

На правах рукописи

КОШЕЛЬСКАЯ ЕЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ТОЧНОСТНО-ЦЕЛЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ В БЕЗОПОРНОМ
ПОЛОЖЕНИИ В ВОЛЕЙБОЛЕ**

03.03.01 – физиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

ТОМСК 2011

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Научный руководитель:

доктор медицинских наук,
профессор

Капилевич Леонид Владимирович

Официальные оппоненты:

доктор медицинских наук,
профессор

Байков Александр Николаевич

доктор медицинских наук,
профессор

Яхонтов Сергей Владиславович

Ведущая организация:

Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого" Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации

Защита состоится " ____ " _____ 20__ г. в ____ часов на заседании диссертационного совета Д 208.096.01 при Сибирском государственном медицинском университете (634050 г. Томск, Московский тракт, 2).

С диссертацией можно ознакомиться в научно-медицинской библиотеке Сибирского государственного медицинского университета

Автореферат разослан " ____ " _____ 20__ г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Петрова И.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования

Подготовка спортсменов высокого уровня на современном этапе развития спорта невозможна без привлечения средств объективизации знаний о функциональном состоянии спортсмена, без учета физиологических закономерностей и механизмов управления двигательными действиями. Проблема получения и интерпретации этой информации весьма актуальна как для решения задач отбора наиболее перспективных спортсменов среднего уровня и новичков, так и для планирования тренировочного процесса на всех этапах подготовки [Андреев В.И., Марченко Н.В., 2008; Бочаров М.И., 2010].

Для физиологического контроля в спорте сегодня используется широкий арсенал методов. В эту сферу активно внедряются информационные технологии, что позволяет существенно ускорить процесс обработки и анализа полученной информации, повысить качество ее визуализации, сделав доступной не только для исследователя, но и для спортсмена [Капилевич Л.В., 2010].

При этом сущность комплексного физиолого-биомеханического подхода к изучению динамических феноменов сводится к установлению качественной и количественной связи между координирующими свойствами двигательного аппарата человека, работой скелетных мышц и эффективностью выполнения двигательных действий [Биленко А.Г., 2008; Корягина Ю.В., 2006]. В современной физиологии спорта для этих целей используется комплекс методик – тензодинамография, стабилософия, электромиография, цифровая покадровая фото-съемка движений спортсмена. Разработанные как методы функциональной диагностики поражений нервной системы на различных уровнях, эти методы сегодня активно внедряются в физиологию спорта, поскольку позволяют объективно оценивать функциональные возможности нервной системы при формировании двигательных навыков [Зенков Л.Р., Ронкин М.А., 2011; Winger G.S., 2007].

Для игровых видов спорта, в частности волейбола, наиболее характерными являются точно-целевые виды движений, выполняемые в безопорном положении [Марков К.К., Пашкова Н.В., 2008; Андреев В.И., Зюбанова И.А. и др., 2010; Shusterman R., 2011]. Эффективность таких движений определяется рациональностью техники их выполнения, определенной на основе биомеханических исследований. Основное внимание при этом уделяется динамическим характеристикам движений кинематических звеньев тела в фазе полета [Демиденко О.Л., 2007; Горская Ю.И., 2010].

Точность и надежность управления движениями при выполнении спортивных упражнений определяются физиологическими механизмами, участвующими в саморегуляции двигательной деятельности. Физиологической основой технической подготовки можно считать целенаправленное совершенствование процессов, которые обеспечивают регуляцию движений, определяющих результативность игровых действий [Ингерлейб М.Б., 2009].

В то же время совершенствование техники ударных действий в прыжке сопряжено с рядом трудностей, связанных, прежде всего, с формированием

способностей координировать движения тела в безопорном положении [Родин А.В., 2006; Beutler A.I., Motte S.J., 2009].

Спортивно-техническое мастерство зависит от способностей спортсмена управлять системой движений, которые в процессе тренировки постоянно совершенствуются за счет коррекции [Костюнина Л.И., Колесник И.С., 2010]. Для управления системой движений важное значение имеет самоконтроль, осуществляемый на основе отчетливых двигательных представлений [Анохин П.К., 1980; Павлов С.Е. 2000; Караулова Н.К., Красноперова Н.А., Расулов М.М., 2009]. В связи с этим внимание исследователей привлекают методы, основанные на биологической обратной связи.

Цель: изучить физиологические характеристики точно-целевых действий в безопорном положении у волейболистов и возможность совершенствования их эффективности на основе тренинга с биологической обратной связью.

Задачи:

1. Исследовать стабิโลграфические характеристики равновесия и координационных способностей у волейболистов.
2. Исследовать характер биоэлектрической активности мышц бьющей руки у волейболистов при выполнении удара по мячу в прыжке.
3. Изучить в сравнительном аспекте физиологические и биомеханические характеристики выполнения прямого нападающего удара в безопорном положении и его имитации на стабิโลграфической платформе.
4. Оценить влияние стабิโลграфической тренировки с биологической обратной связью на формирование способности управления движениями в безопорном положении и эффективность выполнения ударов в прыжке в волейболе.

Научная новизна

Установлено, что формирование способности к поддержанию равновесия и координации движений у волейболистов при стабิโลграфическом исследовании проявляется в преобладании отклонений от вертикальной оси в сагиттальной плоскости, в снижении линейной скорости колебаний общего центра тяжести и коэффициента асимметрии, угловая скорость при этом не изменяется.

Доказано, что точность ударных действий в прыжке у волейболистов обеспечивается совершенствованием внутримышечной (синхронизация работы двигательных единиц) и межмышечной координации (угнетение активности мышц-антагонистов, финальная вспышка активности мышц-сгибателей дистального отдела бьющей руки).

Впервые показано, что физиологические и биомеханические характеристики имитации прямого нападающего удара в опорном положении у волейболистов взаимосвязаны с биомеханическими особенностями выполнения этого удара в прыжке.

Впервые установлено, что компьютерный стабิโลграфический тренинг с биологической обратной связью способствует оптимизации физиологических и биомеханических параметров двигательных действий в безопорном положении, что в итоге обуславливает возрастание точности выполнения ударов по мячу в прыжке.

Научно-практическая значимость

Разработана и научно обоснована методика обучения спортсмена управлению положением центра тяжести собственного тела с применением метода компьютерной стабиллографии с биологической обратной связью, которая способствует совершенствованию техники выполнения прямого нападающего удара в волейболе.

Результаты диссертации внедрены в учебно-тренировочный процесс на факультете физической культуры Томского государственного университета, на кафедре спортивных дисциплин факультета физической культуры Томского политехнического университета, на кафедре физического воспитания и спорта Томского университета систем управления и радиоэлектроники. По материалам диссертации подготовлены методические рекомендации, получившие одобрение Учебно-методического объединения по образованию в области физической культуры и спорта.

Положения, выносимые на защиту

1. Определены физиологические факторы, обеспечивающие точность ударных действий в прыжке у волейболистов:
 - координация движений туловища и руки в фазе полета,
 - внутримышечная и межмышечная координация бьющей руки,
 - характер перемещения общего центра тяжести спортсмена в фазе полета.

При этом стабиллографические характеристики имитации прямого нападающего удара в опорном положении взаимосвязаны с биомеханическими особенностями выполнения этого удара в прыжке.

2. Компьютерная стабиллографическая тренировка с биологической обратной связью способствует формированию навыков управления телом в фазе полета за счет оптимизации физиологических и биомеханических параметров двигательных действий в безопорном положении, что в итоге обуславливает возрастание точности выполнения ударов по мячу в прыжке.

