

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ТРЕКИНГОВОЙ СИСТЕМОЙ WIMU PRO ДЛЯ ОЦЕНКИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ СПОРТСМЕНОВ ИГРОВЫХ ВИДОВ СПОРТА И ЕДИНОБОРСТВ (аналитический обзор)

О.Г. ЭПОВ, Ю.А. СИРОТКИНА,
РУС «ГЦОЛИФК», г. Москва

Аннотация

Применение инновационных систем регистрации движения спортсменов в настоящее время является актуальным и применяется для повышения эффективности тренировочного процесса. В данной статье представлен литературный обзор исследований о применении трекинговой системы WIMU PRO (Real Track Systems, Альмерия, Испания) в разных видах спорта. Цель исследования: проанализировать применение трекинговой системы WIMU PRO для оценки двигательной активности в различных видах спорта. Проведен поиск в базах данных PubMed и eLIBRARY, чтобы проанализировать все эмпирические исследования, измеряющие показатели двигательной деятельности в различных видах спорта. Поиск исследований был ограничен документами, опубликованными с 2020 г. по март 2023 г. Далее исследования были сгруппированы по виду спорта и исследуемым кинематическим параметрам. Для окончательного анализа было отобрано 26 исследований, включая 9 источников из отечественной литературы и 17 из зарубежной. Учитывая многообразие видов спорта, были выделены основные кинематические параметры, которые можно получить при использовании трекинговой системы WIMU PRO: общая дистанция, дистанция бега с разной интенсивностью, ускорение и торможение (количество, общая дистанция, максимальная дистанция), количество прыжков, количество пройденных шагов. Данные кинематические параметры имеют свою значимость в большинстве видов спорта, особенно игровых. В единоборствах система WIMU PRO позволяет оценить кинематические характеристики отдельных сегментов тела, а именно угловую скорость.

Ключевые слова: двигательная деятельность, кинематические параметры, WIMU PRO, футбол, баскетбол, тхэквондо, гандбол.

EXPERIENCE OF APPLICATION OF FEEDBACK TECHNOLOGIES BY THE WIMU PRO TRACKING SYSTEM TO ASSESS THE MOTOR ACTIVITY OF ATHLETES IN GAME SPORTS AND MARTIAL ARTS (analytical review)

O.G. EPOV, Yu.A. SIROTKINA,
RUS "GTSOLIFK", Moscow city

Abstract

The use of innovative systems for registering the movement of athletes is relevant at the present time and is used to improve the effectiveness of the training process. This article presents a literary review of research on the use of the WIMU PRO tracking system (Real Track Systems, Almeria, Spain) in various sports. The purpose of the study: to analyze the use of the WIMU PRO tracking system to assess motor activity in various sports. We conducted a search in the PubMed and eLibrary databases to analyze all empirical studies measuring motor activity indicators in various sports. The research search was limited



to documents published from 2020 to March 2023. Further, the studies were grouped according to the type of sport and the kinematic parameters studied. For the final analysis, 26 studies were selected, including 9 sources from domestic literature and 17 from foreign. Taking into account the variety of sports, the main kinematic parameters that can be obtained using the WIMU PRO tracking system were highlighted, namely: total distance, running distance with different intensity, acceleration and braking (number, total distance, maximum distance), number of jumps, number of steps taken. These kinematic parameters have their significance in most sports, especially in gaming. In martial arts, the WIMU PRO system allows you to evaluate the kinematic characteristics of individual body segments, namely angular velocity.

Keywords: motor activity, kinematic parameters, WIMU PRO, football, basketball, taekwondo, handball.

Актуальность исследования

В настоящее время подготовка спортсменов высокой квалификации к официальным стартам может быть улучшена применением моделирования соревновательной двигательной деятельности с учетом использования в нем специфических и неспецифических средств подготовки. Несмотря на то что процесс подготовки высококвалифицированных спортсменов является предметом исследования многих специалистов в области теории и методики спорта (Блеер А.Н., Годик М.А., Зациорский В.М., Матвеев Л.П., Свищев И.Д., Селуянов В.Н., Эпов О.Г., Шиян В.В.), до сих пор не решена проблема контроля параметров нагрузки с точки зрения кинематики перемещения: ускорения, скорости, торможения, угловых скоростей и т.д. Решение данной задачи возможно только в условиях лаборатории с применением сложного видеоборудования. Однако в последнее время стали появляться трекинговые системы, позволяющие осуществлять оперативный контроль и определять необходимые параметры непосредственно в процессе выполнения тренировочного упражнения.

Использование только показателей пульса как индикатора величины нагрузки приводит в заблуждение тренеров в связи с его низкой информативностью. Неправильное понимание процесса подготовки на тренировочном мероприятии, предшествующем главному старту, и следование формальным признакам рекомендуемых объемов тренировочных нагрузок приводят к снижению уровня физической подготовленности, отрицательному результату на соревнованиях, создает проблемную ситуацию, решение которой требует существенных усилий.

Актуальность исследования обусловлена применением информационных технологий обратной связи. Если на предыдущих этапах были рассмотрены методы подготовки спортсменов и форма их организации на различных этапах годичного цикла, то здесь мы перешли к изучению каждого отдельного двигательного действия спортсменов как системы в целом, которая выстраивается в форме модели ведения поединка, воспроизводимой в микроцикле подготовки.

В настоящем исследовании рассматриваются основные параметры кинематики движения спортсменов, изучение которых позволяет оценить их эффективность и величину воздействия, в первую очередь в отношении внешней стороны нагрузки. Информационные технологии обратной связи для непрерывного мониторинга двигательной активности на данный момент являются инфор-

мативными, надежными инструментами в работе тренеров, информация с которых помогает планировать тренировочную деятельность и осуществлять непрерывный процесс подготовки спортсмена как в разные периоды годичного цикла, так и в период восстановления.

Современные информационные средства, регистрирующие параметры движения, позволяют получать новые сведения об их количественном и качественном распределении как в соревновательной, так и тренировочной деятельности, и классифицировать их по диапазонам интенсивности. Отсутствие же средств измерения ускорений приводит к ошибкам и некорректной интерпретации данных. Решение данного противоречия также является актуальным.

