента стабилизации ОЦД тела во фронтальной плоскости:  
— — высококвалифицированные; — квалифицированные

РИСУНОК 4 – Стабилограммы спортсменов разной квалификации, специализирующихся в рукопашном бое с момента нанесения заключительного удара и до момента стабилизации ОЦД тела в сагиттальной плоскости:  
— — высококвалифицированные; — квалифицированные

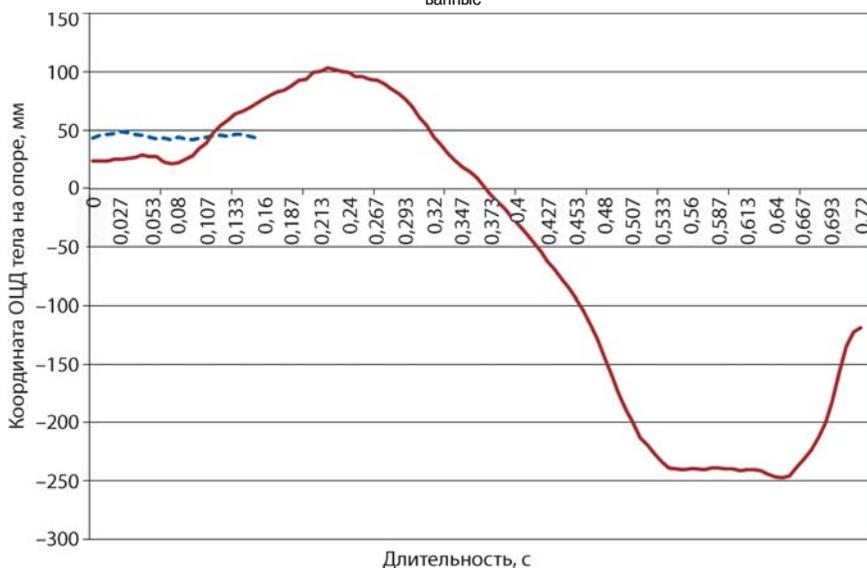
фронтальной плоскости в пределах 128,33 мм ( $S = 10,15$ ), в сагиттальной – 206,07 мм ( $S = 21,08$ ); у квалифицированных 214,74 мм ( $S = 17,08$ ) и 314,22 мм ( $S = 27,25$ ) соответственно.

Важно указать и то, что длительность стабилизации колебаний ОЦД тела после выполнения серии ударных действий у спортсменов высокой квалификации статистически значительно меньше, чем у квалифицированных и составляет у первых 0,16 с ( $S = 0,02$ ), а у вторых – 0,72 с ( $S = 0,24$ ).

Показатели опорных реакций в данный временной период указывают на то, что спортсмены высокой квалификации равномерно распределяют усилия в сагиттальной и фронтальной плоскостях (1,27 % ( $S = 0,78$ ) и 1,12 % ( $S = 0,54$ ) соответственно) при вертикальной составляющей в 96,88 % ( $S = 9,39$ ) статического веса спортсмена.

У квалифицированных спортсменов после проведения серии ударных действий показатели опорных реакций во фронтальной плоскости находятся в пределах 7,8 % ( $S = 2,54$ ), в сагиттальной – 5,2 % ( $S = 3,66$ ), а вертикальная составляющая – в пределах 86,1 % ( $S = 12,34$ ), что свидетельствует о наличии дисбаланса после выполнения ударных действий и проявлении компенсаторных механизмов, ориентированных на сохранение устойчивого положения тела.

Длина траектории ОЦД тела с момента нанесения заключительного удара и до момента стабилизации ОЦД тела во фронтальной плоскости у спортсменов высокой квалификации находится в пределах 18,84 мм ( $S = 2,03$ ), в сагиттальной – 26,11 мм ( $S = 3,23$ ), а у квалифицированных спортсменов – 414,28 мм ( $S = 20,11$ ) и 581,77 мм ( $S = 32,18$ ) соответственно.



На рисунках 3 и 4 представлены стабиллограммы в сагиттальной и фронтальной плоскостях спортсменов разной квалификации в рассматриваемый временной период.

Таким образом, выполнение серии ударных движений спортсменами высокой квалификации характеризуется рациональным распределением усилий, ориентированных на выполнение каждого ударного действия с максимальной эффективностью (передачи импульса силы от опорных звеньев в цель), что позволяет спортсмену высокой квалификации при достижении требуемого результата сохранять устойчивое положение собственного тела после каждого удара, о чем свидетельствуют биомеханические показатели, регистрируемые на опоре.