Апробация работы

Основные результаты диссертации обсуждены на всероссийских и международных конгрессах: IX Международный конгресс молодых учёных и специалистов «Науки о человеке» – Томск 2008 г.; Всероссийская научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития российской спортивной науки» – Москва 2008 г.; Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Физическая культура, здравоохранение и образование» – Томск 2007, 2008, 2009, 2010 г.; Межрегиональная научно-практическая конференция «Физическая культура и спорт на современном этапе: проблемы, поиски решений» – Томск 2007, 2008, 2009, 2010 г.; IV Международный конгресс «Человек, спорт, здоровье» – Санкт-Петербург 2009 г.; XII Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы физической культуры и спорта» – Томск 2009 г.; Всероссийская конференция с международным участием «Нейрогуморальные механизмы регуляции висцеральных органов и систем в норме и при патологии» – Томск, 2009 г.; X Международный конгресс молодых ученых и специалистов «Науки о человеке» – Томск 2009 г.; VI Всероссийская научно-практическая конференция «Физиче-

ская культура и здоровье студентов вузов» – Санкт-Петербург 2010 г.; XI Международный конгресс молодых ученых и специалистов «Науки о человеке» – Томск 2010 г.; VI Международный междисциплинарный конгресс «Нейронаука для медицины и психологии» – Украина, Крым, Судак 2010 г.; VII Всероссийская научно-практическая конференция «Физическая культура и здоровье студентов вузов» – Санкт-Петербург 2011 г.; V Международный конгресс «Человек, спорт, здоровье» – Санкт-Петербург 2011 г.; XII Международный конгресс молодых ученых и специалистов «Науки о человеке» – Томск 2011 г.; XV Международный научный конгресс «Олимпийский спорт и спорт для всех» – Кишинев 2011 г.

По теме диссертации опубликовано 30 печатных работ, из них 6 – в журналах, рекомендованных ВАК РФ, а так же учебное пособие, рекомендованное учебно-методическим объединением.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации

Автором самостоятельно разработано теоретическое обоснование физиологических подходов к оценке движений спортсменов при выполнении ударов по мячу в безопорном положении, определены направления исследования, сформулированы цель и задачи, разработан дизайн исследования. Самостоятельно выполнены физиологические и биомеханические исследования, проведена статистическая обработка результатов, их научный анализ и обсуждение, сформулированы выводы и положения, выносимые на защиту.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 112 страницах машинописного текста и состоит из введения, глав: «Обзор литературы», «Материалы и методы исследования», «Результаты и обсуждение», выводов. Библиография включает 146 ссылок, в том числе 112 – работы отечественных авторов и 34 – зарубежных. Работа иллюстрирована 44 рисунками и 4 таблицами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Были обследованы 60 студентов Томского государственного педагогического университета, обучающиеся на факультете физической культуры. Возраст юношей составил 18-22 года. Все обследуемые входят в основную медицинскую группу. По уровню подготовки были выделены две группы. Первую группу составили волейболисты высокой квалификации (24 человека), занимающиеся волейболом более трех лет, участники сборных команд факультета и вуза и имеющие первый спортивный разряд. Во вторую группу вошли волейболисты низкой квалификации (36 человек), занимающиеся волейболом не более полугода и не имеющие спортивных разрядов.

Методы исследования

Цифровая стереофотосъемка движений спортсмена и полета мяча с компьютерным анализом изображений. Для регистрации пространственных перемещений мяча и звеньев тела спортсменов был использован метод видеосъемки цифровой камерой KODAK. Покадровый анализ изображений выполнялся в видеоредакторе Canopus Edius – 4.51.

Электромиография. Исследование выполнялось на приборе электронейромиографе – многофункциональном компьютерном комплексе «Нейро-МВП-4». Комплекс позволяет исследовать электрическую активность мышц по 4 каналам. Исследование проводилось с помощью поверхностных электродов, которые представляют собой металлические диски площадью до 1 см², вмонтированные в фиксирующую колодку для обеспечения постоянного расстояния между ними – 20 мм. При анализе ЭМГ оценивались средняя амплитуда и средняя частота осцилляций.

Стабилография. Исследование проводилось с использованием компьютерного стабиланализатора с биологической обратной связью «Стабилан-01-2». Компьютерный стабилограф с биологической обратной связью (стабиланализатор) представляет собой комплекс технических и программно-методических средств для тренировки функций равновесия тела человека. Это метод количественного, пространственного и временного анализа устойчивости стояния. Стабилограф позволяет измерять параметры смещения ОЦТ в процессе поддержания испытуемым вертикальной позы.

Анализ данных проводился при помощи программы Statistica 6.0 for Windows фирмы Statsoft. Полученные данные представлены в виде «среднее ± ошибка среднего» ($X_{cp} \pm m$). Для определения характера распределения полученных данных использовали критерий Колмогорова-Смирнова, а также визуальную проверку методом гистограмм. Гипотезу о принадлежности сравниваемых независимых выборок к одной и той же генеральной совокупности или к совокупностям с одинаковыми параметрами проверяли с помощью рангового U-критерия Манна-Уитни. Для оценки взаимосвязи изучаемых признаков использовался непараметрический критерий взаимной сопряженности Спирмена.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Биомеханический анализ техники выполнения прямого нападающего удара в безопорном положении волейболистами различной квалификации

Биомеханические характеристики выполнения прямого нападающего удара определялись методом фотосъемки и построения четырехзвенной модели тела спортсмена. Оценивалась величина углов в момент удара по мячу (рис. 1).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что у спортсменов низкой квалификации имеет место отклонение назад верхней части туловища и отведение назад руки (сгибание в локтевом суставе) – величины углов ψ_3 и ψ_1 достоверно ниже в сравнении с группой спортсменов высокой квалификации (рис. 2, табл.1).

Таблица 1

Величины углов в биомеханической модели положения тела спортсменов в безопорной фазе выполнения прямого нападающего удара

Квалификация спортсменов	ψ_1	ψ_2	ψ_3
Низкая (n=36)	124 ±9	224 ±13	165 ±11
Высокая (n=24)	165 ±11*	219 ±12	182 ±12*

$X_{cp} \pm m$

Примечание: * – достоверность различий между показателями у спортсменов высокой и низкой квалификации – $p < 0,05$

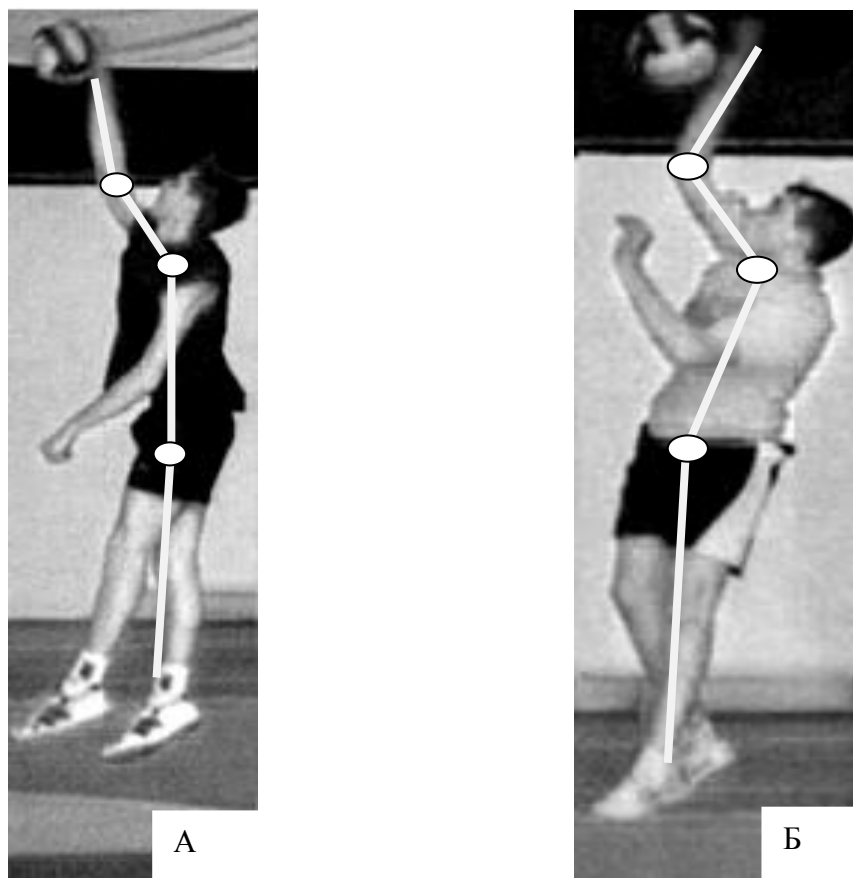


Рис. 1. Фотометрический анализ положения тела спортсмена высокой (А) и низкой (Б) квалификации в безопорной фазе выполнения прямого нападающего удара

По данным биомеханического анализа наиболее эффективным является такой удар, при котором скорость перемещения проксимального звена верхней конечности (плеча) достигает максимума в начале движения и снижается к моменту соприкосновения руки с мячом, способствуя возникновению реактивных сил, увеличивающих скорость движения предплечья и кисти [Андреев В.И., Марченко Н.В., 2008]. Эти условия выполняются, когда удар производится выпрямленной рукой. Если к моменту соприкосновения с мячом рука остается частично согнутой в локтевом суставе, скорость перемещения дистального отдела уменьшается, и, соответственно, уменьшается сила удара по мячу.