Система контроля физической активности WIMU PRO (Real Track Systems, Альмерия, Испания) использует датчик, который регистрирует физическую активность спортсмена и предоставляет точные данные в режиме реального времени. Основными преимуществами данной системы являются мобильность и удобство для спортсменов. Вес устройства составляет 70 г, а его размеры: 81×45×16 мм. В отличие от других трекинговых систем, в устройстве WIMU PRO встроены различные датчики: четыре 3D-акселерометра, работающие в разных масштабах (± 16 G; ± 16 G; ± 32 G; ± 400 G); барометр (± 1200 мбар при 100 Гц); 3D-магнит (± 8 Гаусс при 160 Гц); три гироскопа (два при ± 2000 град/с, при 1000 Гц и один при ± 4000 град/с, при 1000 Гц). Для регистрации пространственного позиционирования, скорости и ускорения устройство объединяет два датчика: глобальную навигационную спутниковую систему и глобальную систему определения местоположения (GNSS/GPS) с частотой 10 Гц. Он имеет четыре интерфейса связи: WIFI 802.11 b/g/n, беспроводной Bluetooth, беспроводной ANT+ и USB 2.0.

Основной особенностью работы с данной системой является получение данных в режиме реального времени в виде обратной связи по значениям расстояний, объема, скорости и ускорений.

В системе возможен анализ: кинематических переменных – ускорения, скорости, пройденной дистанции, угловой скорости; физиологических – частоты сердечных сокращений, измеряемой с помощью специального программного обеспечения, поставляемого с WIMU PRO.

Благодаря универсальности трекинговой системы WIMU PRO и возможности получать сигнал как со спут-



ников GPS, так и с антенн UWB, можно наблюдать параметры двигательной активности и анализировать двигательные действия во многих видах спорта. В настоящее время использование акселерометров в спорте растет, и следовательно, такие устройства должны быть работоспособными и надежными.

Цель исследования: проанализировать применение трекинговой системы WIMU PRO для оценки двигательной активности в различных видах спорта.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи исследования:**

1. Провести поиск исследований, включающих применение трекинговой системы WIMU PRO, в электронных базах данных PubMed и eLIBRARY.
2. Отобрать исследования, которые были опубликованы в период с 2020 г. по март 2023 г.
3. Проанализировать применение трекинговой системы WIMU PRO в различных видах спорта и вывести основные исследуемые кинематические параметры.

Методы исследования

Мы провели поиск в базах данных eLIBRARY и Pub Med, чтобы проанализировать все эмпирические исследования, где измерялись показатели двигательной деятельности в различных видах спорта. Диапазон поиска – с начала 2020 г. по март 2023 г. Ключевые слова для поиска: WIMU PRO и кинематические параметры. В итоге было отобрано 26 исследований, включая 9 источников из отечественной литературы и 17 из зарубежной. Далее исследования были сгруппированы по видам спорта: футбол, баскетбол, тхэквондо ВТФ и гандбол.

Интересующие нас данные из включенных исследований были извлечены и сведены в таблицу в электронном виде: общие описания исследования (авторы, год публикации); описание исследуемой выборки (квалификация, вид спорта, размер выборки, распределение по полу, возраст) и основные исследуемые кинематические характеристики (общая дистанция, дистанция бега с разной интенсивностью, ускорение и торможение (количество, общая дистанция, максимальная дистанция), количество прыжков, количество пройденных шагов, угловая скорость).

Применение трекинговой системы WIMU PRO в футболе

Футбол – командный игровой вид спорта, который требует эффективной коллективной организации и одновременно специфического развития каждого игрока с учетом индивидуальных и групповых перспектив, поскольку игра включает сложные коллективные и индивидуальные действия, выполняемые игроками [25].

Следовательно, точная оценка тренировочной нагрузки отдельного спортсмена представляет собой важный компонент эффективного тренировочного процесса, поскольку в командных видах спорта он должен стимулировать развитие широкого спектра физических, технических и тактических компонентов.

Двигательная деятельность в футболе характеризуется высокой вариативностью, детальный анализ которой позволяет наблюдать специфику перемещений, ускорений и торможений [4].

Во многих работах [2, 4, 5, 22] исследовались: общая дистанция, дистанция бега с разной интенсивностью, ускорение и торможение (количество, общая дистанция, максимальная дистанция). Каждое двигательное, техническое и тактическое действие в футболе характеризуется своим циклом перемещений, ускорений и торможений. В начале первого тайма авторы исследования [4] отмечают наибольшее количество ускорений и торможений, к 75-й минуте оно имеет тенденцию к снижению; исключением являются начало второго тайма и заключительные 15 минут матча.

В исследованиях [2, 19] проводился анализ соревновательной деятельности футболистов разного возраста, в результате которого авторы охарактеризовали профиль их соревновательной двигательной деятельности. В целом футболисты всех возрастов в официальных играх могут демонстрировать одинаковый объем перемещений, однако распределение нагрузок различной интенсивности, а также прилагаемые усилия для совершения двигательного действия значительно отличаются [2].

Один из авторов в ходе исследования [25] выявил, что общая дистанция, пройденная футболистами, увеличивается одновременно с увеличением размера поля: от 16×24 м до 24×36 м. Изученное время игры и отдыха, связанное с размерами поля (16×24 м), не обеспечивало высоких уровней внутренней и внешней тренировочной нагрузки и не приводило к большим различиям для оцениваемых возрастных категорий: 12, 15 лет и 23 года.

Применение трекинговой системы WIMU PRO в баскетболе

Баскетбол – командный вид спорта, требующий больших физических нагрузок, в котором во время игры используются как анаэробные, так и аэробные энергетические системы. В дополнение к техническим требованиям ускорения, торможения, прыжки, спринты и смена направлений имеют решающее значение для выполнения определенных движений в баскетболе.

Более высокие по амплитуде, но имеющие меньшие интенсивности ускорения наблюдались в течение последней четверти матча. Результаты ранних исследований показывают, что высокоинтенсивные упражнения, такие как спринт, по-видимому, увеличивают соотношение «ускорение/замедление» (позиции защитника и нападающего) [23].

В других исследованиях, посвященных баскетболу, также исследовались основные кинематические переменные, но при определенных расположениях датчика [16] и антенн [21].

