Министерство спорта и туризма Республики Беларусь

Белорусский государственный университет физической культуры
Центр координации научно-методической и инновационной деятельности
Информационно-аналитический отдел

Цикл научно-практических мероприятий
«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ПОДГОТОВКЕ СПОРТИВНОГО РЕЗЕРВА
И СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОГО КЛАССА»

SMART-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА В ФУТБОЛЕ

Мастер-класс
Информационно-аналитические материалы
16.01.2023

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Инновационные технологии контроля физической подготовленности спортсменов *4*

Агафонова Маргарита Евгеньевна,
начальник информационно-аналитического отдела БГУФК,
доцент кафедры спортивной медицины БГУФК, кандидат биологических наук.
Дарануца Кристина Сергеевна,
ведущий специалист информационно-аналитического отдела
Центра координации научно-методической и инновационной деятельности.
Шешко Валентина Владимировна,
ведущий специалист информационно-аналитического отдела
Центра координации научно-методической и инновационной деятельности.
Ермалович Олег Ольгертович,
ведущий специалист Центра координации научно-методической и инновационной деятельности, методист центра «Высшая школа тренеров» БГУФК

Применение современных смарт-систем для анализа и совершенствования техники ударов в футболе *28*

Разуванов Владимир Михайлович,
ведущий специалист информационно-аналитического отдела,
старший преподаватель кафедры менеджмента туризма и гостеприимства БГУФК

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНТРОЛЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ

В настоящее время на мировой спортивной арене отмечаются значительный рост спортивных достижений и высокая конкуренция, что определяет необходимость поиска путей интенсификации процесса спортивного совершенствования. Каждый вид спорта предъявляет специфические требования к развитию различных сторон подготовленности спортсменов. Футбол, как игровой вид спорта, не является исключением. Современная тенденция роста спортивных результатов и усиление конкуренции на международной арене формируют вопрос о необходимости своевременного получения объективной информации об уровне физической подготовки спортсмена и функциональных возможностях его организма. Таким образом очевидно, что при помощи динамического **контроля физической подготовленности** спортсменов в футболе можно оценивать физическое состояние спортсменов и эффективно решать задачи спортивной подготовки (повышение работоспособности, индивидуализация тренировочного процесса и программы восстановления, профилактика травматизма).

В современной спортивной практике для своевременного получения объективной информации об уровне физического состояния спортсменов проводятся педагогические тестирования и медико-биологические исследования с применением различных методик и современного диагностического оборудования, которое можно использовать в условиях учебно-тренировочных занятий и соревнований. Целью контроля физического состояния спортсменов является повышение эффективности спортивной тренировки путем объективизации данных на основе оценки уровня развития двигательных способностей и спортивно-технического мастерства (педагогический контроль) и функционального состояния организма спортсмена (медико-биологический контроль).

Для оценки физического состояния спортсмена, то есть определения характера долговременной адаптации организма к физическим нагрузкам на этапах многолетней подготовки, отечественные и зарубежные специалисты в области спортивной подготовки рекомендуют у футболистов регулярно оценивать функциональное состояние кардиореспираторной системы, нервной системы и системы крови (гематологические, биохимические и гормональные показатели) и уровень развития общей физической подготовленности спортсменов (уровень развития двигательных способностей).

Актуальность задачи **контроля физической подготовленности** обусловлена значительным повышением интенсивности нагрузки, технической сложности и психоэмоциональной напряженности матчей в футболе. Увеличение спортивной нагрузки во время матча требует и повышения уровня физической подготовленности игроков, которая также определяется спецификой игрового амплуа, тактикой и стратегией построения игры тренером и особенностями стратегии игры команды соперника.

Значение **контроля физической подготовленности** при подготовке спортсменов высшей квалификации в футболе в последнее время значительно

возросло, что обусловлено необходимостью более эффективно управлять тренировочным процессом для получения конкурентоспособных результатов. Поэтому проведение этапного **контроля физической подготовленности не только** позволит отследить динамику и степень выраженности процессов адаптации, но и обеспечит целенаправленное применение средств восстановления и коррекции тренировочных нагрузок в зависимости от состояния организма футболистов.

Для осуществления комплексной оценки физического состояния в зависимости от оперативных задач контроля могут оцениваться различные показатели:

- уровень развития двигательных качеств;
- уровень технико-тактической подготовки;
- результативность соревновательной деятельности;
- состояние отдельных органов и функциональных систем организма, обеспечивающих эффективную соревновательную деятельность;
- реакция организма спортсмена на тренировочные нагрузки;
- оценка протекания процессов утомления и восстановления;
- показатели тренировочной нагрузки и соревновательной деятельности.

Одной из основных задач контроля физического состояния спортсменов является рациональный подбор комплекса оборудования, при помощи которого возможно объективно регистрировать оцениваемые качества и способности; быть доступными; проведение исследования должно гармонично вписываться в тренировочный процесс, не нарушая его организации и не вызывая неблагоприятных психоэмоциональных реакций.

Педагогический контроль предполагает оценку уровня развития двигательных способностей (скоростных, силовых, гибкости, выносливости, координационных) спортсмена и уровня специальной подготовленности, и проводится в соответствии с рекомендуемыми тестами и нормативными показателями.

Медико-биологический контроль осуществляется для оценки динамики физического развития и функционального состояния организма, переносимости тренировочных нагрузок, выявления факторов, лимитирующих работоспособность.

Таким образом, при использовании совокупности методов педагогического и медико-биологического контроля можно оценить физическое состояние организма футболистов и определить факторы, лимитирующие эффективное выполнение учебно-тренировочных нагрузок и соревновательной программы в спортивно-боевых единоборствах.

В настоящее время появилась возможность комплексной оценки функционального состояния ведущих систем организма с использованием инновационных технологий исследования, которые обладают следующими характеристиками:

- исключают инвазивные методы исследования;
- позволяют быстро осуществить экспресс-оценку в условиях учебно-тренировочных и предстартовых сборов с минимальным отвлечением спортсмена от тренировочного процесса или соревновательной деятельности;

• обеспечивают комплексный анализ состояния активно действующих систем организма спортсмена с использованием компьютерной программы для выполнения оперативной обработки, анализа и хранения данных.

Всем этим требованиям соответствуют нижеперечисленные приборы:

• неинвазивный анализатор формулы крови «АМП» (Nonivasive Hemogram Analyzer, AMP);

• аппаратно-программной станции сублюксации INSiGHT;

• анализатор биоимпедансный обменных процессов и состава тела АВС-02 «МЕДАСС»;

• комплекс оборудования FMS (Functional Movement Screen) для проведения функциональной оценки движения;

• аппаратно-программный комплекс «НС-ПсихоТест СПОРТ».

Неинвазивный анализатор формулы крови «АМП»

Для этого системы диагностики функционального состояния спортсменов должны отвечать следующим требованиям:

1. Выбор методов диагностики, позволяющих быстро осуществить интегральную оценку состояния активно действующих систем организма.

2. Возможность выполнить экспресс-диагностику в условиях учебно-тренировочных и предстартовых сборов с минимальным отвлечением спортсмена от тренировочного процесса.

3. Исключение инвазивных методов исследования.

4. Наличие компьютерной программы для выполнения контрольно-диагностических функций, оперативной обработки, анализа и хранения данных.

Всем этим требованиям соответствует неинвазивный анализатор формулы крови «АМП» (рисунок 1), состоящий из устройства регистрации исходных параметров, программы обработки результатов и формулировки конечного заключения. Неинвазивный анализатор формулы крови «АМП» позволяет без забора крови в течение 180–720 секунд получить 131 параметр жизнедеятельности организма человека.

Анализатор позволяет комплексно оценить состояние организма с позиций его функционально-метаболической и гемодинамической сбалансированности, водного обмена и газового гомеостаза, взаимосвязанных с ферментативной и иммунной системами. Анализируя полученные с прибора данные, программа ставит предварительный диагноз, который является информацией для врача и обращает внимание на те или иные факторы. Оценка состояния организма и параметров выражается количественно в общепринятых для каждого параметра международных единицах СИ.

Особенности и преимущества неинвазивного анализатора формулы крови заключаются в следующих технических характеристиках:

1. Простота использования и компактность оборудования, быстрота получения информации.

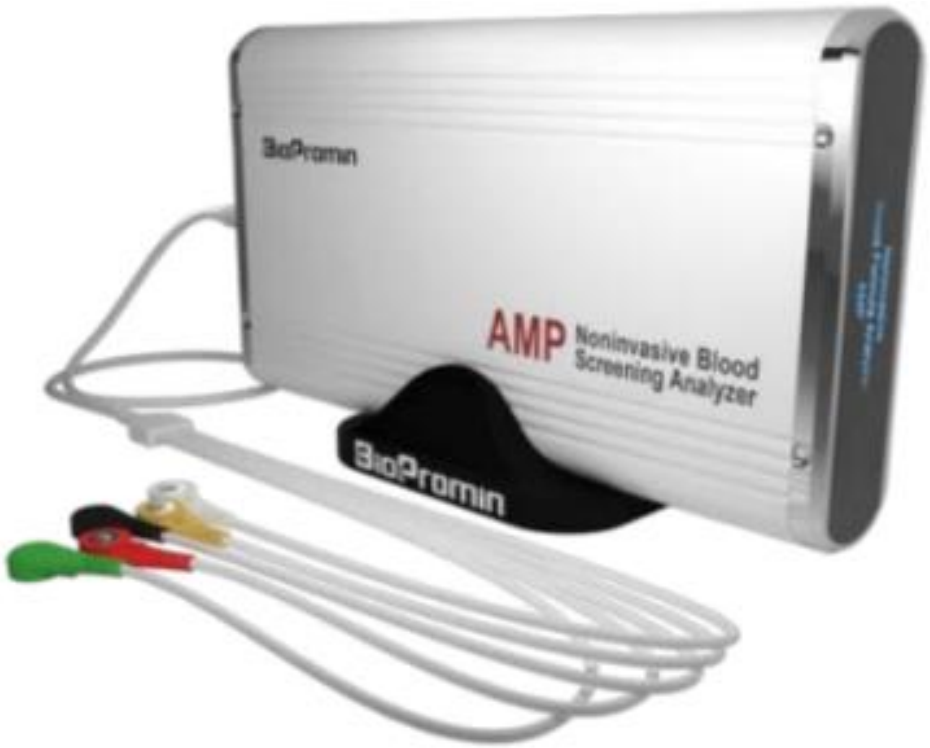


Рисунок 1 – Неинвазивный анализатор формулы крови «АМП»

Измерения производятся с помощью 5 высокочувствительных датчиков-микропроцессоров, прикрепляемых к телу человека при помощи лейкопластыря. Методика измерения основана на корреляционных зависимостях процессов водного обмена, газового гомеостаза и функциональной гемодинамики, взаимосвязанных с ферментативной и иммунной системами посредством подсистемы терморегуляции. Каждый параметр рассчитывается, исходя из показаний датчиков-микропроцессоров, которые, получая информацию с основных магистральных сосудов и сопоставляя данные, позволяют АМП рассчитать точную формулу крови и еще около 100 показателей внутреннего гомеостаза. Для работы аппарата не требуется химических реагентов, картриджей или каких-либо других расходных материалов кроме лейкопластыря, спиртовых салфеток для дезинфекции кожи и датчиков.