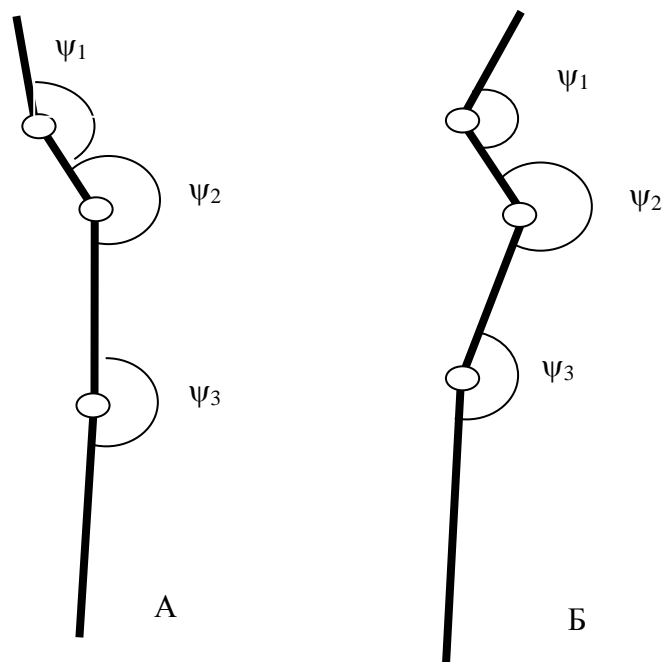


Рис. 2. Модель положения тела спортсмена высокой (А) и низкой (Б) квалификации в безопорной фазе выполнения прямого нападающего удара

Такое избыточное отклонение назад (в спортивной терминологии его иногда называют «пробеганием под мяч») снижает точность выполнения удара по мячу. Кроме того, отклонение туловища назад (избыточное разгибание в тазобедренном суставе) снижает возможность зрительного контроля за мячом в завершающей фазе удара.

Можно предположить, что в фазе полета у спортсменов снижается афферентная импульсация от сенсорных рецепторов вестибулярного аппарата, что приводит к угнетению статокинетических рефлексов (рефлекторные изменения тонуса мышц при сохранении равновесия тела при прыжках и беге, а также сложные рефлексы, в том числе и в безопорном положении). Сенсорный вход от вестибулярных ядер вызывает не только движения глаз, но и приспособительные изменения позы, которые опосредуются командами в спинной мозг через латеральный вестибулоспинальный тракт и медиальный вестибулоспинальный тракт, а также через ретикулоспинальные тракты. Латеральный вестибулоспинальный тракт активирует разгибательные мышцы, поддерживающие позу [Бернштейн Н.А., 1990; Биленко А.Г., 2008].

При снижении импульсации от вестибулярного аппарата усиливается влияние второго типа позных рефлексов – тонических шейных рефлексов, которые активируются мышечными веретенами шейных мышц. При сгибании шеи мышечные веретена запускают тонический шейный рефлекс без вмешательства вестибулярной системы. При ее выпрямлении (вытягивании головы вперед) верхние конечности выпрямляются, а нижние сгибаются, при сгибании шеи эффект обратный. Важно отметить, что эти эффекты противоположны тем, которые обеспечиваются вестибулярной системой.

Поскольку кора полушарий головного мозга контролирует деятельность отделов мозга, в которых замыкаются дуги тонических рефлексов, то в результате тренировки тонические рефлексы можно затормозить: при разучивании новых движений и комбинаций приходится подавлять тонические

рефлексы. Защищая организм от травм, они мешают выполнять новые, непривычные, сложные для него движения.

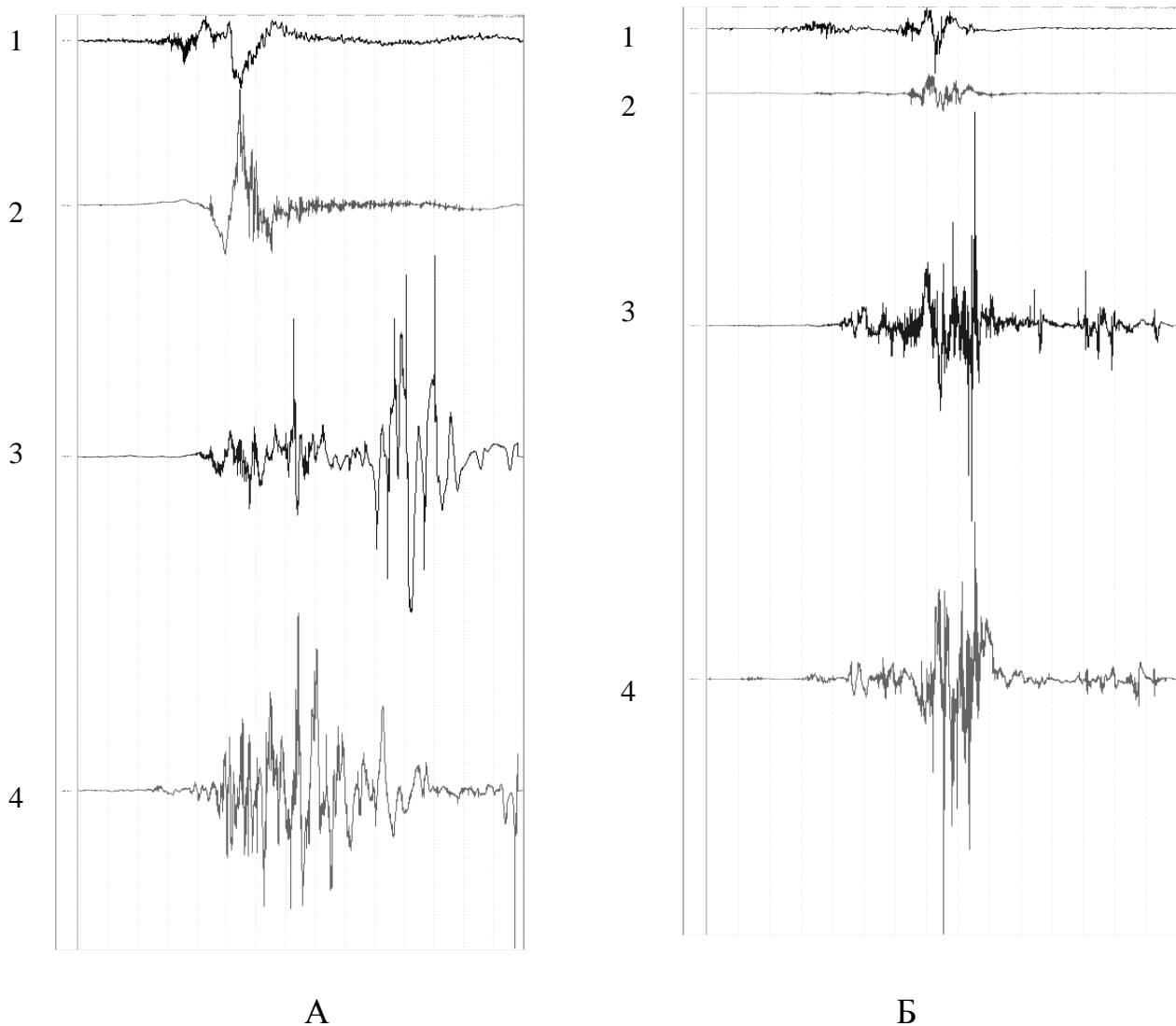
Особенно важным в рассматриваемом аспекте является зависимость равновесия в движении от положения головы по отношению к туловищу. Неправильное держание головы вызывает нарушение равновесия. Несвоевременное перемещение головы приводит к потере равновесия и к нарушению позы: преждевременному или запоздалому выпрямлению или сгибанию туловища. Таким образом, отклонение головы назад в безопорном положении в условиях снижения импульсации от рецепторов вестибулярного аппарата, может приводить к превалированию тонических шейных рефлексов над статокинетическими, избыточному отклонению туловища назад, сгибанию руки – все это снижает точность ударных действий [Бернштейн Н.А., 1990; Биленко А.Г., 2008].