Характерной особенностью техники серии ударных действий квалифицированных спортсменов является постепенное увеличение колебаний ОЦД тела на опоре

во фронтальной плоскости от начала движения и до заключительного удара (рис. 5), с наличием дисбаланса биомеханической системы и последующей длительной стабилизацией колебаний ОЦД тела на опоре.

Такой технический способ реализации ударных действий характеризуется неэффективной организацией внутренних и внешних сил по отношению к телу спортсмена и ведет к утрате уверенного удержания равновесного положения тела в серии сложнокоординатных ударных действий.

Выявленные особенности техники двигательных действий у спортсменов разной квалификации свидетельствуют о различной регламентации сил и соответствующем им набору количественных биомеханических показателей техники, характеризующих способ решения двигательной задачи в каждой фазе движения, а также в более мелких ее составляющих вплоть до поз тела в отдельно взятых моментах времени, которые следует рассматривать в качестве элементов преемственности между предыдущими и последующими мгновениями с имеющимися биомеханическими свойствами как важной основы эффективной регуляции двигательных действий.

**Дискуссия.** Научные факты, полученные в ходе экспериментальных исследований, косвенно указывают на высокую степень согласованности регуляторных механизмов у спортсменов высокой квалификации, двигательные действия которых характеризуются быстрым и эффективным переходом от одной фазы к последующей, с сохранением устойчивого положения тела на протяжении всей серии ударных действий. Известно, что постуральная активность мышечной системы, отвечающая за обеспечение устойчивости тела, не требует произвольного возбуждения соответствующих мышц нервной системой, данные процессы осуществляются автоматически [28]. Более того, при подготовке к осуществлению определенного двигательного акта в условиях лимита времени подбор состава и последовательности предстоящих движений происходит, как правило, на бессознательном уровне за счет рефлекторных реакций [22, 23]. В условиях спортивной борьбы характер проявления последних базируется на основе имеющих образов в сознании человека, которые формируют двигательную память исполнителя. В образовании образов и, соответственно, двигательной памяти, важное место следует отвести двигательнo-осязательным

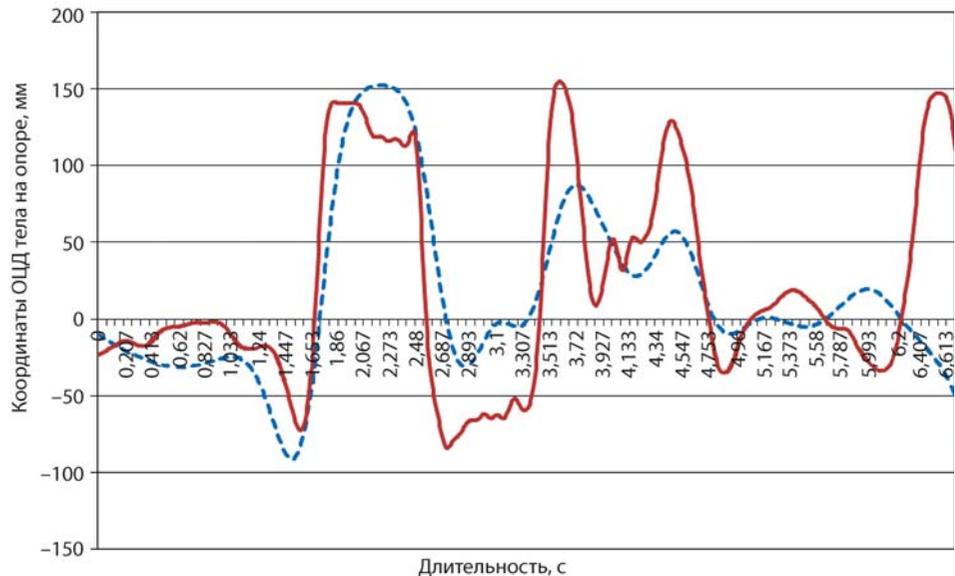


РИСУНОК 5 – Стабилограммы во фронтальной плоскости спортсменов разной квалификации, специализирующихся в рукопашном бое при выполнении серии ударных действий:

— — высококвалифицированные; — — квалифицированные

(кинестетическим) ощущениям, которые дополняются определенной визуальной и слуховой информацией. Их многообразие и широкий спектр являются важным залогом успешного обучения и освоения новых движений, а также во многом определяют качество выполняемых двигательных действий, их эффективный подбор или коррекцию в условиях ограниченного пространства, времени, соответствующих противодействий со стороны соперника. Следовательно, расширение границ «моторного поля», формирование широкой базы двигательных умений и навыков, является важным условием в процессе активного приспособления спортсмена к постоянно меняющимся условиям внешней среды [6]. Полученные результаты не противоречат данным литературы [2, 6, 22, 28, 29], а напротив, подтверждают их.