Нагрузка на игрока оценивалась одновременно в шести анатомических точках (колени, межлопаточная линия, лодыжки и поясничная область) с помощью шести инерционных устройств WIMU PRO, встроенных в спе-



циальный костюм игрока. По результатам исследования во всех тестах были обнаружены достоверные различия между анатомическими расположениями и расположениями на коленях и лодыжках ($p < 0,01$). Однако различия между данными в разных точках на нижних конечностях были обнаружены только при криволинейных движениях с более высокой нагрузкой [16].

В работе других авторов [21] исследовалось влияние высоты антенны (0,15; 1,30 и 2,00 м) на кинематические параметры. Результаты данного исследования показали, что антенна высотой 1,30 м обеспечивает лучшую точность для всех измерений (диапазон различий от $-0,94$ до $1,17\%$), за ней «следует» антенна высотой 2,00 м (диапазон различий от $-2,50$ до $2,15\%$), при этом антенна высотой 0,15 м обеспечивает наихудший уровень точности (диапазон различий от $-1,05$ до $3,28\%$). Таким образом, высота антенн на баскетбольных площадках должна быть аналогична высоте, на которой устройства крепятся к верхней части спины игрока.

Применение трекинговой системы WIMU PRO в тхэквондо ВТФ

Трекинговая система WIMU PRO применима для исследований кинематических параметров во многих видах спорта. В единоборствах, а в частности в тхэквондо, авторы исследовали: общую пройденную дистанцию; пройденную дистанцию с разной скоростью; количество торможений и ускорений; количество пройденных шагов; количество прыжков и угловую скорость удара. Основным преимуществом при работе с информационными технологиями обратной связи является то, что оценка действиям проводится сразу для двух спортсменов, находящихся в паре, а следовательно, тех приемов и действий, которые они совершают друг против друга [8].

Результаты данного исследования позволили установить, что за время поединка спортсмены выполняют 660 ± 45 шагов, что соответствует расстоянию 377 ± 13 м. Основной объем перемещений (371 ± 9 м) приходится на диапазон скорости до $7,2$ км/ч, а при скорости $7,2$ – $14,4$ км/ч спортсмены проходят только 6 ± 4 м. Макси-

мальная скорость спортсменов составляет 11 ± 4 км/ч. Число прыжков и прочих движений по вертикальной оси практически сводится к минимуму, поскольку плотность ведения поединка не позволяет совершить полноценное двигательное действие для вертикального прыжка. Однако стоит отметить, что спортсмены выполняют за поединок до 281 ± 8 ускорений и 283 ± 3 торможений [8].

В другой работе этих же авторов [9] оценивались кинематические характеристики при выполнении спортсменами соревновательных упражнений в тхэквондо ВТФ. Датчик крепился на задней поверхности камбаловидной мышцы «ударной» ноги и спине спортсмена. Все борцы выполняли удар «нерио-чаги». Каждый из них должен был выполнить по 3 повтора с разной скоростью: малой, средней и максимальной в условиях поединка и при работе на лапах.

По результатам исследования авторы сделали выводы, что достоверные различия при выполнении ударного движения наблюдаются, когда спортсмены демонстрируют высокую интенсивность как в поединке, так и на лапах ($p < 0,05$). Данные различия обусловлены сознательным контролем управления скоростью движения при отсутствии сопротивления – «ударная» нога после разгона выполняет свободное падение и не встречает препятствия. Максимальная угловая скорость при замахе наблюдается при ударе по лапам на уровне головы ($p < 0,05$) [9].

Применение трекинговой системы WIMU PRO в гандболе

В другом игровом виде спорта – гандболе – авторы провели мониторинг внешней нагрузки у элитных гандболистов-мужчин в зависимости от игровых позиций. Отслеживались: время игры, общее расстояние, пройденное при разных скоростях бега, и переменные ускорения. Анализ всех переменных, отслеживаемых с помощью системы WIMU PRO, показывает, что нападающий и центральный защитник имеют самую высокую внешнюю нагрузку, в то время как, напротив, защитник и особенно линейные игроки – самую низкую нагрузку [12].

Выводы

В данной статье представлен всесторонний обзор исследований о применении трекинговой системы WIMU PRO в разных видах спорта.

Современные информационные средства, регистрирующие параметры движения, позволяют получать новые сведения о структуре двигательных действий спортсменов, классифицировать по зонам интенсивности. Оценка основных движений спортсменов, классифицируемых по кинематике движения, позволяет по-новому оценить их эффективность.

Учитывая многообразие видов спорта, были выделены основные кинематические параметры, которые можно получить при использовании трекинговой системы WIMU PRO: общая дистанция, дистанция бега с разной интенсивностью, ускорение и торможение (количество, общая

дистанция, максимальная дистанция), количество прыжков, количество пройденных шагов.

Система WIMU PRO позволяет также оценить кинематические характеристики двигательных действий отдельных сегментов тела, а именно угловую скорость. При разном техническом исполнении удара происходит изменение угловой скорости как при замахе, так и ударном движении, что ведет к проявлению разной по величине внешней нагрузки. Контроль показателей объема и интенсивности двигательных действий спортсменов ударных видов единоборств позволяет вносить коррективы в содержание тренировочного процесса [9].

Также можно отметить, что существует сравнительно малое количество исследований на данную тему, особенно в отечественных базах научной литературы.



Рекомендации по использованию трекинговой системы WIMU PRO

1. Система WIMU PRO применима для всех видов спорта.
2. Оптимальное крепление датчика для измерения угловой скорости в ударных единоборствах – задняя поверхность камбаловидной мышцы бьющей ноги.
3. Оптимальное крепление датчика для измерения общей дистанции, дистанции бега с разной интенсивностью, ускорений и торможений (количество, общая дистанция, максимальная дистанция), количество прыжков,

количество пройденных шагов – верхняя часть спины спортсмена.

4. Высота антенн должна быть аналогична высоте, на которой устройства крепятся к верхней части спины игрока.

Системы для непрерывного мониторинга двигательной активности на данный момент являются одним из лучших средств, помогающих тренеру в принятии решений с целью планирования тренировочного процесса и осуществления непрерывной подготовки спортсмена в разные периоды годичного цикла.