Весьма важно, особенно когда речь идет о тонических позных рефлексах, не рассматривать рефлекторную деятельность как чисто автоматическую, при которой сенсорный вход неизбежно вызывает двигательную реакцию. В действительности рефлекс – это тонко управляемый процесс, который могут вызывать и в значительной степени регулировать высшие центры произвольной двигательной системы. Автоматизм тонических позных рефлексов проявляется только в особых ситуациях, например, у новорожденных (с еще несформировавшимся окончательно передним мозгом) или у больных с церебральными нарушениями. По всей вероятности, для преодоления этих явлений следует больше внимания уделять тренировке вестибулярного аппарата у спортсменов [Бочаров М.И., 2010].

Электромиографическая характеристика выполнения прямого нападающего удара волейболистами различной квалификации

Были выявлены существенные различия в организации работы мышц руки при выполнении прямого нападающего удара по мячу волейболистами различной квалификации (рис. 3). У спортсменов низкой квалификации все группы мышц вовлекаются в сокращение одновременно, и продолжительность активной фазы сгибателей и разгибателей различается незначительно. Вторая вспышка активности локтевого сгибателя запястья незначительна по амплитуде и длительности, что свидетельствует о слабом вовлечении кисти в завершающей фазе удара – основной вклад в его выполнение вносит разгибание в локтевом суставе.

У высококвалифицированных волейболистов фаза активности трехглавой мышцы плеча длительнее, а на локтевом сгибателе запястья наблюдается два разряда, причем амплитуда второго выше, чем первого. Это отражает вовлечение кисти в завершающую фазу ударного движения. Средняя амплитуда электрической активности всех групп мышц у квалифицированных спортсменов была достоверно выше, чем в контрольной группе, а частота осцилляций при этом, напротив, в контрольной группе превышала показатели квалифицированных спортсменов (табл. 2).



100 мкВ
0,2 сек

Рис. 3. Электромиограмма мышц бьющей руки при выполнении прямого нападающего удара волейболистами высокой (А) и низкой (Б) квалификации.

1. *m. biceps brachii* (двуглавая мышца плеча),
2. *m. extensor carpi ulnaris* (локтевой разгибатель запястья),
3. *m. flexor carpi ulnaris* (локтевой сгибатель запястья),
4. *m. triceps brachii* (трехглавая мышца плеча).

Внизу справа – калибровочный сигнал и отметка времени.

Полученные результаты позволяют предположить, что у спортсменов высокой квалификации наблюдается синхронизация работы двигательных единиц и одновременное их вовлечение в выполнение ударного движения. Наибольшая электрическая активность при этом регистрируется на трехглавой мышце плеча и локтевом сгибателе запястья.

Таблица 2

Биоэлектрическая активность мышц бьющей руки при выполнении прямого нападающего удара у спортсменов различной квалификации

X_{ср}± m

Мышцы	Спортсмены высокой квалификации (n=24)		Спортсмены низкой квалификации (n=36)	
	Средняя амплитуда, мкВ	Средняя частота, Гц	Средняя амплитуда, мкВ	Средняя частота, Гц
Двуглавая мышца плеча	74,6±12,5*	240,7±11,4*	45,5±9,3	297,3±16,2
Локтевой сгибатель запястья	281,6±14,1*	345,8±15,6*	144,9±18,7	418,3±19,2
Локтевой разгибатель запястья	98,2±9,2*	190,5±11,5*	67,5±8,7	270,03±13,4
Трехглавая мышца плеча	370,2±19,7*	321,5±14,6*	281,4±17,2	378,7±12,7

Примечание: * – достоверность различий между показателями у спортсменов высокой и низкой квалификации – p<0,05

Таким образом, у спортсменов высокой квалификации точность ударных действий обеспечивается совершенствованием внутримышечной (синхронизация работы двигательных единиц) и межмышечной координации (угнетение активности мышц-антагонистов, финальная вспышка активности мышц-сгибателей дистального отдела бьющей руки).

Стабилографическая характеристика чувства равновесия и координационных способностей у волейболистов различной квалификации

При исследовании чувства равновесия и координационных способностей стабилографическим методом показано, что квалифицированный спортсмен успешно сохраняет равновесие на протяжении всей пробы. Отклонения ОЦТ от вертикальной оси незначительны и преимущественно лежат в саггитальной плоскости. У волейболистов низкой квалификации эффективность сохранения равновесия хуже, отклонения выражены в обеих плоскостях, но во фронтальной – в большей степени (табл. 3).

Стабилографическая характеристика выполнения прямого нападающего удара волейболистами различной квалификации

При стабилографическом анализе имитации удара спортсменами высокой и низкой квалификации в опорном положении выявлены различия. Высококвалифицированный спортсмен в подготовительной фазе удерживает ОЦТ в исходном положении, после чего ОЦТ перемещается вперед по траектории удара и возвращается назад. Отклонение в правую сторону отмечается только после контакта с мячом и является следствием инерционного движения правой руки (рис. 4 А). Начинаящий волейболист уже в подготовительной фазе совершает перемещения ОЦТ назад. В момент выполнения удара траектория движения ОЦТ изогнута, что существенно снижает эффективность выполнения движения. В завершающей фазе для удержания равновесия спортсмен выполняет колебательные движения в обе стороны (рис. 4 Б).

Таблица 3

Показатели равновесия при выполнении пробы Ромберга волейболистами
различной квалификации

$X_{cp} \pm m$

Характеристики стабิโลграммы при выполнении пробы Ромберга	Спортсмены высокой квалификации (n=24)	Спортсмены низкой квалификации (n=36)
Смещение по фронтالي, мм	0,25±0,02	1,66±0,12*
Смещение по сагиттали, мм	0,66±0,12	7,01±1,3*
Разброс по фронтали, мм	1,8±0,2	2,3±0,2*
Разброс по сагиттали, мм	3,68±0,21	3,69±0,45
Средняя скорость перемещения ЦД, мм/сек	10,03±0,53	12,58±0,38*
Скорость изменения площади статокинезиграмм, кв.мм/сек	10,25±2,06	16,58±1,92*
Площадь эллипса, кв.мм	93,4±5,7	144,5±4,9*
Коэффициент асимметрии относительно нуля (фронталь), %	15,2±4,8	46,6±5,7*
Коэффициент асимметрии относительно нуля (сагитталь), %	1,22±0,52	68,33±6,25*
Средняя линейная скорость, мм/с	10,04±0,81	12,59±0,75*
Средняя угловая скорость, град/сек	27,9±2,6	27,1±3,2
Длина траектории ЦД по фронтали, мм	86,1±4,3	122,7±6,1*
Длина траектории ЦД по сагиттали, мм	163,1±5,9	192,7±11,8*

Примечание: * – достоверность различий между показателями у спортсменов высокой и низкой квалификации – $p < 0,05$

Показатели равновесия и динамические характеристики стабิโลграммы также достоверно различались в исследуемых группах спортсменов (табл. 4). У квалифицированных спортсменов при выполнении данного технического приема величины смещения ОЦГ и коэффициент асимметрии были вдвое ниже, чем у начинающих. Интегральный показатель – качество функции равновесия – у квалифицированных спортсменов был достоверно выше, чем в контроле. У квалифицированных волейболистов скорость движения ОЦГ была достоверно ниже как во фронтальной, так и в сагиттальной плоскости. При этом коэффициенты асимметрии линейных скоростей в обеих плоскостях в контрольной группе были вдвое выше.