Неинвазивный анализатор формулы крови позволяет проводить обследование в автоматическом режиме путем простого замера температуры в 5 биологически активных референтных точках тела (рисунок 2). При помощи специализированного программного обеспечения «Успех» собираются и обрабатываются данные исследования, формируется предварительное заключение, распечатывается протокол.

2. Сортировка информации по 131 анализируемому параметру.

Анализатор определяет 131 параметр, в том числе:

- клинический анализ крови: гемоглобин, эритроциты, СОЭ, лимфоциты, лейкоциты, эозинофилы, моноциты;
- электролитный обмен: концентрация Ca, Mg, K, Na;
- система свертывания: начало, конец свертывания крови, количество тромбоцитов, гематокрит;

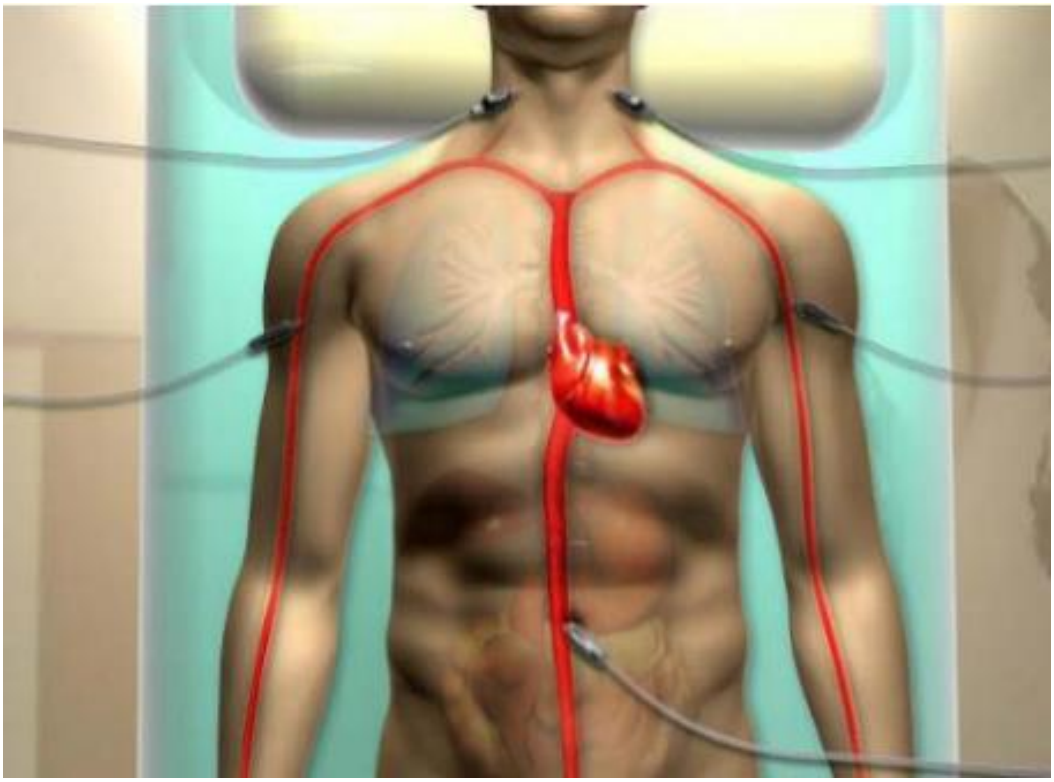


Рисунок 2 – Схема размещения датчиков на теле тестируемого

• система ферментов: АСТ, АЛТ, АСТ, АЛТ, АЛТ/АСТ, амилаза, билирубин общий, билирубин неконъюгированный, концентрация белков в плазме (г/л);

• транспорт и потребление кислорода, внутренний и общий кровоток: плотность плазмы, объем крови, кровоток миокарда, мышц, мозга, печеночно-портальный, почечный, кровоток кожи и других органов;

• транспорт O_2 и потребление углекислого газа CO_2: выделение CO_2, содержание CO_2 в артериальной, венозной крови, скорость выработки CO_2, расход O_2 на кг, легочная вентиляция, расход, потребление O_2 миокардом, дефицит циркулирующей крови, жизненная емкость легких в завершающей фазе, максимальный поток воздуха, индекс Тиффно. Время полного обращения, время легочного обращения, длина волны спектра поглощения CO_2 в крови, длина волны спектра поглощения оксида азота N_2O в крови, концентрация H_2 желудочного сока, PH, SH, плотность плазмы. Минутный объем, скорость крови, поверхность газообмена, жизненная емкость легких, приток крови к ткани мозга, транспорт, потребление O_2 на 100 г ткани мозга, насыщение O_2 артериальной крови. Показатель кислородного обмена между тканями и кровью;

• работа сердца: фибриноген, креатинин, концентрация молочной кислоты, мочевины, глюкозы, триглицериды, общий холестерин, липопротеиды, холестерин липопротеинов низкой плотности, липопротеины очень низкой плотности, липопротеины высокой плотности, глютаминовая кислота, тирозиновая кислота, гликоген, уровень потребления кислорода, дыхательный коэффициент, тирозин, тестостерон мочи, общее содержание эстрогенов в моче, внеклеточная вода, клеточная вода, общий объем воды, внутренний кровоток (мл/мин).

3. Надежность и достоверность результатов измерений.

Метод базируется на взаимном влиянии процессов водного обмена, газового гомеостаза и функциональной гемодинамики, связанных с ферментативной и иммунной системами посредством подсистемы терморегуляции. Точность измерения параметров соответствует традиционным методикам измерения и составляет 92–98 %. Неинвазивный (бескровный) анализатор формулы крови АМП (Noninvasive hemogram analyzer AMP) – методика и аппарат, зарегистрированный и успешно применяемый на территории Беларуси, России, Украины, Евросоюза, Египта, Китая, Вьетнама, Саудовской Аравии.

Таким образом очевидно, что такие высокая скорость получения большого объема данных о биохимических и физиологических процессах организма, точность результатов, отсутствие необходимости использования дорогостоящих расходных материалов, реагентов; безболезненность исследований; исключение риска инфицирования; мобильность и компактность анализатора; простота использования – являются востребованными техническими характеристиками прибора, который необходим для проведения исследования функциональных возможностей спортсменов на этапах подготовки.

Аппаратно-программная станция сублюксации INSiGHT

Безболезненное и безопасное тестирование опорно-двигательного аппарата можно провести с применением аппаратно-программной станции сублюксации INSiGHT – современного инструмента, выполняющего комплекс диагностических исследований:

1) электромиография (определяет мышечный тонус и ненормальную мышечную активность);
2) термография позвоночника инфракрасными лучами;
3) оценка гибкости позвоночника (тест инклинометром);
4) определение болевого порога (алгометрический тест);
5) измерение вариабельности сердечного ритма.

Рисунок 3 – Аппаратно-программная станция сублюксации INSiGHT

Назначение аппаратно-программной станции сублюксации INSiGHT – мониторинг, сбор информации и анализ функционального состояния опорно-двигательного аппарата спортсмена, который позволяет установить причины возникновения боли в области позвоночника, выявить расстройства общего двигательного стереотипа, кровообращения и мышечные расстройства.

Преимуществами использования станции являются: быстрая оценка состояния опорно-двигательного аппарата и работы сердца; сбор информации по определенным анатомическим ориентирам и демонстрация результатов выполненных сканирований в реальном времени; по графикам результатов можно оценить симметричность воздействия нагрузок на позвоночный столб, сравнить результаты с нормативными показателями, определить место возникновения будущей или уже существующей травмы позвоночного столба. Наиболее популярны для практического применения результаты тестирования по следующим методикам:

1. Электромиография (ЭМГ).

ЭМГ – метод исследования биоэлектрических потенциалов, возникающих в скелетных мышцах человека при возбуждении мышечных волокон; регистрация электрической активности мышц.

Цель электромиографического сканирования – измерить разницу напряжения мускулов вдоль спины. Благодаря ЭМГ можно определить: асимметричные сокращения, области разветвления мышц, состояния мышц, ненормальную активность мышц, неправильные физические реакции на различные раздражители.

2. Тест на гибкость шейного отдела позвоночника.

Методика теста на гибкость шейного отдела позвоночника заключается в измерении диапазона движения в градусах с использованием беспроводного инклинометра. По результатам измерений двух тестов можно установить перенапряжение и ненормальную ЭМГ-активность мышц шеи, спины и поясницы, искривление отделов позвоночника.

Анализатор биоимпедансный обменных процессов и состава тела АВС-02 «МЕДАСС»

Биоимпедансный анализ состава тела – это диагностический метод электрических сопротивлений тела человека (активное сопротивление R) и антропометрических данных (реактивное сопротивление X_c), благодаря которому можно оценить абсолютные и относительные значения параметров состава тела, метаболических коррелятов, резервные возможности организма и риски развития ряда заболеваний. Материальным субстратом активного сопротивления в биологическом объекте являются жидкости (клеточная и внеклеточная), обладающие ионным механизмом проводимости. Субстратом реактивного сопротивления (емкостный компонент импеданса) являются клеточные мембраны. Для проведения биоимпедансного анализа состава тела применяют анализатор биоимпедансный обменных процессов и состава тела АВС-02 «МЕДАСС» (рисунок 4). На сегодняшний день производителем АВС-02 «МЕДАСС» является ООО НТЦ «МЕДАСС».

Рисунок 4 – Анализатор биоимпедансный обменных процессов
и состава тела АВС-02 «МЕДАСС»

Прибор подключается с помощью интерфейсного кабеля к порту USB персонального компьютера. В приборе обеспечена абсолютно надежная изоляция обследуемого человека от электрической сети.

Программно-аппаратный комплекс дает оценку следующих характеристик:

- жировая и безжировая массы;
- активные клеточные и скелетно-мышечные массы;
- объем общей и внеклеточной воды организма;
- процент жировой массы организма;
- диагностика причин избыточной массы тела и нарушения метаболизма;
- достаточность получения белков при потреблении пищи;
- правильность роста и развития детей;
- распределение воды в организме;
- выявление признаков отклонений в организме.

Аппарат применяют в отделениях диетологии, реабилитации, интенсивной терапии. Его используют для коррекции фигуры, для диагностики и в целях контроля физической подготовки спортсменов, а также для отслеживания роста и развития детей.

До проведения биоимпедансного анализа специалист проводит антропометрические измерения (масса, рост, обхват талии и бедер). Эти измерения и личные данные вносятся в программное обеспечение. Для удобства проведения анализа исследуемый человек ложится на кушетку спиной вниз. Далее крепятся одноразовые биоадгезивные электроды на руку и ногу (рисунок 5). Измерение проводится с использованием зондирующего тока низкой амплитуды.