Таблица 1

Алфавитный список включенных отечественных исследований

№ п/п	Автор статьи, год издания	Результаты исследования
1	Кузьмичёв В.А., Калинин Е.М., Кочешков Н.А., 2022 г. [5]	Проанализированы 23 официальные международные игры сборных команд России (возраст спортсменов: 16–17 лет; выполнено 345 наблюдений). Для оценки двигательной деятельности применялась трекинговая система WIMU PRO (Real Track System, Испания). Исследовали: общую дистанцию (м), дистанцию ходьбы, бег со средней и высокой скоростью, максимальную и минимальную скорости, ускорение и торможение (количество, метры, средний метраж)
2	Калинин Е.М., Паников В.В., Кузьмичёв В.А., Джилкибаева Н.Ж-А., 2020 г. [4]	Проанализированы 28 отборочных игр и игр чемпионата Европы с участием 195 игроков сборных команд России в возрасте 16–23 лет. Для оценки двигательной деятельности применялась трекинговая система WIMU PRO. Исследовали: максимальные и средние значения ускорения, торможения (мс), ходьбу и бег трусцой (м) во время матча (отрезки 0–15, 15–30, 30–45, 45–60, 60–75, 75–90 мин). Полученные результаты исследования позволили создать представление о распределении ускорений и торможений во время матча, изучить динамику количественных изменений в разные временные игровые периоды
3	Калинин Е.М., Власов А.Е., Паников В.В., Кузьмичёв В.А., 2020 г. [1]	Проанализированы данные с участием 195 игроков сборных команд России в возрасте 16–23 лет. В качестве системы для оценки перемещений игроков, ускорений и скорости применяли систему оценки двигательной активности GPS (10 Гц) WIMU PRO. Исследовали: зависимость распределения ускорений по расстоянию и продолжительности бега, зависимость распределения начала и завершения ускорений от диапазонов скорости бега. Авторы составили классификацию биомеханических характеристик, относящихся к кинематике движений в футболе, выделили основные характеристики: ускорение и скорость. Любое движение или двигательное действие в футболе начинается с ускорения (начало движения), которое переходит в бег трусцой или бег со средней интенсивностью. В другом, более редком случае, ускорение переходит в бег с высокой интенсивностью и спринт
4	Калинин Е.М., Кузьмичёв В.А., Джилкибаева Н.Ж-А., Хомякова А.А., Лексаков А.В., 2022 г. [2]	Проанализированы 44 официальные игры с участием 352 игроков. Для оценки двигательной деятельности применялась трекинговая система WIMU PRO. Исследовали: общую дистанцию, дистанцию бега с высокой скоростью, дистанцию спринта (25,2 км/ч), максимальную скорость, ускорение и торможение (количество раз, дистанцию, максимальную дистанцию). Эти показатели сравнивали по возрастным группам: 16–17, 17–18, 18–19, 19–23, 23–39 лет
5	Калинин Е.М., Кузьмичёв В.А., Хомякова А.А., Лексаков А.В., 2022 г. [3]	Изучена двигательная деятельность игроков ($n = 267$; возраст: $17,7 \pm 2,0$ года; длина тела: $182,3 \pm 5,7$ см; масса тела: $73,6 \pm 6,9$ кг), входящих в составы спортивных сборных команд России. Двигательную деятельность измеряли трекинговой системой WIMU PRO. Футболисты различных амплуа во время игры выполняют двигательные действия, свойственные только им
6	Суетин П.С., Захарова А.В., 2021 г. [7]	В течение 2020–2021 гг. анализировалась соревновательная деятельность футболистов команд «Урал» и «Урал-2» (Екатеринбург) на основе данных, полученных с использованием мультисенсорной спутниковой системы WIMU PRO. Исследовалась методика оценки интенсивности соревновательной деятельности в футболе. Выводы: эта методика должна учитывать не только отрезки бега со скоростью выше, чем 20 км/ч, но и объем взрывных перемещений



№ п/п	Автор статьи, год издания	Результаты исследования
7	Эпов О.Г., 2022 г., [8]	Участники ($n = 8$) были разделены на пары, которые выполняли задание в виде спарринга по правилам соревнований тхэквондо ВТФ: 3 раунда по 2 мин. В качестве системы регистрации параметров движения использовалась система GPS/LPS WIMU PRO, позволяющая с высокой точностью определять позицию спортсмена, дистанцию, ускорение, скорость. Исследовали: количество шагов, дистанцию (м), дистанцию по скорости (0,7–7,2; 7,2–14,4; максимальную), количество ускорений и торможений, количество шагов. Впервые получены результаты, которые позволили определить профиль двигательной деятельности спортсменов в тхэквондо ВТФ в спарринге (тренировочном поединке)
8	Эпов О.Г., Калинин Е.М., Кузьмичёв В.А., Потапова К.А., 2023 г. [9]	В данной работе оценивались кинематические характеристики при выполнении соревновательных упражнений спортсменами в тхэквондо ВТФ. Датчик крепился на задней поверхности камбаловидной мышцы «ударной» ноги спортсмена и спине. Все спортсмены выполняли удар «нерио-чаги». Каждый должен был выполнить по 3 повтора удара «нерио-чаги» с разной интенсивностью: медленной, средней и максимальной как в поединке, так и по лапам. По результатам исследования авторы сделали выводы, что достоверные различия при выполнении ударного движения наблюдаются, когда спортсмены демонстрируют интенсивность как в поединке, так и по лапам ($p < 0,05$). Данные различия обусловлены сознательным контролем управления скоростью движения при отсутствии сопротивления – «ударная» нога после разгона выполняет свободное падение и не встречает препятствие. Максимальная угловая скорость при замахе наблюдается при ударе по лапам в голову ($p < 0,05$)