Полученные результаты свидетельствуют о существовании принципиальных различий в технике выполнения прямого нападающего удара у начинающих и квалифицированных игроков студенческих волейбольных команд. Выявленные различия связаны, во-первых, с координацией движений туловища и руки в фазе полета, во-вторых, с организацией работы мышц бьющей руки и, в-третьих, с характером перемещения ОЦГ спортсмена.

Для доказательства взаимосвязи названных параметров были определены корреляционные связи между характеристиками имитации прямого нападающего удара в опорном положении и выполнения этого удара в прыжке у волейболистов (рис. 5). Отмечена отрицательная корреляция между величиной угла ψ_1 и величиной отклонения по фронтали (коэффициент взаимной сопряженности Спирмена $r = - 0,58$; $p < 0,05$), а также между величиной угла ψ_3 и величиной отклонения по фронтали (коэффициент взаимной сопряженности Спирмена $r = - 0,62$; $p < 0,05$).

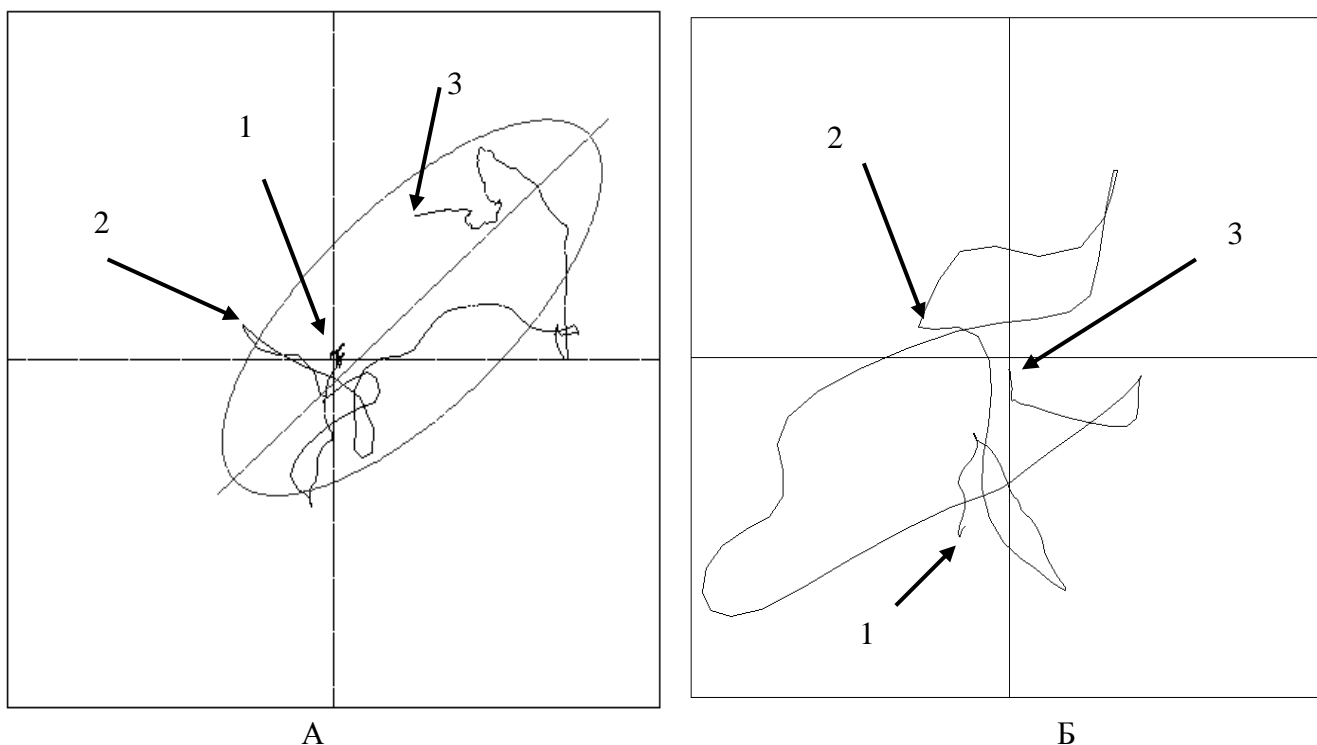


Рис. 4. Стабилограмма выполнения нападающего удара волейболистами высокой (А) и низкой (Б) квалификации

Стрелками указаны:

1. начало выполнения удара;
2. момент удара по мячу;
3. окончание движения.

Таблица 4

Показатели равновесия при выполнении прямого нападающего удара волейболистами различной квалификации

$X_{cp} \pm m$

Характеристики стабилограммы при выполнении нападающего удара	Спортсмены высокой квалификации (n=24)	Спортсмены низкой квалификации (n=36)
Смещение, мм	4,01±1,05	9,19±2,12*
Коэффициент асимметрии относительно нуля, %	17,3±3,6	38,3±6,8*
Качество функции равновесия, %	19,3±2,6	10,1±2,2*
Средняя линейная скорость (фронталь), мм/с	64,3±3,7	73,1±3,7
Средняя линейная скорость (сагитталь), мм/с	75,8±5,2	90,9±6,8
Коэффициент асимметрии линейной скорости (фронталь), %	2,6±0,4	6,1±0,8*
Коэффициент асимметрии линейной скорости (сагитталь), %	0,8±0,1	1,9±0,1*

Примечание: * – достоверность различий между показателями у спортсменов высокой и низкой квалификации – $p < 0,05$

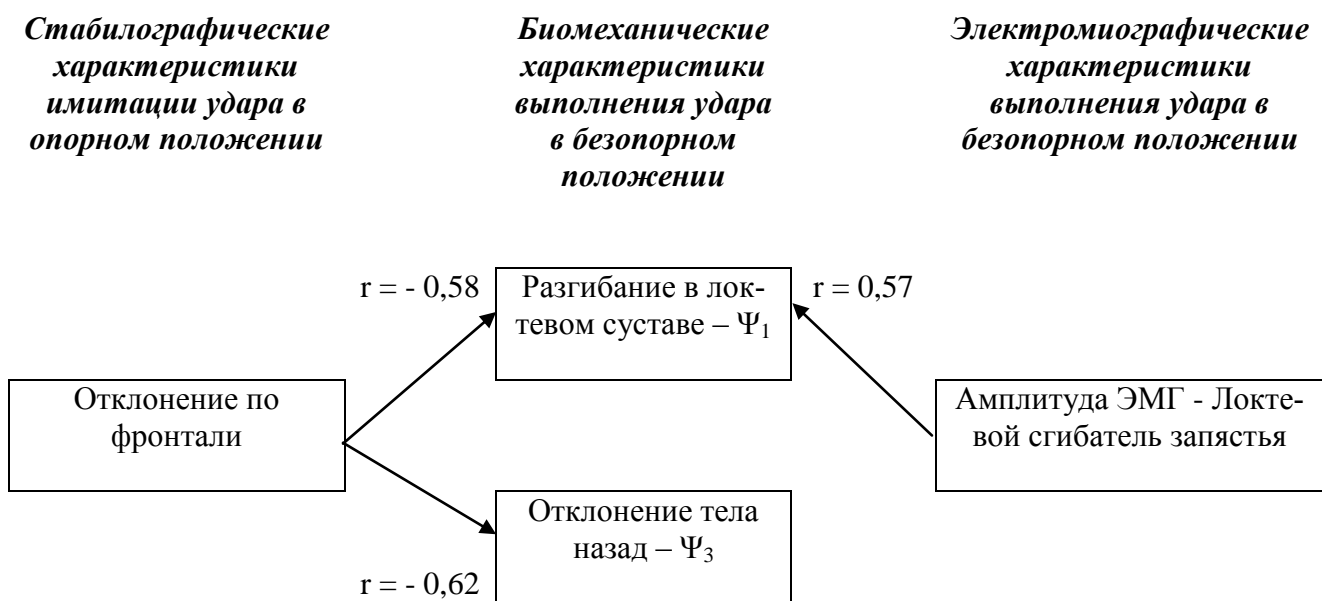


Рис. 5. Корреляционные связи между характеристиками имитации прямого нападающего удара в опорном положении и выполнения этого удара в прыжке у волейболистов

Таким образом, стабилографическая характеристика имитации прямого нападающего удара в опорном положении является адекватным отражением биомеханических особенностей выполнения этого удара в прыжке. Характер движений на стабилографической платформе отражает именно перемещения верхней части туловища в полетной фазе.