После окончательных замеров программа обрабатывает данные. Результаты исследований фиксируются как графический протокол, содержащий значения антропометрических индексов, оценки параметров состава тела и метаболических коррелятов, а также индивидуальные нормы параметров, рассчитанные по данным пола, возраста и роста пациента: (рисунок 6).

Рисунок 5 – Схема расположения электродов

Повторные биоимпедансные обследования позволяют оценить эффективность и скорректировать тактику лечения пациентов с различными заболеваниями, а в спортивной медицине – оценить эффективность тренировочного процесса и прогнозировать изменения физической работоспособности спортсмена во время пиковых нагрузок в соревновательный период или при вынужденном снижении физической активности после травм и заболеваний.

Помимо протокола состава тела, выводится динамический протокол, графический, групповой и другие. Основными преимуществами АВС-02 «МЕДАСС» являются:

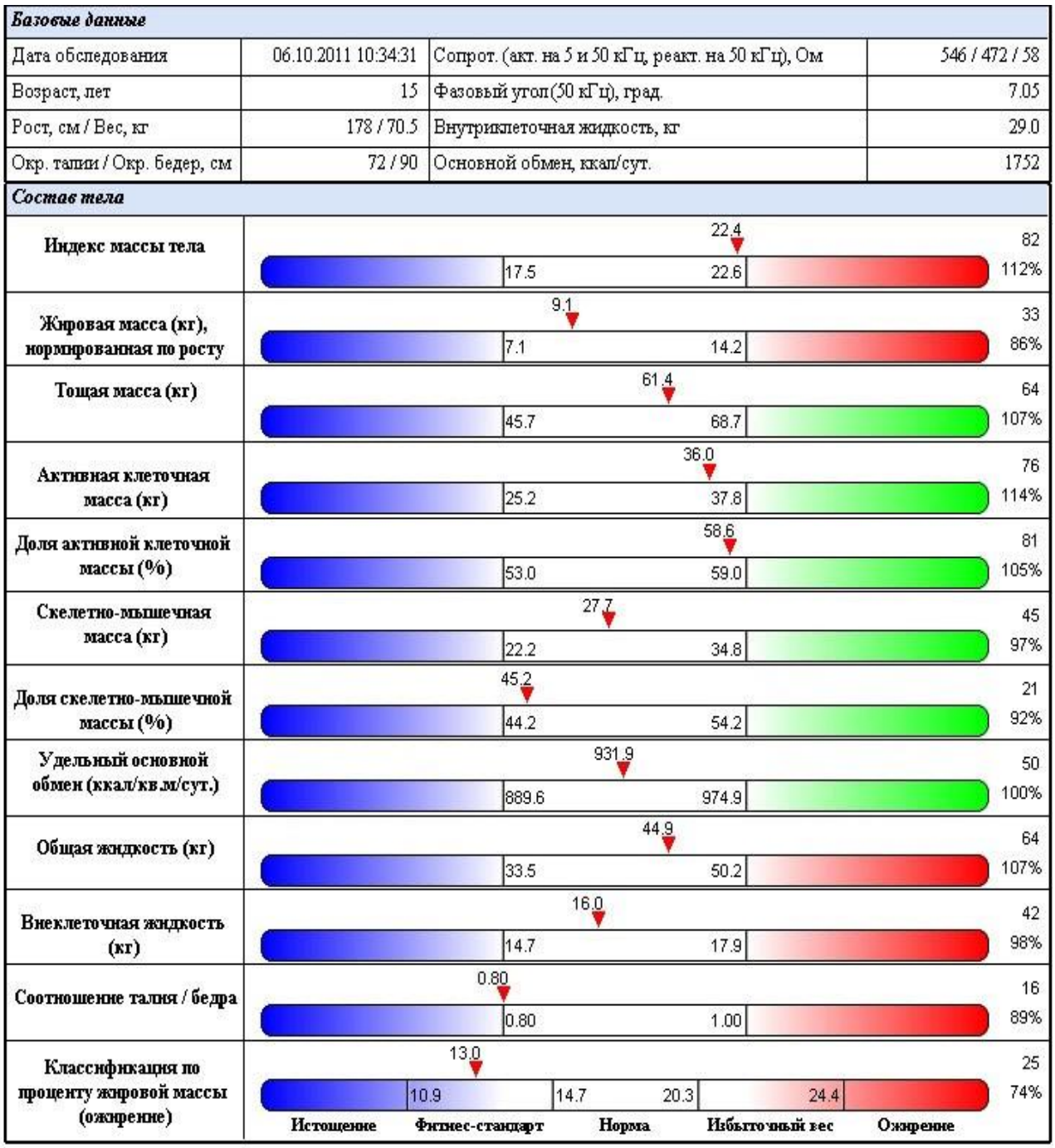
1) точность и скорость получения результатов в течение нескольких минут;

2) возможность сравнить результаты исследования с эталонными параметрами или данными предыдущего обследования;

3) проведение обследований для лиц любого возраста и разного уровня физической подготовки;

4) программное обеспечение учитывает европейские и российские нормы состава тела.

По результатам исследований специалисты делают выводы о нормальной или нарушенной гидратации тканей, липидном и водно-солевом обмене, оценивают риск развития или наличия различных заболеваний, выбирают оптимальные упражнения и уровень физической нагрузки для восстановления или развития организма, а также проводят мониторинг результатов в течение всего периода работы.



Базовые данные			
Дата обследования	06.10.2011 10:34:31	Сопрот. (акт. на 5 и 50 кГц, реакт. на 50 кГц), Ом	546 / 472 / 58
Возраст, лет	15	Фазовый угол(50 кГц), град.	7.05
Рост, см / Вес, кг	178 / 70.5	Внутриклеточная жидкость, кг	29.0
Окр. талии / Окр. бедер, см	72 / 90	Основной обмен, ккал/сут.	1752

Состав тела			
Индекс массы тела	22.4	17.5 – 22.6	82 / 112%
Жировая масса (кг), нормированная по росту	9.1	7.1 – 14.2	33 / 86%
Тощая масса (кг)	61.4	45.7 – 68.7	64 / 107%
Активная клеточная масса (кг)	36.0	25.2 – 37.8	76 / 114%
Доля активной клеточной массы (%)	58.6	53.0 – 59.0	81 / 105%
Скелетно-мышечная масса (кг)	27.7	22.2 – 34.8	45 / 97%
Доля скелетно-мышечной массы (%)	45.2	44.2 – 54.2	21 / 92%
Удельный основной обмен (ккал/кв.м/сут.)	931.9	889.6 – 974.9	50 / 100%
Общая жидкость (кг)	44.9	33.5 – 50.2	64 / 107%
Внеклеточная жидкость (кг)	16.0	14.7 – 17.9	42 / 98%
Соотношение талия / бедра	0.80	0.80 – 1.00	16 / 89%
Классификация по проценту жировой массы (ожирение)	13.0	10.9 – 14.7 – 20.3 – 24.4 (Истощение, Фитнес-стандарт, Норма, Избыточный вес, Ожирение)	25 / 74%

Рисунок 6 – Протокол состава тела

Комплекс оборудования FMS (Functional Movement Screen)

Для проведения функциональной оценки движения используется комплекс оборудования FMS (Functional Movement Screen) (рисунок 7):

1. Измерительная доска 150×10×3 см (для оценки отклонений корпуса от вертикального положения).

2. Бодибар – гимнастическая стальная прорезиненная палка для фитнеса (для оценки вертикального положения позвоночного столба человека).

3. Измерительная линейка (для оценки подвижности плечевого пояса и гибкости мышц бедра).

4. Барьер с меняющейся высотой (для оценки равновесия человека при перешагивании барьера).

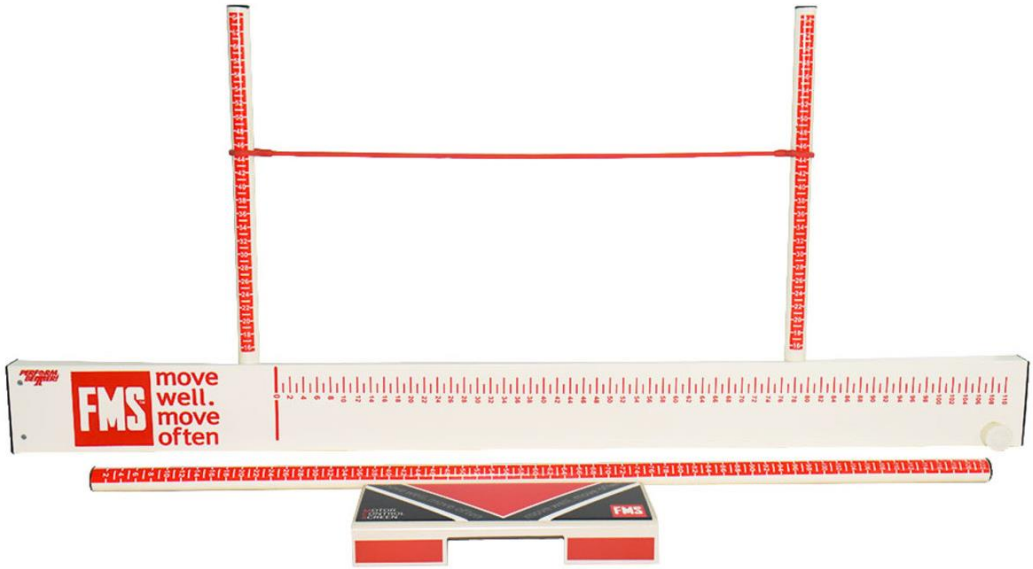


Рисунок 7 – Комплекс оборудования для FMS

Оценка базовых навыков двигательной активности осуществляется через специальную систему тестов. В процессе функционального скрининга выявляют ограниченность амплитуды движений, асимметрию и точки дисбаланса при распределении нагрузки.

Преимуществами функционального тестирования являются: точность и скорость получения результатов, проведение обследований для лиц любого возраста и разного уровня физической подготовки.

Благодаря методу функционального скрининга можно оценить уровень развития силы, координации, гибкости и динамическую стабильность, при этом спортсмен выполняет поочередно следующие упражнения (рисунок 8):

1. Приседание (Squatting).
2. Перешагивание через барьер (Stepping) – на обе ноги.
3. Выпад (Lunging).
4. Подвижность плечевого пояса (Reaching) – на обе руки.
5. Подъем прямой ноги (Leg Raising) – на обе ноги.
6. Отжимание (Push-Up).
7. Ротационная стабильность (Rotary Stability) – на обе стороны.

Все упражнения выполняются три раза, далее записывается лучшая попытка и оцениваются от 0 до 3 баллов, при этом сумма баллов составляет от 0 до 21 балла. Оценивая паттерны движения тела, можно выявить «неправильные» модели движения, приобретенные в процессе адаптации организма человека ко внешним (окружающая среда) и внутренним (нарушение осанки, боли и т. д.) факторам. После завершения тестирования функциональной оценки движений формируется программа индивидуальных корректирующих упражнений, с помощью которых можно устранить биомеханические нарушения движений.