Таблица 2

Алфавитный список включенных зарубежных исследований

№ п/п	Автор статьи, год издания	Результаты исследования
1	Font R. et al., 2020 г. [12]	16 лучших игроков мира (5 крайних, 2 центральных защитника, 6 защитников, 3 линейных игрока) были оснащены системой локального позиционирования WIMU PRO во время 14 официальных матчей первой лиги Испании. Отслеживались: время игры, общее расстояние, пройденное при разных скоростях бега, и переменные ускорения. Анализ всех переменных, отслеживаемых с помощью системы IMU, показывает, что позиции нападающего и центрального защитника имеют самую высокую внешнюю нагрузку, в то время как защитник и особенно линейные игроки имеют самую низкую нагрузку
2	García F. et al., 2020 г. [13]	13 профессиональных баскетболистов-мужчин из испанского 2-го дивизиона были проверены во всех 17 домашних играх регулярного сезона. Физические требования были проанализированы с использованием локальной системы позиционирования WIMU PRO. Исследовались: общее расстояние, максимальная скорость, ускорения и торможения
3	Gimenez J.V. et al., 2020 г. [14]	Цель исследования: сравнить достоверность двух разных моделей устройств GPS, используемых для анализа движения во времени при экологическом тестировании футбола. Участники должны были пройти 8 кругов TSSC, в результате чего общая дистанция составила 1320 м. В текущем исследовании использовались два GPS-устройства: Stats Sport Apex Pro и Real Track WIMU PRO (оба с частотой 18 Гц). Важно не допускать одновременного использования клубом GPS разных торговых марок, поскольку в любом случае невозможно сравнить какие-либо результаты, полученные с устройств разных торговых марок
4	Gómez-Carmona C.D. et al., 2020 г. [15]	Цель исследования: изучить влияние нахождения датчика на разных частях тела на результаты теста на беговой дорожке. В исследовании проверялась надежность и достоверность акселерометров WIMU PRO для измерения нагрузки игрока (PL), влияние скорости, местоположения инерциального устройства и типа поверхности, на которой выполняется инкрементный тест. 20 мужчин, прошедших силовые тренировки (возраст: $27,32 \pm 6,65$ года; рост: $1,74 \pm 0,03$ м; масса тела: $68,96 \pm 4,37$ кг; индекс массы тела: $22,76 \pm 1,11$ кг/м ²), вызвались принять участие в исследовании, которое длилось 5 недель. Исследовались: влияние нахождения датчика на разных частях тела на результаты теста на беговой дорожке



№ п/п	Автор статьи, год издания	Результаты исследования
5	Gómez-Carmona C.D. et al., 2021 г. [16]	В данном исследовании был проанализирован профиль внешней нагрузки с несколькими местоположениями у баскетболистов с использованием ранее проверенной тестовой батареи, сравнивались требования между анатомическими местоположениями. Баскетбольная команда, состоящая из 13 полупрофессиональных игроков-мужчин, была оценена в пяти тестах (способность/навыки/тесты): аэробные, линейные движения, 30–15 IFT; молочно-анаэробные; ускорение и замедление на 16,25 м; RSA алактические анаэробные криволинейные движения на 6,75 м; дуги, эластичность, прыжок, тест Абалакова, физическая подготовка, игра с мелкими сторонами: 10×3 против (3×10) × 15 м. Загрузка игроков оценивалась в шести анатомических точках одновременно (межлопаточная линия, поясничная область, колени и лодыжки) с помощью шести инерционных устройств WIMU PRO, встроенных в специальный костюм игрока. Во всех тестах обнаружены значительные различия между анатомическими местоположениями с более высокими значениями и местоположениями ближе к контакту с землей ($p < 0,01$). Однако различия между расположениями нижних конечностей были обнаружены только при криволинейных движениях с более высокой нагрузкой на внешнюю ногу
6	Machado T. et al., 2022 г. [17] (DOI: A7:B12AA7:B10)	Общей целью этого исследования было: определить изменение ЧСС у португальских парашютистов в течение 6 моментов первого прыжка в день, принимая во внимание различный уровень опыта. Для регистрации ЧСС парашютистов использовался прибор WIMU PRO. Исследовались: ЧСС _{мин.} , ЧСС _{макс.} и ЧСС _{средн.} Прыжки с парашютом вызывают острую адаптивную реакцию сердечно-сосудистой системы, которая отражается в увеличении ЧСС между моментом посадки в самолет и моментом раскрытия парашюта, после чего уменьшается до момента контакта с землей
7	Mancha-Triguero D. et al., 2021 г. [18]	Были проанализированы 149 игроков-баскетболистов – мужчин и женщин разного возраста (14, 16 и 18 лет), которые участвуют в национальном чемпионате. Каждый игрок был оснащен устройством WIMU PRO; использовались фотоэлектрические элементы (между лопаток). Что исследовалось: общее время спринта, максимальное и минимальное время спринта, время шага прыжка (полета) и отталкивания, максимальная высота прыжка, продолжительность прыжка, среднее время ускорения во время спринта. Сравнивали одни и те же показатели у разных полов
8	Oliva-Lozano J.M. et al., 2020 г. [20]	Цель исследования: 1) описать профиль требований к высокоинтенсивной тренировке и тренировкам у футболистов категории U-19; 2) сравнить профиль в зависимости от типа тренировки (ОМ или TS) в течение недели; 3) провести различие между профилями в зависимости от места проведения матча (дома или в «гостях»)
9	Pino-Ortega J. et al., 2021г. [21]	Были выделены 4 вида переменных – статические и динамические расстояния; статические и динамические области – во всех режимах установки антенны: 0,15 м, 1,30 и 2,00 м. Результаты показали, что антенна 1,30 м обеспечивает лучшую точность всех измерений (диапазон различий: от –0,94% до 1,17%). За ней «следует» антенна 2,00 м (диапазон различий: от –2,50 до 2,15%). Антенна 0,15 м обеспечивает наихудший уровень точности (диапазон различий: от –1,05 до 3,28%). Высота антенн на баскетбольных площадках должна быть аналогична высоте, на которую устройства крепятся к верхней части спины игрока
10	Pons E. et al., 2021 г. [22]	Цель исследования: анализ степени совпадения при сравнении количества и расстояния, пройденных на разных участках ускорения и замедления, зарегистрированных системой видеотрекинга (MediaCoach) и устройством GPS (WIMU PRO) во время официальных соревнований. Что исследовалось: количество ускорений и торможений, расстояние ускорений и торможений
11	Portes R. et al., 2022 г. [23]	Цель исследования: выявить соотношение ускорений и торможений у баскетболистов. Исследовали: общую дистанцию, дистанцию по разной интенсивности бега (дистанцию бега высокой интенсивности), общую дистанцию ускорения и замедления, относительное ускорение и торможение (м/мин), общее количество прыжков. В целом результаты свидетельствуют, что высокоинтенсивные усилия, такие как спринты и HIR, по-видимому, влияют на соотношение ускорений и торможений