Полученные результаты позволяют предполагать, что обучение начинающих спортсменов управлению своим телом методом компьютерной стабилографической тренировки с биологической обратной связью будет способствовать формированию навыков координации движений в безопорном положении и повышению результативности ударных действий.

Стабилографическая тренировка с биологической обратной связью

Для изучения влияния компьютерного стабилографического тренинга с биологической обратной связью на физиологические и биомеханические параметры двигательных действий в безопорном положении и на точность ударов по мячу группа из 36 волейболистов низкой квалификации была разделена на 2 группы по 18 человек – основную и контрольную. Обе группы в течение 7-ми месяцев тренировались по стандартной программе, при этом, в программу тренировок основной группы был дополнительно включен комплекс для отработки навыков управления смещением ОЦТ на стабилографе с биологической обратной связью. Занятия на стабилографическом тренажере проводились с периодичностью один раз в месяц и включали 10 сеансов по 10 минут. По окончании курса тренировок с БОС оценивали физиологические и биомеханические параметры двигательных действий с использованием технических средств и приемов (видеосъемка, стабилография), а так же проводился тест на точность ударов.

Сущность тренировки с БОС заключалась в том, что волейболист, располагаясь на стабилиграфической платформе, визуально контролировал параметры смещения ОЦТ собственного тела. Чувство равновесия развивали с использованием специализированного программного обеспечения («тренажеров»), предназначенного для этой цели и являющегося составной частью аппаратно-программного комплекса Стабилан-01.

Тренажеры представляли собой компьютерные программы с формированием изображений на экране монитора, построенные для использования в интерактивном режиме с испытуемым. В процессе тренинга спортсменов, наблюдая за смещением ОЦТ на экране монитора, учился управлять положением собственного тела, тренируя функцию равновесия.

Анализ видеозаписи выполнения прямого нападающего удара (рис. 6,7) показал, что в ходе исследования существенно изменились физиологические и биомеханические характеристики выполнения ударов по мячу в прыжке. Из результатов, представленных на рисунке 7 и в таблице 5 очевидно, что величины углов ψ_3 и ψ_1 достоверно увеличились к 7-му месяцу, при этом величина прогибания тела назад (угол ψ_1) не отличалась от величины, зафиксированной в группе спортсменов высокой квалификации (табл. 1).

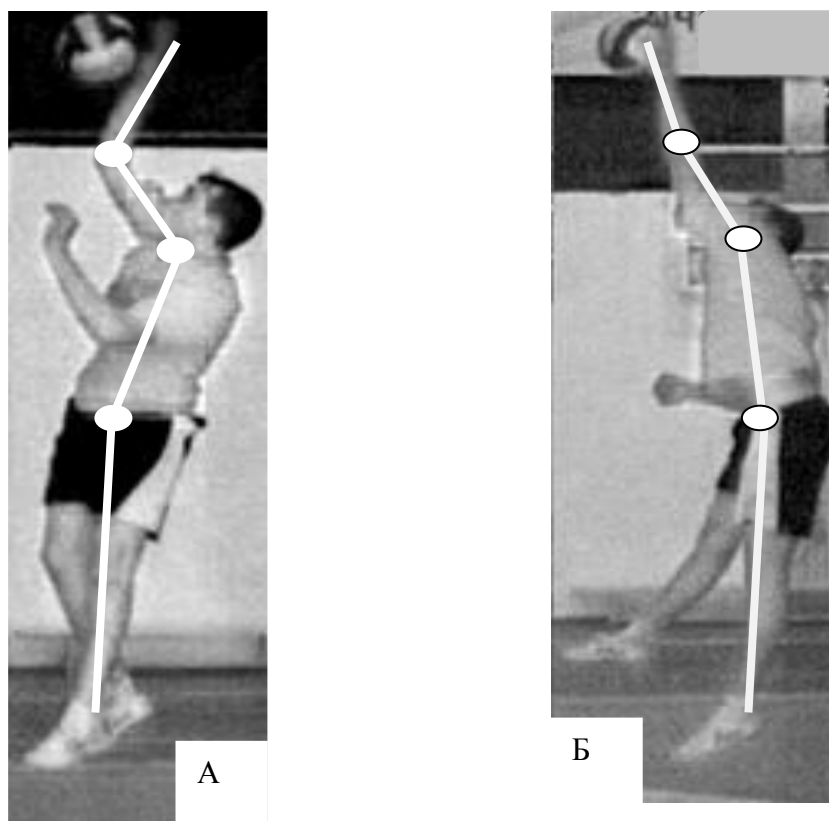


Рис. 6. Фотометрический анализ положения тела спортсмена основной группы в безопорной фазе выполнения прямого нападающего удара на 1-м (А) и 7-м (Б) месяце тренировок с БОС

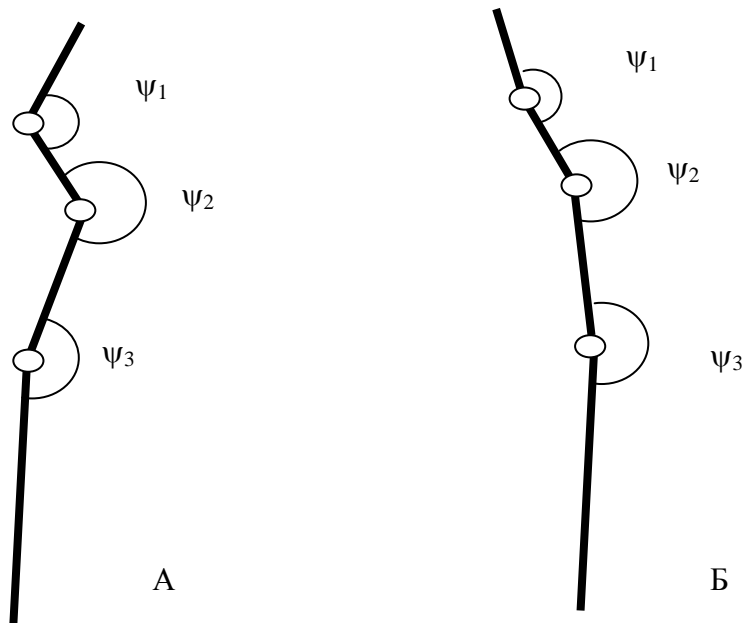


Рис. 7. Модель положения тела спортсмена основной группы в безопорной фазе выполнения прямого нападающего удара на 1-м (А) и 7-м (Б) месяце тренировки с БОС