Рисунок 8 – Основные тестирующие упражнения функционального скрининга

Аппаратно-программный комплекс «НС-ПсихоТест»

Аппаратно-программный комплекс «НС-ПсихоТест» российской компании Нейрософт предназначен для оценки психофизиологических и психологических характеристик человека; проведения различных видов контроля функционального состояния, в том числе контроля эффективности спортивной тренировки, профилактических и реабилитационных мероприятий.

Рисунок 9 – Аппаратно-программный комплекс «НС-ПсихоТест»

«НС-Психотест» является многофункциональным комплексом, благодаря которому можно выполнить более 530 психологических и психофизиологических тестов и провести для спортсменов общую психодиагностику (оценка текущего состояния психических процессов, особенностей личности и проявления активности), профессиональную психодиагностику (профотбор и профориентация, периодический контроль), детскую психодиагностику (оценка познавательных процессов, эмоционального состояния и адаптации детей к условиям обучения

и воспитания), социальную психодиагностику (изучение общения и взаимодействия между личностью и группой), психофизиологическую диагностику (диагностика свойств и функциональных состояний нервной системы) (рисунок 9).

Программное обеспечение комплекса позволяет:

- регистрировать сведения об испытуемом (паспортные данные и другую необходимую информацию);
- проводить психофизиологическое и психологическое тестирование;
- проводить математический анализ данных тестирования (психомоторных реакций, количества и качества ошибок, темпа и ритма сердечных сокращений и дыхания (ВРС) и др.);
- сохранять результаты обследования в базе данных;
- осуществлять экспорт и импорт данных обследования;
- формировать и редактировать протоколы по результатам обследования;
- создавать новые методики и шаблоны тестирования;
- возможность группового тестирования.

В области психофизиологического тестирования компания Нейрософт имеет несколько разновидностей методик и оборудования, как, например, комплексы для сферы профессионального отбора, специалистов экстремального профиля, спортсменов, детей и др. «НС-ПсихоТест спорт» – это компьютерный комплекс для углубленного исследования индивидуальных психофизиологических различий в спорте. Специальный набор тестов позволяет комплексно оценить важные для спортивной деятельности психофизиологические и психические свойства организма. Реализована возможность тестирования с участием как верхних, так и нижних конечностей. Основной функционал комплектации «НС-ПсихоТест спорт» – оценка функционального состояния спортсмена, его готовности к выступлению (игре, бою и др.), своевременная диагностика состояния перетренированности и выявление начальных стадий заболевания. В любом виде спорта могут произойти непредвиденные ситуации, и зачастую успех зависит от того, насколько быстро спортсмен способен понять окружающую обстановку, сконцентрироваться и четко отреагировать. Таким образом, можно сделать вывод, что тренировать реакцию не будет лишним ни в одной спортивной дисциплине.

Для осуществления педагогического контроля можно использовать инновационные технологии, которые позволяют провести оценку уровня развития двигательных способностей (скоростных, силовых, гибкости, выносливости, координационных способностей) спортсмена и уровня специальной подготовленности, с минимальными помехами для тренировочного процесса и оперативным анализом полученных результатов.

Таким требованиям соответствуют нижеперечисленные приборы: **аппаратно-программный комплекс SmartSpeed, модуль GPS "CATAPULT PLAYERTEK+" и тренажер BlazePod.**

Аппаратно-программный комплекс SmartSpeed

Любые физические способности нужно совершенствовать до тех пор, пока их качественное выполнение не дойдет до автоматизма, и постепенно повышать уровень сложности. Так и любая тренировка, направленная на работу над скоростными и координационными способностями, будет полезна до тех пор, пока не появится чувство привыкания к текущему уровню сложности. Так, для оценки скоростных способностей можно использовать аппаратно-программный комплекс австралийской компании FusionSport – беспроводную систему таймингoвых интерактивных ворот (включают два основных элемента: излучатель и отражатель) с возможностью моделирования различных двигательных тактических задач SmartSpeed.

Рисунок 10 – Аппаратно-программный комплекс SmartSpeed

SmartSpeed – это уникальная система тренировки, тестирования и развития реакции.

Беспроводные ворота (при включении образуется лазерный луч между излучателем и отражателем, который впоследствии необходимо пересечь спортсмену) удаленно контролируются беспроводным устройством и могут устанавливаться как в помещении, так и на открытом воздухе (рисунок 10). Специфика

возможностей варьируется от обычного замера времени до моделирования тактических упражнений, где количество участвующих может достигать 30–40 человек. Кроме того, существует возможность работы в режиме реального времени мобильного приложения на мобильных устройствах iOS либо Android. До четырех пар ворот могут быть объединены вместе на одном мобильном устройстве, что позволяет создать до 8 контрольных точек отсчета. Гибкий протокол “Free-Timing” позволяет создавать различные варианты тестирований в зависимости от целей и задач, а также учитывая специфику вида спорта.

Целью является выполнение заданий за минимальный промежуток времени одновременно с соблюдением правильной последовательности пересечения промежуточных ворот.

Обычно соревнования проходят в условиях сильной конкуренции, высокого уровня волнения и ответственности для гимнасток. Учитывая все сбивающие факторы, не у всех и не всегда упражнение проходит так, как было запланировано, но потому как второй попытки правилами не предусмотрено, спортсменкам очень важно уметь быстро и своевременно реагировать на сложившиеся внешние обстоятельства. Для развития соответствующих качеств в системе SmartSpeed есть необходимая функция – оценка и развитие реакции, которая заключается в прохождении тестов, регистрирующих: время реакции и первого движения, время реакции на изменение направления движения, время на принятие решения, а также развивающих периферическое зрение. Дополнительные устройства из комплекта SmartSpeed Pro:

- SmartJump – контактный мат со встроенными датчиками, позволяет производить измерения высоты, силы и времени прыжка;
- SmartStart – сканер для RFID-браслетов, позволяет автоматически устанавливать текущего спортсмена, для этого спортсмен должен поднести свой браслет к сканеру;
- SmartShox – контактные датчики, позволяют производить измерение точности попадания;
- StartPad – система ручного старта;
- SmartScore – табло отображения данных;
- SmartCapture NEXT – система синхронизации с видео;
- PC RFID – система программирования браслетов с ноутбука.

После выполнения тестов полученные временные показатели контрольных отрезков сохраняются на планшетном компьютере и в облачном хранилище, данные с которых можно перенести в MS Excel.

SmartSpeed Pro дает возможность тренироваться в условиях сложных тактических и двигательных задач и оперативно получать качественные результаты в режиме реального времени.

Использование модуля GPS “CATAPULT PLAYERTEK+” в процессе спортивной подготовки футболистов

Рисунок 11 – Модуль GPS “CATAPULT PLAYERTEK+”

Австралийская компания Catapult Sports в 2009 году разработала трекинговую систему Player для целенаправленных тренировок по футболу. С ее помощью ведущие клубы, такие как Borussia Dortmund («Боруссия» Дортмунд), AC Milan (Милан), Atletico Madrid (Атлетико Мадрид), Chelsea (Челси), Paris Saint-Germain (Париж Сен-Жермен) и Bayern Munich («Бавария» Мюнхен) готовятся к матчам.

В профессиональном футболе многие игроки носят специальные нагрудники как во время тренировок, так и во время игр. Нагрудники предназначены для крепления специальных датчиков – высокоточных, передовых GPS-трекеров, с помощью которых собирается информация для тренеров и персонала, в их числе скорость, пройденная дистанция и общая нагрузка на игрока.

Трекеры Catapult Sports стали одним из мировых лидеров в создании устройств для спортсменов. Данное устройство может быть использовано в более чем 20 видах спорта для анализа оценки тактических и технических приемов, оценки работоспособности спортсмена и уровня тренировочной нагрузки [2].

Система Catapult Playertek + имеет следующие технические характеристики:

1. Трекер работает на частоте 10 Гц (данные обновляются десять раз в секунду), что является усовершенствованием системы с высокой точностью. Датчики Catapult улавливают сигналы спутников GPS и Глонасс (спутниковая система), тем самым удваивая точность измерений.

2. Результаты измерений хранятся во встроенной памяти (4 Гб). Через Bluetooth устройство передает их в приложение для смартфона. Здесь можно найти показатели скорости движения, расстояния, рабочей нагрузки, интенсивности тренировки.

3. На основе данных GPS автоматически составляются карты тепла, которые показывают, как игрок двигался на поле. Приложение сравнивает игру владельца с результатами выступлений высококвалифицированных футболистов из Премьер-лиги.

4. Заряда литий-ионной батареи датчика хватает на 3 матча. Данная система имеет функцию интеллектуальной активации (включения сразу после установки модуля).

5. В программе имеется несколько модулей с различными функциями:

- наличие искусственного интеллекта (ИИ), благодаря которому гаджет предлагает варианты программ о подготовке, выступлении и восстановлении спортсмена. Разработчики из Catapult называют эту рекомендательную тренировочную систему AI SmartCoach. Исходя из собранных личных данных, ИИ адаптирует показатели к возрасту, полу, положению и графику футболиста. «Электронный» тренер, помогает подобрать оптимальный режим дня, включая питание и сон.
- “PlayerLoad” (нагрузка на игрока), который измеряется внутренними сенсорами датчика. Технология позволяет индивидуально выстраивать тренировочный процесс для каждого футболиста и регулировать его в течение недели между матчами. Она показывает объем работы, который выполняет спортсмен, – можно посмотреть в какие моменты тренировки ваши игроки затрачивают максимальное количество усилий. Другими словами, если в день перед игрой тренер хочет, чтобы спортсмены выкладывались на тренировке на 50 %, он может увидеть данные и убедиться, что игроки придерживаются ограничений.

Показатель “PlayerLoad” (нагрузка на игрока) может также использоваться во время восстановления игрока после травмы. Когда игрок только приступает к тренировкам после восстановления, можно отслеживать объем работы, который он выполняет, чтобы спортсмен не подвергался риску, что часто случается во время игр. После того, как тренер увидел данные, он может скорректировать тренировочный процесс для снижения риска повторного травмирования.

Обладая всеми данными, определяющими физическую результативность во время соревнования, комбинация тактических приложений и устройств Catapult для использования как в помещении, так и на открытом воздухе, дает спортсменам возможность использовать платформу в качестве цифровой схемы игры на их iPhone, iPad и ноутбуках в режиме реального времени.

6. Облегающие жилеты с датчиками – это оптимальный способ прикрепить устройство на тело игрока и расположить датчик близко к телу спортсмена. Это повышает точность полученных данных и не доставляет неудобств при его использовании во время игр.

7. Все данные передаются на компьютер для дальнейшего анализа. На основании полученных результатов можно установить спортсменам правильный уровень нагрузок, не допуская варианта недостаточного объема нагрузки или перетренированности.