№ п/п	Автор статьи, год издания	Результаты исследования
12	Pouregbali S. et al., 2020 г. [24]	Цель исследования: анализ острого влияния мини-игр, основанных на дифференцированном обучении, на физические, технические и позиционные показатели юных баскетболистов. В этом исследовании приняли участие 8 баскетболистов в возрасте до 13 лет. Данные о внешней нагрузке и положении были собраны с помощью локальной системы позиционирования WIMU PRO. Результаты показали, что после вмешательства игроки значительно уменьшили общее пройденное расстояние, максимальное ускорение, среднюю скорость, тренировочный импульс и индекс пространственного исследования; и наоборот, результаты подтвердили увеличение количества дриблингов
13	Santos FJ. et al., 2021 г. [25]	В этом исследовании была предпринята попытка оценить тренировочную нагрузку у футболистов разных возрастных категорий, связанную с играми на поле с разным размером (SSG). 24 футболиста (по 8 в каждой возрастной категории: U-12, U-15 и U-23) выполнили 3 последовательных SSG с владением мячом 4 × 4 (SSG1: 16 × 24 м; SSG2: 20 × 30 м и SSG3: 24 × 36 м), все с 3-минутной минимальной продолжительностью и 3 минутами отдыха. Испытуемые носили на себе устройства системы отслеживания положения на основе сверхширокополосной связи (WIMU PRO). У футболистов категорий U-12, U-15 и U-23 пройденное расстояние увеличивается одновременно с увеличением размера поля в SSG от 16 × 24 м до 24 × 36 м. Устройства системы отслеживания, используемые с целью мониторинга футболистов во время тренировок и соревнований, представляют собой фундаментальную поддержку для оценки и улучшения производительности игроков, а также являются важным инструментом для тренеров во время ежедневных тренировок

Литература

1. Кинематическая характеристика соревновательной двигательной деятельности футболистов / Е.М. Калинин, А.Е. Власов, В.В. Паников, В.А. Кузьмичёв // Теория и практика физической культуры. – 2021. – № 5. – С. 82–84.
2. Анализ соревновательной двигательной деятельности высококвалифицированных футболистов разного возраста / Е.М. Калинин, В.А. Кузьмичёв, Н.Ж.-А. Джилкибаева, А.А. Хомякова, А.В. Лексаков // Теория и практика физической культуры. – 2022. – № 8. – С. 12–14.
3. Характеристика соревновательной деятельности футболистов различных игровых амплуа в юношеских сборных командах / Е.М. Калинин, В.А. Кузьмичёв, Н.Ж.-А. Джилкибаева, А.А. Хомякова, А.В. Лексаков // Теория и практика физической культуры. – 2022. – № 12. – С. 28–30.
4. Классификация двигательной деятельности футболистов на примере распределения ускорений и торможений во время матча / Е.М. Калинин, В.В. Паников, В.А. Кузьмичёв, Н.Ж.-А. Джилкибаева // Теория и практика физической культуры. – 2021. – № 6. – С. 91–93.
5. Сравнительный анализ соревновательной двигательной деятельности юношеских сборных команд России в международных футбольных турнирах различного ранга / В.А. Кузьмичев, Е.М. Калинин, Н.А. Кочешков, А.В. Лексаков // Теория и практика физической культуры. – 2022. – № 9. – С. 90–92.
6. Нопин, С.В., Копанев, А.Н., Абуталимова, С.М. Современные системы тестирования и анализа движений человека // Современные вопросы биомедицины. – 2020. – № 4 (13). – С. 65–73.
7. Сюетин, П.С., Захарова, А.В. Инновационные методы оценки интенсивности соревновательной деятельности профессиональных футболистов // Теория и практика физической культуры. – 2022. – № 7. – С. 102.
8. Эпов, О.Г. Исследование показателей двигательной деятельности спортсменов ударных видов единоборств на примере тхэквондо ВТФ / О.Г. Эпов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2022. – № 10 (212). – С. 511–514.
9. Оценка кинематических характеристик при выполнении соревновательных упражнений спортсменами ударных видов единоборств на примере тхэквондо ВТФ / О.Г. Эпов, Е.М. Калинин, В.А. Кузьмичев, К.А. Потапова // Теория и практика физической культуры. – 2023. – № 1. – С. 19–21.
10. Train Smarter, Play More: Insights About Preparation and Game Participation in Youth National Team / Arede J., Ferreira A.P., Esteves P., Gonzalo-Skok O., Leite N. // Res. Q. Exerc. Sport. – 2020. – Vol. 90. – Iss. 4. – Pp. 583–593.
11. Novel Curvilinear Sprint Test in Basketball: Reliability and Comparison With Linear Sprint / Baena-Raya A., Díez-Fernández D.M., López-Sagarra A., Martínez-Rubio C., Soriano-Maldonado A., Rodríguez-Pérez M.A. // J. Strength Cond. Res. – 2023. – 10. – 1519. – DOI: 10.1519/JSC.0000000000004474
12. Font, R., Karcher, C., Reche, X., Carmona G., Tremps, V., Iurtia, A. Monitoring external load in elite male handball players depending on playing positions // Biol. Sport. – 2021. – 38 (3). – Pp. 475–481.