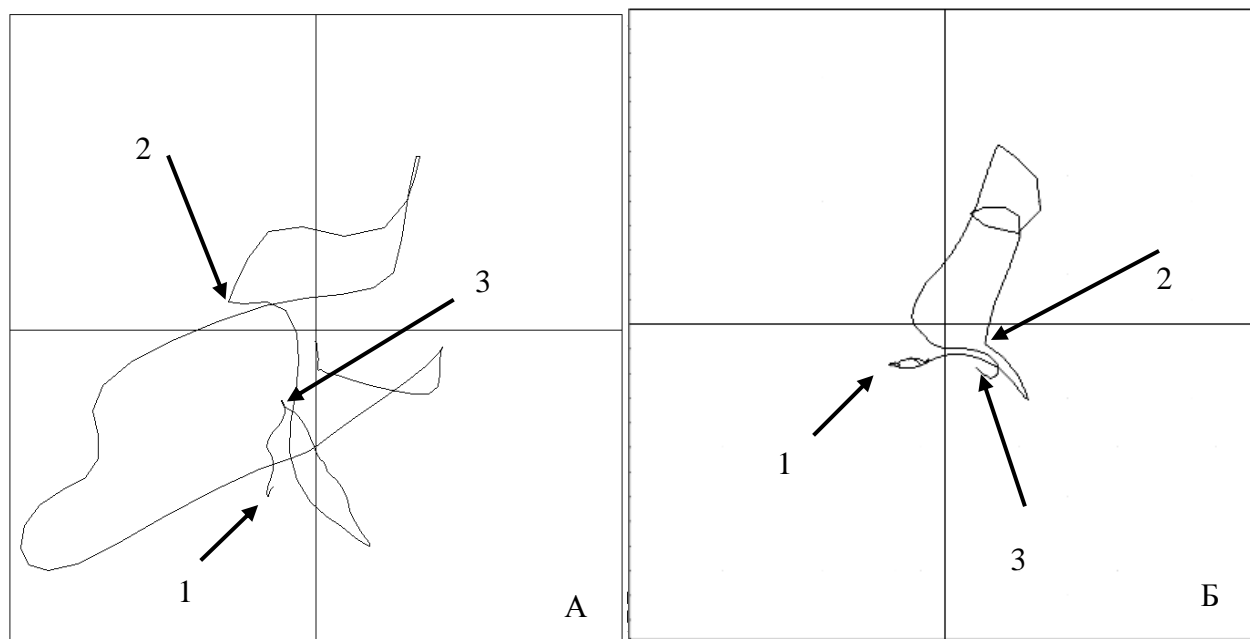


Рис. 8. Стабилограмма выполнения нападающего удара волейболистом основной группы на 1-м (А) и на 7-м (Б) месяце тренировки с БОС

Стрелками указаны:
 1. начало выполнения удара;
 2. момент удара по мячу;
 3. окончание движения.

Таблица 5

Величины углов в биомеханической модели положения тела спортсменов основной группы (n=18) в безопорной фазе выполнения прямого нападающего удара ($X_{cp} \pm m$)

Период	Ψ_1	Ψ_2	Ψ_3
1-й месяц	124 \pm 9	224 \pm 13	165 \pm 11
7-й месяц	175 \pm 11*	221 \pm 12	176 \pm 12*

* – достоверность различий между показателями у спортсменов в начале и в конце эксперимента – $p < 0,05$

При стабиллографическом анализе имитации удара в опорном положении смещение ОЦТ назад в подготовительной фазе выражено значительно слабее (рис. 8). При этом величина отклонения по фронтالي составила на 7-м месяце $4,8 \pm 0,5$ мм, что достоверно ниже в сравнении с показателями на 1-м месяце ($8,6 \pm 1,3$ мм, $p < 0,05$), хотя остается выше чем в группе квалифицированных спортсменов ($3,5 \pm 0,3$ мм, $p < 0,05$). По всей вероятности, тренировка на стабиллографической платформе с биологической обратной связью за счет формирования навыка координации движений звеньев тела улучшает способность управления телом в безопорном положении.

Формирование таких двигательных навыков обеспечивало прирост точности ударов по мячу в прыжке. Как видно из представленных в таблице 6 результатов, до проведения курса тренировок с БОС разница в результативности ударов между группами отсутствовала. После завершения курса в обеих группах наблюдался прирост эффективности выполнения ударов, однако их результативность в основной группе была достоверно выше, чем в контрольной.

Таблица 6

Точность волейбольных ударов в прыжке ($X_{cp} \pm m$)

Задание	Основная группа (n=18)		Контрольная группа (n=18)	
	1-й месяц	7-й месяц	1-й месяц	7-й месяц
Удары сериями, % попаданий	67,2 \pm 15,3	85,4 \pm 12,4*	66,4 \pm 14,3	72,6 \pm 10,1*#
Удары с изменением целевой направленности, % попаданий	37,8 \pm 21,5	66,7 \pm 15,8*	38,1 \pm 18,1	54,1 \pm 11,7*#

Примечание: * – достоверность различий внутри группы – $p < 0,05$

– достоверность различий между группами – $p < 0,05$

Помимо этого, исследовали влияние сбивающих факторов на точность ударов. Изменение целевой направленности ударов после начала выполнения приема существенно снижало их точность (табл. 6). Аналогично предыдущему тесту, в начале исследования разница в результативности ударов между группами отсутствовала. На 7-м месяце тренировок эффективность выполнения ударов возрастала в обеих группах, но в основной – в большей степени, чем в контрольной.

Полученные результаты открывают перспективы применения метода компьютерной стабиллографии для совершенствования техники выполнения точно-целевых действий в безопорном положении в различных видах спорта.

ВЫВОДЫ

1. Формирование способности к поддержанию равновесия и координации движений у волейболистов проявляется в преобладании отклонений от вертикальной оси в сагиттальной плоскости, в снижении линейной скорости колебаний общего центра тяжести и коэффициента асимметрии.
2. Точность выполнения ударов по мячу в прыжке обеспечивается за счет возрастания амплитуды и снижения частоты биоэлектрической активности мышц, а так же за счет удлинения фазы активности мышц-разгибателей бьющей руки и появления второй вспышки активности локтевого разгибателя запястья, которая по амплитуде становится выше первой.
3. Физиологические и биомеханические характеристики имитации прямого нападающего удара в опорном положении у волейболистов взаимосвязаны с биомеханическими особенностями выполнения этого удара в прыжке. При этом физиологическое обеспечение точности ударных действий связано, во-первых, с улучшением координации движений туловища и руки в фазе полета, во-вторых, с факторами внутримышечной и межмышечной координации бьющей руки и, в-третьих, с изменением характера перемещения общего центра тяжести спортсмена.
4. Применение компьютерного стаблогографического тренинга с биологической обратной связью способствует оптимизации физиологических и биомеханических параметров двигательных действий в безопорном положении, что в итоге обуславливает возрастание точности выполнения ударов по мячу в прыжке.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Зюбанова, И.А. Стаблогографическая и миографическая характеристика техники выполнения прямого нападающего удара у игроков студенческих волейбольных команд / И.А. Зюбанова, Е.В. Кошельская // Науки о человеке: материалы IX конгресса молодых ученых и специалистов. – Томск, 2008. – С. 123 – 125.
2. Биомеханический анализ прямого нападающего удара в волейболе / И.А. Зюбанова, В.И. Андреев, Л.В. Капилевич, Е.В. Кошельская // Проблемы и перспективы развития российской спортивной науки: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. – М:Советский спорт, 2008. – С. 115 – 116.
3. Биомеханические основы совершенствования техники выполнения прямого нападающего удара у игроков студенческих волейбольных команд / Л.В. Капилевич, И.А. Зюбанова, Е.В. Кошельская, В.И. Андреев // **Теория и практика физической культуры**. – 2008. – №7. – С. 8 – 13.
4. Электромиографическая оценка техники выполнения прямого нападающего удара у игроков студенческих волейбольных команд / И.А. Зюбанова, Е.В. Кошельская, А.А. Саломатова, В.И. Андреев // Физическая культура, здравоохранение и образование: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Томск, 2008. – С. 182 – 185.