Учитывая данный факт, а также результаты экспериментальных исследований, можно заключить, что управление положением тела в быстро изменяющихся и неожиданных ситуациях не является предварительной запрограммированной автоматической реакцией, а проявляется как особенность двигательной системы, базирующейся на определенном наборе рефлекторных реакций, адаптированных под потребности взаимодействия спортсмена с условиями окружающей среды в конкретной ситуации.

Важным аспектом является длительность проявления ответной и адекватной реакции в сложившейся ситуации. Подбор, сравнение, коррекция или прогнозирование требуемого движения в соответствии с целью действия, на основе поступающей от рецепторов информации и с учетом фактического сиоминутного результата, связаны с имеющимся двигательным опытом. Время, затраченное на принятие решения и его реализацию, зависит от уровня управления (начиная от

ведущего и заканчивая фоновым) [23]. Вероятно спортсмены, обладающие широким техническим арсеналом, более эффективно справляются с такого рода двигательными задачами, оперативно принимая решения и внося требуемые коррективы. Полученные данные указывают на то, что в основе эффективности двигательных действий спортсменов высокой квалификации лежит хорошо организованная динамическая структура фазового состава движений с соответствующим набором биомеханических характеристик поз и положений тела в разные моменты времени, оптимальным образом обеспечивающих приложение двигательного потенциала спортсмена и позволяющих решить необходимые двигательные задачи в быстро изменяющихся условиях.

Можно предположить и то, что управление такими движениями спортсменов высокой квалификации осуществляется на более низких уровнях нервной системы и на основании имеющегося у них двигательного опыта.

Отмеченное выше позволяет говорить о необходимости для спортсменов на начальных этапах многолетнего совершенствования формировать надежную школу движений за счет освоения разнообразных двигательных умений с использованием упражнений сложнокоординационного характера, в том числе из разных видов спорта, а также с элементами будущих специальных умений и навыков с целью расширения границ «моторного поля».

**Выводы.** Сохранение устойчивости – одно из наиболее важных и сложных способностей человека с позиции регуляторных возможностей, так как в его обеспечении принимают участие разные органы и системы организма, и от степени их участия, состояния и согласованности зависит результат решения двигательной задачи. Сложность ее реализации усугубляется факторами внешней среды – теми или иными условиями физического окружения, а также внутреннего состояния (биологический и психоэмоциональный уровни).

В спортивной практике, в каждом конкретном виде спорта, в спортивной специализации механизмы поддержания заданной позы и положения тела различны. Их формирование подчинено специфике условий, в которых многократно воспроизводятся те или иные двигательные действия.

Вопросы статодинамической устойчивости в условиях неожиданных и быстроизменяющихся ситуаций особо актуальны и характерны для игровых видов спорта, единоборств, где, наряду с необходимостью быстро анализировать и принимать решение, важно быть готовым к выполнению тактически целесообразной программы движений. Ее эффективность во многом зависит от способности исполнителя быстро перестраиваться, создавать или предварительно закладывать необходи-

мые предпосылки как в предшествующих действиях, так и, что особенно важно, в граничных положениях, которые условно разделяют предыдущие и вновь возникшие двигательные задачи.

Исследования по данной проблематике, которые нами были проведены на примере рукопашного боя, показывают, что с ростом спортивного мастерства эффективность такого рода механизмов повышается за счет соответствующей организации внутренних и внешних сил по отношению к телу исполнителя и выражается в готовности проводить очередную серию необходимых действий сразу по завершению предыдущей. Это является одним из наиболее важных показателей, критериев и даже требований, необходимых для достижения желаемого результата действий в условиях быстроизменяющихся и неожиданных ситуаций.