13. García, F., Vázquez-Guerrero, J., Castellano, J., Calsals, M., Schelling, X. Differences in Physical Demands between Game Quarters and Playing Positions on Professional Basketball Players during Official Competition // *J. Sports Sci. Med.* – 2020. – 19 (2). – Pp. 256–263.
14. Gimenez, J.V., Garcia-Unanue, J., Navandar, A., Viejo-Romero, D., Sanchez-Sanchez, J., Gallardo, L., Hernandez-Martin, A., Felipe, J.L. Comparison between Two Different Device Models 18 Hz GPS Used for Time-Motion Analyses in Ecological Testing of Football // *Int. J. Environ Res. Public Health.* – 2020. – 17 (6). – 1912. – URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph17061912>
15. Gómez-Carmona, C.D., Bastida-Castillo, A., González-Custodio, A., Olcina, G., Pino-Ortega, J. Using an Inertial Device (WIMU PRO) to Quantify Neuromuscular Load in Running: Reliability, Convergent Validity, and Influence of Type of Surface and Device Location // *J. Strength Cond. Res.* – 2020. – 34 (2). – Pp. 365–373.
16. Gómez-Carmona, C.D., Feu, S., Pino-Ortega, J., Ibáñez, S.J. Assessment of the Multi-Location External Workload Profile in the Most Common Movements in Basketball // *Sensors (Basel).* – 2021. – 21 (10). – 3441. – URL: <https://doi.org/10.3390/s21103441>
17. Machado, T., Serrano, J., Pino-Ortega, J., Silveira, P., Antúnez, A., Ibáñez, S.J. Analysis of the Objective Internal Load in Portuguese Skydivers in the First Jump of the Day // *Sensors (Basel).* Apr. – 22 (9). – 3298. – URL: <https://doi.org/10.3390/s22093298>
18. Mancha-Triguero, D., García-Rubio, J., Gamonales, J.M., Ibáñez, S.J. Strength and Speed Profiles Based on Age and Sex Differences in Young Basketball Players // *Int. J. Environ Res. Public Health.* – 2021. – 18 (2) – 643. – URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph18020643>
19. Oliva-Lozano, J.M., Gómez-Carmona, C.D., Pino-Ortega, J., Moreno-Pérez, V., Rodríguez-Pérez, M.A. Match and Training High Intensity Activity-Demands Profile During a Competitive Mesocycle in Youth Elite Soccer Players // *J. Hum. Kinet.* – 2020. – 75. – Pp. 195–205.
20. Oliva-Lozano, J.M., Muyor, J.M., Puche Ortuño, D., Rico-González, M., Pino-Ortega, J. Analysis of key external and internal load variables in professional female futsal players: a longitudinal study // *Res. Sports Med.* – 2021. – URL: <https://doi.org/10.1080/15438627.2021.1963728>
21. Pino-Ortega, J., Arcos, A.L., Gantois, P., Clemente, F.M., Nakamura, F.Y., Rico-González, M. The Influence of Antenna Height on the Measurement of Collective Variables Using an Ultra-Wide Band Based Local Positioning System in Team Sports // *Sensors (Basel).* – 2021. – 21 (7). – 2424. – URL: <https://doi.org/10.3390/s21072424>
22. Pons, E., García-Calvo, T., Cos, F., Resta, R., Blanco, H., López Del Campo, R., Díaz-García, J., Pulido-González, J.J. Integrating video tracking and GPS to quantify accelerations and decelerations in elite soccer // *Sci. Rep.* – 2021. – 11. – 18531 (2021). – URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97903-2>
23. Portes, R., Navarro Barragán, R.M., Calleja-González, J., Gómez-Ruano, M.Á., Jiménez Sáiz, S.L. Physical Persistence across Game Quarters and during Consecutive Games in Elite Junior Basketball Players // *Int. J. Environ Res. Public Health.* – 2022. – 19 (9). – 5658. – URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph19095658>
24. Poureghbali, S., Arede, J., Rehfeld, K., Schöllhorn, W., Leite, N. Want to Impact Physical, Technical, and Tactical Performance during Basketball Small-Sided Games in Youth Athletes? Try Differential Learning Beforehand // *Int. J. Environ Res. Public Health.* – 2020. – 17 (24). – 9279. <https://doi.org/10.3390/ijerph17249279>
25. Santos, F.J., Figueiredo, T.P., Filho, D.M.P., Verard, C.E.L., Macedo, A.G., Ferreira, C.C., Espada, M.C. Training Load in Different Age Category Soccer Players and Relationship to Different Pitch Size Small-Sided Games // *Sensors (Basel).* – 2021. – 21 (15). – 5220. – URL: <https://doi.org/10.3390/s21155220>
26. Vázquez-Guerrero, J., Reche, X., Cos, F., Casamichana, D., Sampaio, J. Changes in External Load When Modifying Rules of 5-on-5 Scrimmage Situations in Elite Basketball // *J. Strength Cond. Res.* – 2020. – 34 (11). – Pp. 3217–3224.

References

1. Kalinin, E.M., Vlasov, A.E., Panikov, V.V. and Kuzmichyov, V.A. (2021), Kinematic characteristics of competitive motor activity of football players, *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, no. 5, pp. 82–84.
2. Kalinin, E.M., Kuzmichyov, V.A., Dzhilkibaeva, N.Zh-A., Homyakova, A.A. and Leksakov, A.V. (2022), Analysis of competitive motor activity of highly qualified football players of different ages, *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, no. 8, pp. 12–14.
3. Kalinin, E.M., Kuzmichyov, V.A., Homyakova, A.A. and Leksakov, A.V. (2022), Characteristics of competitive activity of football players of various playing roles in youth national teams, *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, no. 12, pp. 28–30.
4. Kalinin, E.M., Panikov, V.V., Kuzmichev, V.A. and Dzhilkibaeva, N.Zh-A. (2021), Classification of motor activity of football players by the example of the distribution of accelerations and decelerations during a match, *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, no. 6, pp. 91–93.
5. Kuzmichev, V.A., Kalinin, E.M., Kocheshkov, N.A. and Leksakov, A.V. (2022), Comparative analysis of competitive motor activity of Russian youth national teams in international football tournaments of various ranks, *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, no. 9, pp. 90–92.
6. Nopin, S.V., Kopanov, A.N. and Abutalimova, S.M. (2020), Modern systems for testing and analyzing human movements, *Sovremennye voprosy biomeditsiny*, no. 4 (13), pp. 65–73.
7. Suetin, P.S. and Zaharova, A.V. (2022), Innovative methods for assessing the intensity of competitive activity of professional football players, *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, no. 7, p. 102.