5. Развитие координационных способностей методом стабิโลграфической тренировки с биологической обратной связью у волейболистов / Е.В. Кошельская, И.А. Зюбанова, О.И. Буравель, В.И. Андреев // Физическая культура, здравоохранение и образование: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Томск, 2008. – С. 192 – 196.
6. Оценка координационных способностей методом стабิโลграфической тренировки с биологической обратной связью у игроков студенческих волейбольных команд / О.И. Буравель, Е.В. Кошельская, И.А. Зюбанова, В.И. Андреев, Л.В. Капилевич // Физическая культура и спорт на современном этапе: проблемы, поиски решений: материалы межрегиональной научно-практической конференции. – Томск, 2008. – С. 107 – 110.
7. Биоэлектрическая активность мышц при выполнении прямого нападающего удара у игроков студенческих волейбольных команд / А.А. Саломатова, Е.В. Кошельская, И.А. Зюбанова, В.И. Андреев, Л.В. Капилевич // Физическая культура и спорт на современном этапе: проблемы, поиски решений: материалы межрегиональной научно-практической конференции. – Томск, 2008. – С. 123 – 127.
8. Физиологические аспекты совершенствования техники ударов по мячу у игроков студенческой футбольной команды / В.Н. Баженов, Л.В. Капилевич, В.И. Андреев, Е.В. Кошельская // Актуальные вопросы физической культуры и спорта: материалы XII Международной научно-практической конференции. – Томск, 2009. – С. 15 – 17.
9. Совершенствование учебно-тренировочного процесса по футболу со студентами на основе биомеханических закономерностей / В.Н. Баженов, Л.В. Капилевич, В.И. Андреев, Е.В. Кошельская // Человек, спорт, здоровье: материалы IV международного конгресса. – Санкт-Петербург, 2009. – С. 189.
10. Буравель, О.И. Стабิโลграфическая характеристика функции равновесия у игроков студенческих футбольных команд разной квалификации / О.И. Буравель, Е.В. Кошельская, В.Н. Баженов // Науки о человеке: материалы X конгресса молодых ученых и специалистов. – Томск, 2009. – С. 133 – 135.
11. Саломатова, А.А. Биоэлектрическая активность мышц нижних конечностей при выполнении удара по мячу у футболистов разной квалификации / А.А. Саломатова, Е.В. Кошельская, В.Н. Баженов // Науки о человеке: материалы X конгресса молодых ученых и специалистов. – Томск, 2009. – С. 146 – 147.
12. Биомеханические и физиологические факторы обеспечения техники целевых ударных действий в футболе / Е.В. Кошельская, В.Н. Баженов, О.И. Буравель, Л.В. Капилевич, В.И. Андреев // **Бюллетень сибирской медицины.** – 2009. – №3. – С. 53 – 57.
13. Физиологические факторы обеспечения равновесия при выполнении ударных действий в футболе / Е.В. Кошельская, В.Н. Баженов, О.И. Буравель, Л.В. Капилевич, В.И. Андреев // Нейрогуморальные механизмы регуляции висцеральных органов и систем в норме и при патологии: материалы научной конференции, посвященной 120-летию кафедры нормальной физиоло-

- гии СибГМУ (ТМИ) и кафедры физиологии ТГУ. – Томск: СибГМУ, 2009. – С. 190 – 191.
14. Совершенствование техники выполнения ударных действий в футболе на основе биомеханических закономерностей / В.Н. Баженов, Е.В. Кошельская, О.И. Буравель, В.И. Андреев // Физическая культура, здравоохранение и образование: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Томск, 2009. – С. 144 – 147.
 15. Баженов, В.Н. Стабилографический контроль техники выполнения ударных действий в футболе / В.Н. Баженов, Е.В. Кошельская // Физическая культура и спорт на современном этапе: проблемы, поиски решений: материалы межрегиональной научно-практической конференции. – Томск, 2009. – С. 131 – 133.
 16. Физиологические методы контроля в спорте / Л.В. Капилевич, К.В. Давлетьярова, Е.В. Кошельская, Ю.П. Бредихина, В.И. Андреев – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 172 с.
 17. Биомеханические факторы обеспечения техники целевых ударных действий в футболе / Е.В. Кошельская, О.И. Буравель, В.Н. Баженов, Г.С. Исакова, Л.В. Капилевич, В.И. Андреев // Физическая культура и здоровье студентов вузов: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2010. – С. 64 – 65.
 18. Кошельская, Е.В. Физиологические особенности техники выполнения ударных действий в футболе / Е.В. Кошельская, В.Н. Баженов, Н.А. Терентьева // Науки о человеке: материалы XI конгресса молодых ученых и специалистов. – Томск, 2010. – С. 59.
 19. Электрофизиологические характеристики нервно-мышечного аппарата у футболистов / А.А. Ильин, В.Н. Баженов, Е.В. Кошельская, Л.В. Капилевич, В.И. Андреев // Нейронаука для медицины и психологии: материалы VI международного междисциплинарного конгресса. – Украина, Крым, Судак, 2010. – С. 141 – 142.
 20. Сравнительная характеристика функции равновесия у мужчин и женщин, занимающихся футболом / О.И. Буравель, Г.С. Исакова, А.А. Соболева, Е.В. Кошельская // **Теория и практика физической культуры**. – 2010. – №11. – С. 9 – 11.
 21. Кошельская, Е.В. Анализ техники ударных действий в футболе: биомеханические аспекты / Е.В. Кошельская, В.Н. Баженов, А.А. Ильин // **Теория и практика физической культуры**. – 2010. – №11. – С. 16 – 19.
 22. Стабилографические показатели как индикатор технической подготовленности футболистов / Е.В. Кошельская, В.И. Андреев, В.Н. Баженов, Е.В. Ходалова, А.А. Ильин // Физическая культура, здравоохранение и образование: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Томск, 2010. – С. 220 – 222.
 23. Биомеханический контроль техники выполнения ударных действий у женщин и мужчин, занимающихся футболом / О.И. Буравель, Е.В. Кошельская, Г.С. Исакова, А.С. Янина // Физическая культура и спорт на современном этапе: проблемы, поиски решений: материалы межрегиональной научно-практической конференции. – Томск, 2010. – С. 118 – 121.

24. Стабилографическая оценка равновесия в тесте Ромберга у женщин и мужчин, занимающихся футболом / О.И. Буравель, Е.В. Кошельская, Е.В. Слесаренко, Е.В. Ходалова // Физическая культура и спорт на современном этапе: проблемы, поиски решений: материалы межрегиональной научно-практической конференции. – Томск, 2010. – С. 121 – 125.
25. Стабилографическая оценка устойчивости в тесте Ромберга у мужчин и женщин, занимающихся футболом / О.И. Буравель, Е.В. Кошельская, В.Н. Баженов, Г.С. Исакова // Физическая культура и здоровье студентов вузов: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2011. – С. 53 – 54.
26. Особенности работы мышц нижних конечностей при выполнении основных ударов по мячу у мужчин и женщин, занимающихся футболом / О.И. Буравель, Е.В. Кошельская, Г.С. Исакова, В.И. Андреев, Л.В. Капилевич // Человек, спорт, здоровье: материалы V международного конгресса. – Санкт-Петербург, 2011. – С. 204 – 205.
27. Эффективность методики совершенствования техники прямого нападающего удара волейболистов с применением компьютерной стабилографии с биологической обратной связью / И.А. Зюбанова, В.И. Андреев, Л.В. Капилевич, Е.В. Кошельская // Человек, спорт, здоровье: материалы V международного конгресса. – Санкт-Петербург, 2011. – С. 211 – 212.
28. Совершенствование техники выполнения волейболистами прямого нападающего удара методом компьютерной стабилографии / Л.В. Капилевич, Е.В. Кошельская, В.И. Андреев, И.А. Зюбанова // **Теория и практика физической культуры.** – 2011. – №9. – С. 66 – 69.
29. Биомеханические и стабилографические характеристики прямого нападающего удара в безопорном положении / Л.В. Капилевич, Е.В. Кошельская, В.И. Андреев, И.А. Зюбанова // Олимпийский спорт и спорт для всех: материалы XV международного конгресса. – Кишинев, 2011. – С. 334 – 336.
30. Биомеханические основы правильной и ошибочной техники ловли мяча баскетболистами различной квалификации / В.И. Андреев, С.З. Плиев, Л.В. Капилевич, Е.В. Кошельская // **Теория и практика физической культуры.** – 2011. – №10. – С. 80 – 82.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ОЦТ - общий центр тяжести

КФР – коэффициент функции равновесия

БОС – биологическая обратная связь

ЭМГ – электромиография

ЦД – центр давления

Подписано в печать _____ . _____ 20__ г.

Усл.печ.листов 1,0. Печать на ризографе.

Отпечатано в _____

634050, г. Томск,

тел.

Заказ № _____

Тираж 100 экземпляров