В частности установлено, что при проведении серии ударных действий спортсмены высокой квалификации, в отличие от квалифицированных атлетов, рационально распределяют собственные усилия, ориентированные в направлении удара, и минимизируют боковые отклонения и вертикальные колебания ОЦТ тела, сопровождающиеся более быстрой стабилизацией устойчивости тела между фазами ударных действий и, особенно, в завершающей стадии движения, что позволяет исполнителю оперативно принимать последующие решения и воплощать их в требуемые двигательные действия, которые наиболее оптимально соответствуют изменяющимся условиям.

Безусловно, затрагиваемые вопросы нуждаются в дальнейшем изучении. Вместе с тем данная информация уже в настоящее время может служить материалом для более глубокого понимания механизмов регуляции позы тела человека. Изначально правильно выбранный подход формирования представлений о требуемом движении, подача начинающему спортсмену требуемой двигательной установки, подбор на этом основании соответствующих средств и методов, ориентированных на перспективные конечные цели, позволят в долгосрочном планировании сформировать двигательные умения и навыки, двигательные действия которых корректируемы исполнителем, при необходимости, в кратчайшие моменты времени при сохранении необходимо минимальной степени концентрации внимания на цели действия в конкретных условиях выполнения двигательного действия.

Перспективы дальнейших исследований связаны с изучением особенностей регуляции позы спортсмена в различных условиях статодинамической устойчивости его тела.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют, что в данной статье конфликта интересов не существует.

#### ■ Литература

1. Бишоп Р. *Колебания [Vibration]*. Москва: Наука; 1979. 160 с.
2. Бернштейн НА. *О ловкости и ее развитии [On the agility and its development]*. Москва: Физкультура и спорт; 1991. 288с.
3. Брагин М, Брагина И. *Как побеждать любого противника. Сенсационное открытие в мире боевых искусств [How to defeat any opponent. Sensational discovery in the world of martial arts]*. Москва: Рипол Классик; 2005. 416 с.