С развитием подобных технологий изменяются и требования к подготовке специалистов, работающих с ними, ведь эти программы постоянно совершенствуют, расширяют их диапазон, они становятся более объемными. Каждый новый продукт компании Catapult схож с предыдущей версией, поэтому специалистам в различных футбольных клубах, которые работали с датчиками предыдущего поколения, нужно около недели на адаптацию к новой версии.

Таким образом, введение новых разработок в тренировочный процесс спортсменов дает ряд преимуществ перед обычными тренировками – можно оптимизировать тренировочный процесс и спрогнозировать будущие спортивные результаты.

Тренажер BlazePod

Время реакции визуального выбора – один из важных показателей при изучении скорости получения, обработки координированной реакции периферических движений. Спортсменам необходимо отличное зрение, чтобы хорошо выступать в видах спорта, и многие спортсмены обратились к программам тренировки зрения как к способу дополнить свой традиционный режим тренировок.

Растущая практика тренировки спортивного зрения основана на представлении о том, что тренировка зрительного восприятия, когнитивных или глазодвигательных функций может улучшить способность обрабатывать увиденное и реагировать на него, тем самым улучшая спортивные результаты, например, создать конкурентное преимущество на игровом поле.

Например, для проведения таких функциональных тренировок можно использовать тренажер BlazePod. Тренажер BlazePod представляет собой набор из 6, 12, 24 сенсорных светодиодных датчиков, которые прочные и защищены от брызг (IP65) и ультрафиолета, без кнопок или движущихся частей, могут работать 12 часов работы от одной зарядки и настраиваться на 8 различных цветов (рисунки 12, 13).

Для BlazePod разработана система упражнений Flash Reflex Training, с помощью которой можно совершенствовать скорость принятия решений, точность движений и координационную выносливость. Тренажер может использоваться для тренировочного процесса в следующих видах спорта: футбол, баскетбол, хоккей, боевые искусства, фитнес, соревнования по ОФП, автогонки, волейбол, теннис, гандбол, скалолазание, а также для реабилитации (рисунок 14).

Принцип работы тренажера достаточно прост. Сначала выбирают из системы Flash Reflex Training одно из более 100 упражнений в мобильном приложении BlazePod для смартфона. Далее через беспроводную портативную систему Bluetooth Low Energy включается свет и датчики с заранее запрограммированными упражнениями. Таким образом можно проходить различные учебные модули, составлять индивидуальные программы тренировок

и измерять эффективность выполнения упражнений с точностью до миллисекунды. Портативная система хранения датчиков позволяет легко транспортировать тренажер для использования в различных условиях тренировочных занятий. Предусмотрена возможность крепления датчиков на любую поверхность с помощью набора функциональных адаптеров для крепления на стену, стекло, стойки, штанги, ворота, мешки и другие снаряды.

Рисунок 12 – Тренажер BlazePod™

Рисунок 13 – Технические характеристики тренажера BlazePod™

Рисунок 14 – Применение BlazePod™ для тренировок в футболе

Режимы работы тренажера можно регулировать. Приложение BlazePod включает несколько десятков встроенных упражнений и 5 режимов создания собственных упражнений:

1. «Случайный режим». Датчики в каждой группе загораются в случайном порядке. Настраивается количество групп, игроков, время упражнения и задержка между сигналами.

2. «Все одновременно». Датчики в каждой группе загораются одновременно, задача «погасить» все за минимальное время, или максимальное количество за данное время.

3. «Возврат на базу». Один из датчиков назначается «базовым», остальные – угловыми. Спортсмен должен «погасить» угловой датчик и вернуться к базовому. Настраивается задержка каждого типа датчика, количество игроков, цвета датчиков, время упражнения.

4. «Фокус». В этом режиме нужно реагировать на разрешенные цвета и не реагировать на запрещенные. Настраиваются цвета, задержки, общее время или количество сигналов.

5. «Последовательность». В этом режиме вы задаете последовательность в которой будут загораться датчики.

С помощью системы Flash Reflex Training BlazePod можно построить или усовершенствовать упражнения на координацию, скорость, реакцию, технику, точность, способность быстро принимать решения. Можно подбирать упражнения, режимы, интенсивность и количество участников (игроков). Для создания индивидуальных программ тренировок необходимо учитывать некоторые принципы для формирования упражнений:

1. BlazePod может заменить сигналы тренера (таблички, называние цветов, жесты, команды для смены направления движения и др.). У тренера появляется возможность непрерывно наблюдать за спортсменами и комментировать выполнение упражнения, не отвлекаясь на создание сигналов.

2. С помощью BlazePod можно проводить тесты, например, на реакцию выбора, или использовать как таймер в челночном беге, замеряя точное время каждого касания.

3. Для любой спортивной активности можно создать когнитивную нагрузку, поручив спортсмену реагировать на BlazePod (например, называть цвет, работая на лапах, или выбирать путь в зависимости от цвета, атаковать определенный цвет).

4. Добавив BlazePod в любое упражнение, можно разнообразить тренировки и поднять мотивацию спортсменов.

Например, в футболе тренажер BlazePod можно использовать для оценки уровня развития и совершенствования маневренности у юных футболистов:

А. «Быстрые ноги» – высокоинтенсивное упражнение для ног:

1. Положите перед игроком 4 BlazePod.

2. Выберите случайный режим, 4 игрока на 1 станцию (по 1 датчику на игрока), установите время 1,5 секунды, выберите двум игрокам зеленый цвет, двум игрокам красный. Установите задержу между датчиками в 0,5 секунды.

3. Во время упражнения игрок должен сделать короткий мах/подшаг в сторону «зеленых» датчиков.

Модификации упражнения:

1. Можно менять задержку и расстояние между датчиками под разные уровни подготовленности.

2. Можно настроить несколько станций, чтобы упражнение делали несколько игроков одновременно.

3. Вместо 4 игроков можно сделать 4 станции, задать каждому игроку красный и зеленый цвета, тогда на каждом шаге теста соотношение красных и зеленых датчиков будет случайным.

В. Тест на реакцию (вратари):

1. Положите перед двумя вратарями/игроками 4 или 6 датчиков.

2. Выберите случайный режим с 2 игроками и 1 станцией.

3. Выберите режим BlazePod «все вместе», переключение по таймеру, задержка 5 секунд, 4 цвета.

4. Задача вратаря: желтый цвет – коснуться конуса слева, зеленый – конус справа, синий – кувырок, красный – принять удар.

В этом упражнении группа игроков может выполнять одно упражнение, каждый вратарь находится в равных условиях, а тренеру не нужно давать сигналы руками, и он может выполнять другую задачу.

Модификации упражнения:

1. Можно использовать больше или меньше цветов, менять реакцию на цвета.

2. Работать могут не вратари, а игроки, тогда реакцией может быть «обвод конуса», «пас в щиток» и т. п.

3. BlazePod можно расположить за спиной игрока на шесте, чтобы тренировать «пространственную осведомленность».

При оценке эффективности использования устройства Blazepod для совершенствования маневренности у юных футболистов установлено, что при выполнении 3 упражнений на реактивную ловкость (реактивная ловкость с боковым перемещением, реактивная ловкость на 1 м и реактивная ловкость на 3 м) с интервалом не менее 72 часов и выполнении стандартной межсезонной программы подготовки футбольной команды, маневренности и реактивной маневренности, при помощи устройства Blazepod можно точно измерять показатель реактивной ловкости и совершенствовать маневренность спортсменов, что дополнительно подтверждается субъективным восприятием тренера показателей ловкости спортсмена.

Таким образом, учитывая возможности Blazepod, следует отметить, что данный тренажер может быть использован в качестве дополнительного средства совершенствования специальных физических качеств спортсменов в различных видах спорта.

Разнообразие тренировочного процесса: тренажер BlazePod

Новая технология (BlazePod™), которая измеряет время отклика (RT), в настоящее время представлена на рынке и используется профессионалами в области силовой и физической подготовки. BlazePod – устройство, которое помогает спортсменам разнообразить тренировки в спортзале. Оно оснащено вспышкой, которая подает сигнал владельцу, что пора совершить определенное действие. Какое конкретно – это зависит от выбранного упражнения. Тренажер отвечает всем требования современных тренировок – работает в связке со смартфоном, поэтому у вас всегда будет быстрый доступ к аналитике вашего спортивного прогресса.

Тренеры могут использовать как одно, так и несколько устройств BlazePod, работающих в связке. По словам создателей, при помощи BlazePod можно сформировать больше сотни упражнений на разные группы мышц. По заявлению создателей устройства, применение BlazePod помогает улучшить тренировки, используя визуальные подсказки и побуждает спортсменов проверить свою скорость и время реакции. Комплекс позволяет просматривать различные учебные модули и измерять показатели с точностью до миллисекунды. Модули ударо- и водостойкие, имеют емкий аккумулятор, позволяющий проводить тренировки до 8 часов без подзарядки в экстремальных тренировочных условиях.

Известно, что тренировочные упражнения через несколько этапов подготовки становятся недостаточно эффективными для развития необходимых двигательных способностей. С помощью тренажера BlazePod можно решить эту педагогическую задачу посредством использования специального алгоритма, генерирующего сигналы в случайном порядке, что позволяет избежать монотонии при выполнении большого объема физических упражнений.

Создатели разработали специальную рефлекторную систему “Flash-Reflex”, которая позволяет связывать смартфон с устройством. Проблема заключается в том, что протокол Bluetooth Low Energy (BLE) не оптимизирован для двусторонней связи «один-ко-многим». Его использование привело бы к задержке в реальной производительности и неточным измерениям или даже не позволило бы модулям работать вообще.

Для BlazePod была разработана собственная программная платформа, которая позволяет создавать двунаправленный беспроводной протокол поверх стандарта BLE, доступного на любом смартфоне. Таким образом удалось значительно оптимизировать время передачи данных, чтобы мобильное приложение BLAZEPOD могло точно измерять действия каждого пользователя, независимо от количества используемых модулей или количества обучаемых, использующих систему. Это означает, что BlazePod надежен, быстр и точен в измерениях в диапазоне до 50 м, даже при одновременном подключении нескольких модулей. В библиотеке приложения BLAZEPOD находятся десятки упражнений, которые разбиты по категориям по различным направлениям профессионального спорта, фитнеса и занятий для реабилитации.

Комплекс упражнений, который представлен в программном обеспечении тренажера, помогает тренерам легко включить использование тренажера в программу тренировок, особенно на первых этапах использования BLAZEPOD. Библиотеку упражнений можно регулярно обновлять через сеть Интернет, пополняя новыми упражнениями и вносить разнообразие в тренировочным процесс.

Большинство упражнений с BlazePod направлены на развитие реактивной координации или ловкости. В отличие от спланированной координации при одиночном выполнении упражнений, где спортсмен оттачивает навыки и скорость в статичных условиях, при реактивных упражнениях он также учится следить за внешней средой. Совершенствование простой двигательной реакции для спортсмена представлена в игровой форме, при этом спортсмену становится необходимо постоянно реагировать на изменяющиеся условия и обстановку вокруг себя.