8. Eпов, O.G. (2022), The study of motor activity indicators of athletes of shock martial arts on the example of taekwondo WTF, *Uchyonye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, no. 10 (212), pp. 511–514.
9. Eпов, O.G., Kalinin, E.M., Kuzmichev, V.A. and Popatova, K.A. (2023), Evaluation of kinematic characteristics when performing competitive exercises by athletes of shock martial arts on the example of taekwondo WTF, *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, no. 1, pp. 19–21.
10. Arede, J., Ferreira, A.P., Esteves, P., Gonzalo-Skok, O. and Leite, N. (2020), Train Smarter, Play More: Insights About Preparation and Game Participation in Youth National Team, *Res. Q. Exerc. Sport. Dec.*, vol. 90, iss. 4, pp. 583–593.
11. Baena-Raya, A., Díez-Fernández, D.M., López-Sagarra, A., Martínez-Rubio, C., Soriano-Maldonado, A., Rodríguez-Pérez, M.A. (2023), Novel Curvilinear Sprint Test in Basketball: Reliability and Comparison With Linear Sprint, *J. Strength Cond. Res.*, 10, 1519 [Online], URL: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004474>
12. Font, R., Karcher, C., Reche, X., Carmona, G., Tremps, V. and Irurtia, A. (2021), Monitoring external load in elite male handball players depending on playing positions, *Biol. Sport.*, 38 (3), pp. 475–481.
13. García, F., Vázquez-Guerrero, J., Castellano, J., Casals, M. and Schelling X. (2020), Differences in Physical Demands between Game Quarters and Playing Positions on Professional Basketball Players during Official Competition, *J. Sports Sci. Med.*, 19 (2), pp. 256–263.
14. Gimenez, J.V., Garcia-Unanue, J., Navandar, A., Viejo-Romero, D., Sanchez-Sanchez, J., Gallardo, L., Hernandez-Martin, A. and Felipe, J.L. (2020), Comparison between Two Different Device Models 18 Hz GPS Used for Time-Motion Analyses in Ecological Testing of Football, *Int. J. Environ Res. Public Health. Mar.* 17 (6), 1912 [Online], URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph17061912>
15. Gómez-Carmona, C.D., Bastida-Castillo, A., González-Custodio, A., Olcina, G. and Pino-Ortega, J. (2020), Using an Inertial Device (WIMU PRO) to Quantify Neuromuscular Load in Running: Reliability, Convergent Validity, and Influence of Type of Surface and Device Location, *J. Strength Cond. Res.*, 34 (2), pp. 365–373.
16. Gómez-Carmona, C.D., Feu, S., Pino-Ortega, J. and Ibáñez, S.J. (2021), Assessment of the Multi-Location External Workload Profile in the Most Common Movements in Basketball, *Sensors (Basel)*, 21 (10), 3441 [Online], URL: <https://doi.org/10.3390/s21103441>
17. Machado, T., Serrano, J., Pino-Ortega, J., Silveira, P., Antúnez, A. and Ibáñez, S.J. (2022), Analysis of the Objective Internal Load in Portuguese Skydivers in the First Jump of the Day, *Sensors (Basel)*, 22 (9), 3298 [Online], URL: <https://doi.org/10.3390/s22093298>
18. Mancha-Triguero, D., García-Rubio, J., Gamonales, J.M. and Ibáñez, S.J. (2021), Strength and Speed Profiles Based on Age and Sex Differences in Young Basketball Players, *Int. J. Environ Res. Public Health*, no. 18 (2), 643 [Online], URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph18020643>
19. Oliva-Lozano, J.M., Gómez-Carmona, C.D., Pino-Ortega, J., Moreno-Pérez, V. and Rodríguez-Pérez, M.A. (2020), Match and Training High Intensity Activity-Demands Profile During a Competitive Mesocycle in Youth Elite Soccer Players, *J. Hum. Kinet.*, vol. 75, pp. 195–205.
20. Oliva-Lozano, J.M., Muyor, J.M., Puche Ortuño, D., Rico-González, M. and Pino-Ortega, J. (2021), Analysis of key external and internal load variables in professional female futsal players: a longitudinal study, *Res. Sports Med.* [Online], URL: <https://doi.org/10.1080/15438627.2021.1963728>
21. Pino-Ortega, J., Arcos, A.L., Gantois, P., Clemente, F.M., Nakamura, F.Y. and Rico-González, M. (2021), The Influence of Antenna Height on the Measurement of Collective Variables Using an Ultra-Wide Band Based Local Positioning System in Team Sports, *Sensors (Basel)*, 21 (7), 2424 [Online], URL: <https://doi.org/10.3390/s21072424>
22. Pons, E., García-Calvo, T., Cos, F., Resta, R., Blanco, H., López Del Campo, R., Díaz-García, J. and Pulido-González, J.J. (2021), Integrating video tracking and GPS to quantify accelerations and decelerations in elite soccer, *Sci. Rep.*, 11, 18531 [Online], URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97903-2>
23. Portes, R., Navarro Barragán, R.M., Calleja-González, J., Gómez-Ruano, M.Á., and Jiménez Sáiz, S.L. (2022), Physical Persistency across Game Quarters and during Consecutive Games in Elite Junior Basketball Players, *Int. J. Environ Res. Public Health*, 19 (9), 5658 [Online], URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph19095658>
24. Pouregbali, S., Arede, J., Rehfeld, K., Schöllhorn, W. and Leite, N. (2020), Want to Impact Physical, Technical, and Tactical Performance during Basketball Small-Sided Games in Youth Athletes? Try Differential Learning beforehand, *Int. J. Environ Res. Public Health*, 17 (24), 9279 [Online], URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph17249279>
25. Santos, F.J., Figueiredo, T.P., Filho, D.M.P., Verardi, C.E.L., Macedo, A.G., Ferreira, C.C. and Espada, M.C. (2021), Training Load in Different Age Category Soccer Players and Relationship to Different Pitch Size Small-Sided Games, *Sensors (Basel)*, 21 (15), 5220 URL: <https://doi.org/10.3390/s21155220>
26. Vazquez-Guerrero, J., Reche, X., Cos, F., Casamichana, D. and Sampaio, J. (2020), Changes in External Load When Modifying Rules of 5-on-5 Scrimmage Situations in Elite Basketball, *J. Strength Cond. Res.*, 34 (11), pp. 3217–3224.