4. Бутиков ЕИ, Кондратьев АС. *Механика. Физика [Mechanics. Physics]*: учебное пособие. Москва: Физматлит; 2008. Т. 1; 352 с.
5. Вако ІІ. *Удосконалення техніки рукопашного бою в процесі спеціальної фізичної підготовки майбутніх фахівців служби безпеки України [Improvement of hand-to-hand combat technique in the process of specialized physical preparation of future professionals of the Security Service of Ukraine]* [дисертація]. Київ; 2015. 200 с.
6. Гавердовский ЮК. *Обучение спортивным упражнениям. Биомеханика. Методология. Дидактика [Teaching sports exercises. Biomechanics. Methodology. Didactics]*. Москва: Физкультура и спорт; 2007. 912 с.
7. Донской ДД, Зацюрский ВМ. *Биомеханика [Biomechanics]*. Москва: Физкультура и спорт; 1979. 264 с.
8. Жуков ЕК, Котельникова ЕГ, Семенов ДА. *Биомеханика физических упражнений [Biomechanics of physical exercises]*. Москва: Физкультура и спорт; 1963. 260 с.
9. Журавель А, Логвиненко Ю, Скирта Р. Особенности методики обучения душающих приемов ногами курсанток высших учебных заведений Украины [Features of the methodology of teaching leg chokes to female cadets of higher educational institutions of Ukraine]. *Молодіжний науковий вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки*. Луцьк. 2013;7:34-9.
10. Зацюрский ВМ, Аруин АС, Селуянов ВН. *Биомеханика двигательного аппарата человека [Biomechanics of the human locomotor system]*. Москва: Физкультура и спорт; 1981. 143 с.
11. Кадочников АА. *Мой взгляд на рукопашный бой [My views on hand-to-hand combat]*. Ростов-на-Дону: Феникс; 2005. 128 с.
12. Кадочников АА. *Школа армейского рукопашного боя [School of military hand-to-hand combat]*. Москва: Феникс; 2008. 240 с.
13. Кадочников АА. *Рукопашный бой спецназа. Полное практическое руководство [Special Forces hand-to-hand combat. Complete practical guide]*. Ростов-на-Дону: Феникс; 2009. 288 с.
14. Кирленко ВН, Безверхий АВ, Попов ФИ, и др. Прикладной (армейский) рукопашный бой в Вооруженных Силах Украины [Applied (military) hand-to-hand fighting in the Armed Forces of Ukraine]. *Единоборства*. 2016;2:27-30.
15. Коренберг ВБ. *Основы спортивной кинезиологии [The bases of sports kinesiology]*. Москва: Советский спорт; 2005. 232 с.
16. Лаврент'єв ОМ. Застосування прийомів рукопашного бою в обмежених умовах [Application of hand-to-hand combat methods in confined space conditions]. *Молода спортивна наука України*. Збірник наукових праць. Львів; 2004. Т.1; с. 228-30.
17. Ландсберг ГС. *Механические колебания. Элементарный учебник физики [Mechanical vibrations. Elementary textbook of physics]*. Москва: Наука; 1968. Т. III; с. 13-47.
18. Мунтян ВС. *Оптимизация специальной подготовки в рукопашном бое с учетом индивидуальных особенностей спортсменов [Optimization of specialized preparation in hand-to-hand combat taking into account the individual characteristics of athletes]* [автореферат]. Харьков: ХГАФК; 2006. 20 с.
19. Мунтян ВС. *Прикладные аспекты психологии деятельности человека в экстремальных условиях и ситуациях [Applied aspects of psychology of human activity in extreme conditions and situations]*: монография. Харьков: Право; 2014. 248 с.
20. Остьянов ВН, Гайдамак ИИ. *Бокс (обучение и тренировка) [Boxing (teaching and training)]*: учебное пособие. Киев: Олимпийская литература; 2001. 240 с.
21. Пановко ЯГ, Губанова ИИ. *Устойчивость и колебания упругих систем [Stability and oscillation of elastic systems]*. Москва: Наука; 1967. 420 с.
22. Платонов ВН. *Периодизация спортивной тренировки. Общая теория и ее практическое применение [Periodization of sports training. General theory and its practical applications]*. Киев: Олимпийская литература; 2013. с. 202-16.
23. Платонов ВН. *Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения [The system for preparing athletes in Olympic sport. General theory and its practical applications]*. Киев: Олимпийская литература; 2015. Кн. 2; с. 794-847.
24. Сили РР, Стивенс ТД, Тейт Т. *Анатомия и физиология [Anatomy and physiology]*. Киев: Олимпийская литература; 2007. Кн.1; с. 265-94.
25. Харлампиев АА. *Система самбо [System of sambo]*. Москва: ФАИР-ПРЕСС; 2004. 528 с.
26. Черноусов АВ. *Система реального рукопашного боя: Основы. Техника [The system of real hand-to-hand combat: Basics. Technique]*. Санкт-Петербург: Антология; 2015. Ч. 1; 480 с.
27. Шулика ЮА. *Уличное самбо. Эффективная самозащита и система реального боя [Street sambo. Effective self-defense and the system of actual combat]*. Ростов-на-Дону: Феникс; 2006. 905 с.
28. Энока РМ. *Основы кинезиологии [Basics of kinesiology]*. Киев: Олимпийская литература; 2000. 400 с.
29. Wołoban W. Czas reakcji i czas motoryczny w ruchach sportowca. In: Yermakov S, editor. *Pedagogics, Psychology, Medical-Biological Problems of Physical Training and Sports*. 2009;9:295-301.
30. Błaszczyk JW. *Biomechanika postawy stojącej. Biomechanika kliniczna*. Warszawa: PZW; 2004. p. 192-233.
31. Urbanik CZ, editor. *Wybrane zagadnienia biomechaniki sportu*. Warszawa: AWF; 2001. 196.

**Автор для корреспонденции:**

**Литвиненко Юрий Викторович** – канд. наук по физ. воспитанию и спорту, доц., кафедра биомеханики и спортивной метрологии, Национальный университет физического воспитания и спорта Украины; Украина, 03150, Киев, ул. Физкультуры, 1; <http://orcid.org/0000-0003-1137-9952>; [ylyitvinenko.biomechanics@gmail.com](mailto:ylyitvinenko.biomechanics@gmail.com)

**Corresponding author:**

**Litvinenko Yurii** – PhD on Physical Education and Sport, assistant prof., Biomechanics and Sports Metrology Department, National University of Ukraine on Physical Education and Sport; Ukraine, 03150, Kyiv, 1, Fizkultury Str.; <http://orcid.org/0000-0003-1137-9952>; [ylyitvinenko.biomechanics@gmail.com](mailto:ylyitvinenko.biomechanics@gmail.com)

Поступила 12.03.2018