Эффективность использования тренажера была убедительно продемонстрирована в исследованиях бразильских ученых, которые оценили надежность (повторяемость) повторного тестирования технологии BlazePod™ в течение заранее определенного действия, чтобы предоставить информацию об уровне согласия и величине ошибок, возникающих при использовании технология. Эта информация может помочь практикам и исследователям в использовании технологии BlazePod.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СМАРТ-СИСТЕМ ДЛЯ АНАЛИЗА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИКИ УДАРОВ В ФУТБОЛЕ

Разуванов Владимир Михайлович, ведущий специалист информационно-аналитического отдела, старший преподаватель кафедры менеджмента туризма и гостеприимства БГУФК

Эффективность ударов ногами является основным фактором, обеспечивающим конечный командный успех в футболе [13], поскольку вне зависимости от иных технико-тактических действий, именно с помощью удара ногой, обеспечивается большинство голевых окончаний атакующих игровых действий, кроме того, без эффективных и точных ударов невозможно гарантировать качественную передачу мяча – основного элемента тактических командных действий.

В футболе используется множество типов и стилей ударов в зависимости от технико-тактических целей и индивидуальных особенностей игроков. Удар подъемом является наиболее мощным в футболе, удар наклбол наделяет мяч непредсказуемой траекторией [8]. Закрученный (крученый) удар, или удар по дуге фокусируется на создании момента вращения мяча и наиболее эффективен при выполнении штрафных ударов с различных расстояний и позиций относительно ворот, а также при организации стратегических маневров. Закрученный удар считается одним из наиболее сложных технических элементов в футболе. Хотя аэродинамика и биомеханика удара ногой были рассмотрены и достаточно подробно исследованы в ряде работ [13, 8, 16, 2], расширенные параметры движения внешней части стопы, такие как перемещение центра давления, приложение силы удара во времени, имеющие большое значение для конечной эффективности данного технического элемента, зачастую упускались из виду.

Повышение качества измерения различных динамических и кинематических параметров во время выполнения ударов ногами может дать важную дополнительную информацию, которая будет способствовать совершенствованию ударных навыков и повышать общую результативность спортсмена-футболиста.

Однако измерение таких параметров может быть затруднено из-за чрезвычайно короткого времени контакта ноги и мяча во время удара, составляющего менее 10 мс при максимальном сильном ударе подъемом [13]. Ранние исследования ударов ногой в футболе использовали технологию высокоскоростной визуализации [13], системы анализа движения [16] и радарные пушки [9]. В частности, были исследованы различия между ударами мяча босиком и в обуви при помощи динамических датчиков Pedar (Novel Inc.), фиксирующими контакт между ногой спортсмена и мячом и отображающими распределение силы удара [12]. Также были проведены исследования с использованием методов компьютерного моделирования для анализа основных характеристик удара по мячу в ударной фазе с использованием высокоскоростных камер [4].

Таким образом, в целом можно сделать вывод о том, что наблюдается определенный дефицит систем измерения, позволяющих захватывать и анализировать достаточно большие объемы данных с высокой точностью.

Датчики давления, весьма перспективные в контексте исследования динамических и кинематических характеристик, использовались для измерения расширенных параметров удара ногой по мячу лишь эпизодически. Традиционно используемые во множестве спортивных приложений датчики давления обычно основаны на пьезорезистивных электропроводных материалах, которые уменьшают свое электрическое сопротивление при повышении давления на поверхность.

Глубокий анализ перспектив использования такого рода технологий в футболе изложен в статье австралийских исследователей, которые представили проект инновационной, относительно недорогой многоузловой платформы, обладающей уникальным дизайном, предназначенным для измерения давления в системе интеллектуальных футбольных сенсоров [22]. Сенсорная платформа изготовлена из пьезорезистивного материала с базовой электронной конструкцией, интегрированной в футбольную обувь и снабженная инструментами, обеспечивающими измерение множества параметров удара по мячу с биологической обратной связью и 4D-векторной диаграммой удара. Исследователи сконцентрировались на анализе удара по дуге как наиболее сложном с технической точки зрения.

Основной идеей инновации является разработка сенсорной системы Smart Soccer Boot для измерения распределения давления между ногой и мячом и расчета расширенных параметров, таких как величина силы удара, точка приложения давления, и в особенности, расчет траектории движения точки приложения давления во время ударной фазы.

Сенсорная часть системы включает в себя числовую визуализацию обратной связи для отображения местоположения (ориентация ячеек) и величины давления, приложенного к поверхности (выраженной в вольтах). Сенсорная зона первичного образца была изготовлена из пьезорезистивного полимерного материала (Rmat1, код материала RMIT) и состояла из 16 датчиков (14×14 мм на размер ячейки) при общем размере 56×56 мм. В дальнейшем исследователи определили оптимальную площадь поверхности сенсора, соответствующей футбольной обуви, а также величину давления, прилагаемую к поверхности. В результате был изготовлен прототип из 16 ячеек (20×20 мм на размер клетки) при общей площади 83×83 мм, который был вмонтирован в футбольные бутсы и использовался в дальнейших исследованиях биодинамических и пространственных характеристик удара по мячу. Данная технология позволяет варьировать количество сенсорных элементов (клеток), их размер, а также общую площадь сенсорной пластины в достаточно широких пределах в зависимости от целей исследования, параметров точности, а также размеров спортивной обуви.

Ориентация систем координат датчика показана на рисунке 1.

Декартова система координат инструментальной обуви включает ось X, направленную от центра стопы вправо, и ось Y, направленную от центра в направлении пальцев. Следовательно, когда в момент удара мяч оказывает давление на сенсорную сетку, электрическое сопротивление соответствующих узлов (подвергшихся давлению) снижается, данные могут быть зарегистрированы и использоваться для дальнейшего анализа. При этом фиксируется величина давления, местоположение точки приложения силы и траектория точки приложения давления во время удара.

Рисунок 1 – Система координат датчика на бутсах

В основу конструкции вычислительной системы с целью обеспечения возможности выполнения точных измерений, удовлетворению требований компактности и переносимости (минимальный размер 35×18 мм, вес 5 г) была использована мощная и недорогая плата микроконтроллера Teensy 3.1 (32-битная Cortex-M4 72 МГц, PJRC), производимая в Орегоне, США. Кроме того, была выбрана электронная печатная плата, несущая все дополнительные компоненты и установленная поверх микроконтроллера.

Основной принцип работы электронного проектирования состоит в том, что программируемый чип генерирует электрический сигнал от 0 до 3,3 Вольт через верхние электроды и считывает данные через нижние. Платформа Arduino (Arduino v1.0.6 IDE, Teensyduino 1.22) использовалась при программировании микроконтроллера для чтения и генерации электрических сигналов по каждому узлу и обратно (посредством языка C). Для обеспечения помехоустойчивости сенсорной платформы был оставлен небольшой зазор в 1 мм между каждой из ячеек, что предотвращает наложение перекрестных электронных шумов, которые могут быть вызваны изгибом материала или физическим соединением узлов при приложении давления.

Следует отметить, что из-за системных ограничений каждая ячейка считывается индивидуально и последовательно, при этом параллельно ячейки прочитаны быть не могут. Следовательно, основной код чтения сигналов происходит с интервалами задержки 50 мс между каждым узлом с тем, чтобы обеспечить электрическую стабильность системы. Проводящий материал был откалиброван для воздействий различной силы, кроме того, была определена главная кривая проводимости в зависимости от оказываемого давления.

Для проведения эксперимента, были выполнены удары по мячу в различных диапазонах силы (500–1500 Н). Сила удара и центр давления были рассчитаны на основе необработанных данных Smart Seber Sensory System и калибровочной кривой. Наборы данных в наибольшей степени соответствовали полиномиальной функции пятой степени. Минимальный порядок полинома был определен исходя из количества граничных условий движения центра давления в X- и Y-измерениях. Полиномиальная функция использовалась для расчета непрерывного набора данных для векторной диаграммы 4D, отображаемой на смоделированной частоте 400 кГц. Две кривых были проанализированы и обработаны для 4D-визуализации в AutoCAD.

Кодирование цветов относится к масштабам времени и охватывает радужный спектр от красного, оранжевого, желтого, зеленого, голубого и синего до пурпурного. Данный тип 4D-векторной диаграммы, кодированной цветом, использовался в различных целях, таких как построение силовых векторных диаграмм в скалолазании [11], векторных диаграмм силы и момента силы на примере шаров для боулинга [9], а также угловых диаграмм скорости и крутящего момента на примере шаров для крикета [10].

Преимущество силовых векторных диаграмм заключается в том, что они позволяют увидеть, оценить и проанализировать несколько параметров одновременно, таких как сила, сила трения и движение точки приложения давления на 3D-диаграмме. Кроме цветовой кодировки, векторная диаграмма добавляет еще один параметр – время, которое и формирует 4D-диаграмму. Диаграммы векторных сил отображаются так, чтобы направления сил, действующих на мяч и местоположение точки приложения давления были спроецированы на бутсы. Каждый вектор силы происходит от точки приложения давления. Начальные и конечные точки каждого вектора составляют 3DPOLY (LINE) в AUTOCAD.

Номер строки каждого вектора преобразуется в цвет AutoCAD в MS Excel с потолком уравнения (row ()*24/L, 1)*10 (1), где L – последняя строка номера массива данных (и первого номер строки=1). Данные Excel преобразуются в файл скрипта в MS Word (.SCR), при этом файл загружается в AutoCAD и добавляется в виртуальную модель футбольной бутсы.

В результате обработки данных было выявлено, что движение точки приложения давления при ударе описывается непрерывной кривой во всех случаях (рисунок 2), сначала перемещаясь назад и обратив направления движения в момент пиковой силы. Удивительно, но точка приложения давления движется в весьма ограниченных пределах – не более 1 см. Диаграммы векторов силы показаны на рисунке 3.

Точка приложения давления расположена на внутренней стороне подъема, типичная площадь контакта кривой – 4 см^2.

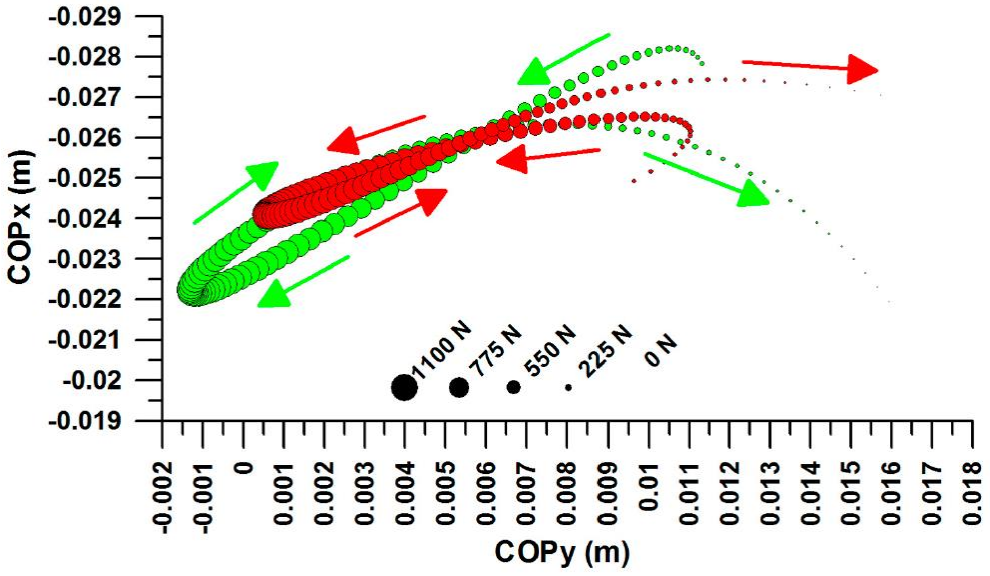


Рисунок 2 – Диаграмма движения точки приложения давления при ударе по мячу

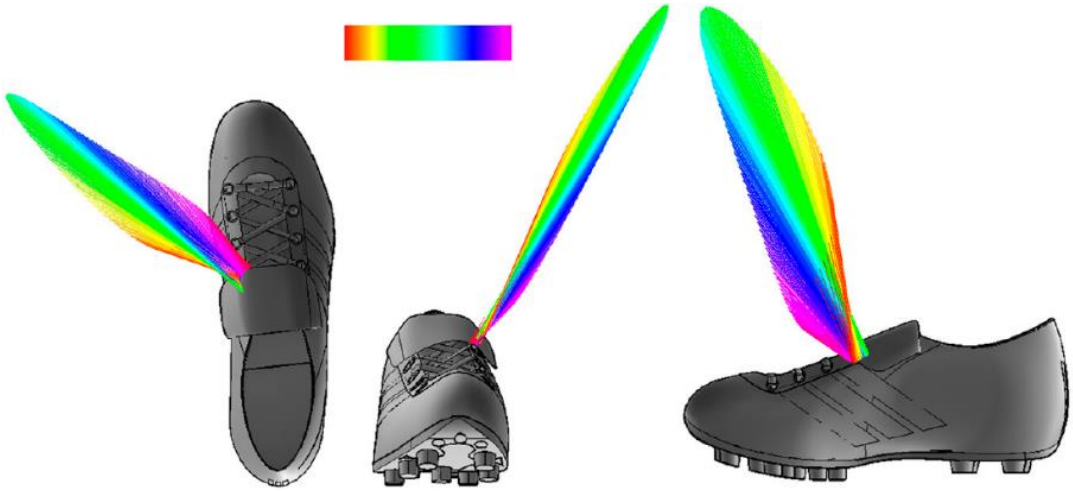


Рисунок 3 – Диаграммы векторов силы в момент удара по мячу, спроецированная на футбольные бутсы

Несмотря на низкие затраты на пьезорезистивный сенсорный материал, Smart Soccer Boot предоставляет весьма точные и воспроизводимые данные. Smart Soccer Boot может быть полезен для подсчета количества ударов, оценки величины силы удара, отображая центр приложения давления на бутсах, а также вычисляя корреляцию между движением центра приложения давления с силой и точностью удара.

Следовательно, можно рассчитывать на то, что будущем система может с успехом использоваться как в научных, так и педагогических целях. Представляется методически оправданным и перспективным использование данной системы в сочетании со звуковой / тактильной / визуальной биологической обратной связью, что может быть технически реализовано посредством использования приложения для носимых смарт-устройств (смартфон, браслет, смарт-часы) в целях мониторинга и повышения эффективности ударов по мячу у футболистов.

Результаты, приведенные в рассматриваемом исследовании [22], имеют ограниченный характер ввиду относительно небольшого объема аналитических данных, однако они помогают информативно и достаточно точно проиллюстрировать движение центра приложения давления во время весьма короткой фазы взаимодействия бьющей ноги и мяча в процессе производства удара по дуге.

Таким образом, такие важные параметры удара по мячу в футболе как величина силы удара, местоположение и траектория движения точки приложения давления могут быть измерены и отображены с использованием описанной инновационной, недорогой зондирующей электронной смарт-платформы.

Дальнейшее развитие методологии использования технологии Smart Soccer Boot (Smart Soccer Shoe) приводится в исследовании, проведенном группой авторов из Германии [4].

Авторы отмечают, что поскольку футбол является наиболее популярным видом спорта в мире, в изучение научных закономерностей, лежащих в его основе, было вложено множество усилий, в том числе направленных на понимание закономерностей движения футбольного мяча.

Наука серьезно продвинулась в понимании физики данных процессов, перейдя от классических математических моделей «снаряда» [5] до более современной аэродинамики траектории полета мяча [14, 15], которая моделирует влияние более широкого спектра факторов, таких как вращение, шероховатость поверхности, геометрия швов, форма заплат и др. Эти исследования охватывают данные о траектории движения мяча, измеренные системами высокоскоростных камер как при ударах мяча, производимых реальными игроками, так и при запуске мяча с помощью специальных машин. Также широко используются носимые системы для изучения кинематики и динамики ударов и пасов на основе инерциальных измерительных блоков (IMU) [18].

Однако реальный физический контакт при ударе по мячу (между поверхностью обуви и мячом) изучен до сих пор недостаточно. Ограничения в основном связаны с тем, что контрольно-измерительные приборы не должны изменять физические свойства контактной поверхности, которая является эластичной и имеет неправильную форму, кроме того, исследования затрудняет уже отмеченные временные ограничения времени удара (менее 20 мс), что затрудняет реализацию измерений без непосредственного контакта.

Авторы разработали ряд решений, в существенной степени преодолевающих вышеуказанные проблемы и позволяющих детально отслеживать взаимодействие между бутсами и мячом. Вместо того, чтобы вводить дополнения к обуви, видение новаторов состоит в том, чтобы сенсорный элемент был в конечном итоге интегрирован в материал поверхности обуви ненавязчивым образом, при этом желательно, чтобы он был изготовлен вместе с обувью. С данной целью авторы тесно сотрудничали с производителем обуви Adidas.

Инновационные решения основаны на разработанной матричной технологии сенсора давления ткани [6], которая уже была апробирована для мониторинга выполнения упражнений в тренажерном зале [19].

В частности, исследователи предложили следующие инновации.

Разработана специальная схема датчиков для футбольных бутс, отличающаяся тем, что большая часть задействованной поверхности обуви покрыта тканью с датчиками давления (ранее поверхность существенно ограничивалась) (рисунок 4). Электронная основа включает в себя высокоскоростную беспроводную передачу данных Bluetooth Classic и имеет миниатюрные размеры.

Также были выработаны различные методы извлечения информации, необходимой для анализа удара на основе данных картирования давления.

Авторами были исследованы удары с различным вращением стопы вокруг осей, произведенные с различной скоростью, с различным смещением центра удара по мячу влево и вправо.

Оценка результативности работы системы производилась в строго контролируемых условиях. С этой целью была использована «нога бьющего робота», которая является стандартным методом, используемым производителями обуви для систематической и количественной оценки качества новых футбольных бутс и мячей. Исследователи варьировали угол удара от –20º до 50º и скорость маха ногой от любительского уровня (10 м/с) до профессионального (20 м/с). Всего было оценено 15 комбинаций плюс два дополнительных условия для нецентрального удара.

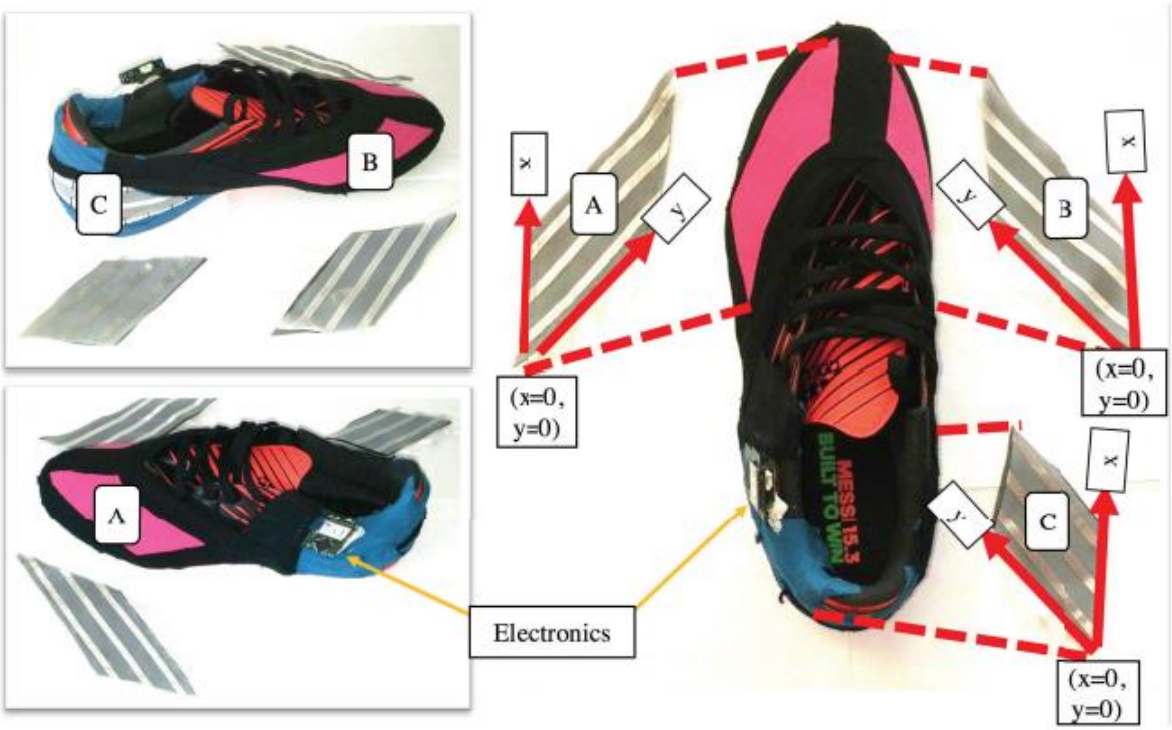


Рисунок 4 – Футбольные бутсы с сенсорными накладками

Лучшая результативность ударов достигла практически 100 % точности для всех 15 комбинаций. С помощью разработанных алгоритмов система изолирует вариацию от центральной тенденции из вышеупомянутых 15 классов со 100 % точностью. Хотя исследователи определяли классы испытаний параметрическими конфигурациями «ноги робота», влияние данных параметров на фактическую траекторию полета хорошо изучено в соответствующей литературе [17] и учтено при разработке приборов. Фактически, в контролируемых условиях их можно непосредственно использовать для прогнозирования траектории полета мяча. Однако в реальной игре на результативность могут оказывать существенное влияние и иные факторы, в первую очередь связанные с игроком, при этом возможность контролировать эти параметры является ключевым аспектом возможности выполнения конкретных ударов.

Таким образом, представленные «умные футбольные бутсы», в которых для обнаружения и анализа взаимодействия между ногой игрока и мячом используются текстильные матрицы, чувствительные к давлению, показали свою эффективность. Миниатюрная, не оказывающая влияния на игрока сенсорная система, состоящая из двух матриц 3×4 и одной матрицы 3×3, дискретизированных с частотой более 500 Гц с маломощной электроникой, обеспечивает непрерывную работу (включая беспроводную передачу) в течение 8 часов с использованием небольшой литий-полимерной батареи 800 мА/ч при интеграции с любым андроид-совместимым устройством. Было показано, что такие важные параметры анализа удара как контактная скорость и контактный угол, могут быть надежно получены из сигналов датчиков. Система выдержала экстремальные удары, в результате которых скорость мяча превышала 100 км/ч.

Результаты, представленные в данной статье, показывают, что простой датчик давления на текстильной матрице, встроенный в футбольную обувь, может

предоставить информацию, достаточную для целей надежной дифференциации различных способов ударов ноги игрока по мячу. Следующим перспективным шагом может быть объединение описанной функции с инерционными датчиками, встроенными в бутсы, что позволит расширить представление о том, насколько точно возможно предсказать характеристики удара по мячу в реальной игре.

Популярными и перспективными смарт-технологиями, используемыми в современном футболе, наряду с «умными бутсами» являются смарт-мячи и специальное цифровое оборудование для подачи мячей (пушки, роботы и т. д.). Пример эффективного сочетания данных технологий был реализован специалистами Технического университета Сиднея при исследовании одного из наиболее популярных и парадоксальных с точки зрения физики полета мяча удара – наклбол.

Термин «наклбол» на спортивном жаргоне используется для описания мяча, который был запущен с минимальным вращением, что приводит к неустойчивой и непредсказуемой траектории полета, что обеспечивает сложность ловли мяча, например, вратарем. Это явление впервые наблюдалось в бейсболе (откуда и возник этот термин) и с тех пор активно применяется в других видах спорта с мячом. Наклбол уже давно «очаровывает» научное сообщество, при этом основная часть исследований сосредоточена на исследовании наклбола в бейсболе. Однако после внесения изменений в конструкцию футбольного мяча после чемпионата мира 2006 года футболисты стали широко использовать наклбол и новые аэродинамические свойства мяча.

Австралийские исследователи разработали и экспериментально оценили систему, которая смогла воспроизвести эффект наклбола на футбольных мячах. Система включала в себя смарт-мяч Adidas miCoach Smart Ball, соответствующее приложение для смартфона [1], обеспечивающее сбор данных, машины для запуска мячей с программируемыми функциями, а также системы слежения на основе видео и программного обеспечения для анализа движения Tracker (рисунки 5, 6).

Рисунок 5 – Смарт-мяч “Adidas MiCoach Smart Ball”

Мяч Adidas MiCoach Smart Ball сконструирован в соответствии с техническим регламентом Международной федерации футбола (ФИФА) с точки зрения веса и размера и имеет традиционную термоскрепленную конструкцию из 32 панелей. Внутри мяча традиционная шаровая камера модифицирована для размещения шестиосевого датчика акселерометра. Блок датчиков подвешен по центру камеры на 12 наборах кевларовых петель.

После того, как пользователь осуществил удар по мячу, информация, полученная от сенсора, обрабатывается и выводится на подключенный Bluetooth-совместимый смартфон. Предполагается, что дополнительный комплект датчиков и система подвески не влияют на характеристики мяча с точки зрения движения, аэродинамики и тактильных ощущений игрока, иными словами, мяч должен вести себя так же, как и любой стандартный мяч при тех же обстоятельствах. Adidas MiCoach Smart Ball используется для предоставления дополнительных данных, которые обычно трудно измерить с высокой точностью с помощью внешних фиксирующих устройств, например, для определения момента вращения и динамических характеристик удара.

Система подачи мячей Ball Training Machine производится Датской компанией Ball Training Machine APS (рисунок 6).

Конструкция Ball Training Machine APS направлена на наиболее точную имитацию удара по мячу ногой, в отличие от пусковых установок, в которых для запуска мяча используются ролики. Сила рычага изменяется с помощью приводов, прикрепленных к пружинным механизмам и может варьироваться в зависимости от того, какие данные вводятся в систему. Для задания необходимых характеристик используется система программируемого логического контроллера, обеспечивающего управление различными исполнительными механизмами и датчиками, задающими требуемое усилие на основе ввода пользовательских данных.

Рисунок 6 – Система подачи мячей Ball Training Machine APS

Результаты тестирования показали, что данная система успешно воспроизводит поведение футбольного мяча при ударе наклбол с высокой степенью надежности и воспроизводимости. Данные датчика из приложения miCoach и данные о траектории из программного обеспечения для анализа движения Tracker показали, что модели полета мяча постоянно воспроизводятся в соответствии с теоретической динамикой.

Хотя данное исследование носило преимущественно научно-теоретический характер, описанная методология на основе применения смарт-мячей, программируемых систем подачи мяча, при фиксации параметров полета системой трекинга с применением высокоскоростных камер может быть с успехом использована в тренировочных целях, в том числе при разработке оптимальных моделей удара по мячу на основе данных технических устройств с последующим воспроизведением заданных модельных характеристик реальным игроком. Такого рода технические решения могут позволить не только смоделировать «идеальные» параметры удара, но и спрогнозировать возможные отклонения в траектории полета мяча в зависимости от совершения тех или иных технических ошибок, вариации тех или иных динамических, кинетических, или пространственно-временных параметров.

Резюмируя приведенные выше данные, можно с высокой степенью вероятности утверждать, что перспективные смарт-технологии, используемые в учебно-тренировочных целях в футболе, будут основаны на одновременном использовании смарт-мячей, фиксирующих как инерциальные, так и пространственные параметры движения мяча, смарт-обуви, снабженной не только чувствительными к давлению пьезорезистивными материалами, но и инерциальными датчиками, а также систем скоростной видеофиксации и обработки данных. Носимые устройства будут все более компактизироваться и в перспективе не будут отличаться по своим свойствам от стандартной футбольной экипировки. Дополнение указанных систем смарт-устройствами подачи мячей, которые также будут приближаться по своим свойствам к бионическим позволит с высокой эффективностью моделировать различные технические элементы футбола и совершенствовать навыки футболистов.

Источники:

1. Adidas smart ball app [Electronic resource]. – Mode of access: http://micoach-smart-ball.appstor.io. – Date of access: 13.01.2023.
2. The curve kick of a football I: impact with the foot / T. Asai [et al.] // Sports Engineering. – 2002. – Vol. 5 (4). – P. 183–192.
3. Ball training machine [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.balltrainingmachine.com/en/index.html. – Date of access: 13.01.2023.
4. Smart soccer shoe: monitoring football interaction with shoe integrated textile pressure sensor matrix / Z. Bo [et al.] // In Proceedings of the 2016 ACM International Symposium on Wearable Computers, Heidelberg, September 12–16 2016 / Association for Computing Machinery. – New York, 2016. – P. 64–71.
5. Bray, K. Modelling the flight of a soccer ball in a direct free kick / K. Bray, D. Kerwin // Journal of sports sciences. – 2003. – Vol. 21.2. – P. 75–85.
6. Smart-surface: Large-scale textile pressure sensors arrays for activity recognition / J. Cheng [et al.] // Pervasive and Mobile Computing. – 2016. – Vol. 30. – P. 97–112.

7. Investigating the Knuckleball Effect in Soccer Using a Smart Ball and Training Machine / D. Eager [et al.] // Sensors. – 2022. – Vol. 22 (11). – P. 3984.

8. A valid and reliable method for measuring the kicking accuracy of soccer players / J. Finnoff [et al.] // Journal of Science and Medicine in Sport. – 2002. – Vol. 5 (4). – P. 348–353.

9. Fuss, F. K. Design of an Instrumented Bowling Ball and its Application to Performance Analysis in Tenpin Bowling / F. K. Fuss // Sports Technology. – 2009. – Vol. 2 (3–4). – P. 97–110.

10. Identification of key performance parameters during off-spin bowling with a smart cricket ball / F. K. Fuss [et al.] // Sports Technology. – 2011. – Vol. 4 (3–4). – P. 159–163.

11. Fuss, F. K. Instrumented Climbing Holds and Performance Analysis in Sport Climbing / F. K. Fuss, G. Niegl // Sports Technology. – 2008. – Vol. 1 (6). – P. 301–313.

12. Hennig, E. M. The influence of soccer shoe design on player performance and injuries / E. M. Hennig // Research in Sports Medicine. – 2011. – Vol. 19 (3). – P. 186–201.

13. The biomechanics of kicking in soccer: A review / A. Lees [et al.] // Journal of Sports Sciences. – 2010. – Vol. 28 (8). – P. 805–817.

14. Mehta, R. Sports ball aerodynamics: effects of velocity, spin and surface roughness / R. Mehta, J. Pallis // Metals and Materials Society. – 2001. – P. 185–197.

15. Oggiano, L. Aerodynamics of modern soccer balls / L. Oggiano, L. Sætran // Procedia Engineering. – 2010. – Vol. 2.2. – P. 2473–2479.

16. Sakamoto, K. Comparison of Kicking Motion Characteristics at Ball Impact between Female and Male Soccer Players / K. Sakamoto, T. Asai // International Journal of Sports Science and Coaching. – 2013. – Vol. 8 (1). – P. 63–76.

17. ROBOLEG: A robotic soccer-ball kicking leg / H. Schempf [et al.] // IEEE: Proceedings of 1995 International Conference on Robotics and Automation, Nagoya, Japan 21–27 May 1995. – Nagoya, 1995. – Vol. 2. – P. 1314–1318.

18. Inertial Sensor-Based Approach for Shot/Pass Classification during a Soccer Match / D. Schuldhaus [et al.] // In KDD Workshop on Large-Scale Sports Analytics, Sydney, 10–13 August 2015 / SIGKDD (Ed.). – Sydney, 2015. – P. 1–4.

19. Smart-mat: Recognizing and counting gym exercises with low-cost resistive pressure sensing matrix / M. Sondheim [et al.] // In Proceedings of the 2014 ACM international joint conference on pervasive and ubiquitous computing, Washington, September 13–17 2014 / Association for Computing Machinery. – New York, 2014. – P. 373–382.

20. Van den Tillaar, R. Influence of Instruction on Velocity and Accuracy in Soccer Kicking of Experienced Soccer Players / R. Van den Tillaar, A. Ulvik // Journal of Motor Behavior. – 2014. – Vol. 46 (5). – P. 287–291.

21. The elephant knee joint: morphological and biomechanical considerations / G. E. Weissengruber [et al.] // J Anatomy. – 2006. – Vol. 208. – P. 59–72.

22. Weizman, Y. Sensor array design and development of smart sensing system for kick force visualization in soccer / Y. Weizman, F. K. Fuss // Procedia Technology. – 2015. – Vol. 20. – P. 138–143.