4514 V
Р 991

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

На правах рукописи

РЯЗАНОВ Анатолий Гаврилович

УДК 796.012.13+796.015.1+796.422.12

РАЗВИТИЕ БЫСТРОТЫ ЛОКОМОТОРНЫХ ДВИЖЕНИЙ СПОРТСМЕНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕНАЖЕРНЫХ И ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИОННЫХ СРЕДСТВ

13.00.04 — теория и методика физического воспитания и спортивной тренировки (включая методику лечебной физкультуры)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата педагогических наук

Москва — 1984

Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском институте физической культуры.

Научный руководитель:

доктор педагогических наук, профессор РАТОВ И. П.

Официальные оппоненты:

доктор педагогических наук, доцент ГОДИК М. А.

кандидат педагогических наук,
старший научный сотрудник ИВАНОВ В. В.

Ведущая организация: Государственный дважды орденоносный институт физической культуры им. П. Ф. Лесгафта.

Защита состоится «14» ноября 1984 г., в 15 30 час., на заседании специализированного Совета К 046.04.01 Всесоюзного научно-исследовательского института физической культуры: Москва, ул. Казакова, д. 18.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Всесоюзного НИИ физической культуры.

Автореферат разослан «11» октября 1984 г.

Ученый секретарь специализированного Совета
НОВИКОВ А. А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Современный уровень мировых рекордов в легкой атлетике настолько высок, что для дальнейшего успешного выступления на международной арене и завоевания мировых рекордов необходимо совершенствовать систему спортивной тренировки, в которой развитие быстроты легкоатлетических локомоций играет решающую роль.

Актуальность. Формирование оптимальных высокоскоростных локомоторных движений путем использования "управляющей среды", когда вариации компонентов среды позволяют с самого начала обучения до достижения запланированного результата отрабатывать новые режимы биодинамических характеристик, по мнению И.П.Ратова (1976), представляет ценность тем, что впервые устраняются противоречия между объективными закономерностями физиологии, накладывающими ограничения на возможности совершенствования вследствие упрочения навыка, и постулатами педагогики, требующими добиваться прочного закрепления умений.

Анализ современной научно-методической литературы, посвященной проблемам быстроты локомоторных движений, свидетельствует о том, что до настоящего времени у исследователей и педагогов отсутствует единое мнение относительно закономерностей построения максимально быстрого локомоторного акта. Данное положение может быть объяснено чрезвычайной сложностью двигательной структуры спортсмена и, в связи с этим, недостаточной разработкой новых эффективных средств и методов развития быстроты таких движений.

Разработкой средств и методов для развития быстроты движений спортсмена занимались многие исследователи (Хоменков Л.С., 1953, Зациорский В.М., Филин В.П., 1962, Годик М.А., 1966, Верхошанский Ю.В., 1970, Донской Д.Д., 1971, Кузнецов В.В., 1971, Ратов И.П., Дьячков В.М., 1972 и др.). Общие принципы и основные

области применения тренажеров изложены в работах: Ратова И.П., 1972 , 1975 , Александрова О., 1978 , Аксенова В., 1978, Бозняка С., 1974 , Алабина В., Юшкевича Т., 1974, Зинковского А.В., 1972 и др. Многообразие и сложность механизмов двигательной деятельности человека в экстремальных условиях (спортивные движения) порождает массу технических решений для использования различных приспособлений в подготовке спортсменов, однако, не все они могут быть столь эффективны, чтобы при сопряженном принципе развития физических качеств и технического мастерства (Дьячков В.М., 1972, Ратов И.П., 1972) обеспечить более высокий темп становления сложного двигательного навыка по отношению к сложившимся классическим средствам и методам. Все это заставляет анализировать конструктивные решения и биомеханические основы техники движений в экстремальных проявлениях в их непосредственной связи.

Отметим, что универсальность локомоций, их решающая роль не только в легкой атлетике, но и во многих других видах спорта, подчеркивает насущную потребность в эффективных исследованиях.

Основная цель предпринятого нами исследования состоит в совершенствовании технической подготовки легкоатлетов, специализирующихся в скоростных локомоторных упражнениях.

В ходе данного исследования для достижения вышепоставленной цели решались следующие задачи:

I. Провести биомеханический анализ исследуемых упражнений с использованием инструментальных методов и математического моделирования.

2. Методически обосновать использование более совершенной конструкции тренажерного устройства "облегчающего лидирования".

3. Исследовать возможности модифицированного способа электрической стимуляции мышечных групп в скоростном беге.

4. Изучить особенности влияния разработанных средств на фактор быстроты в легкоатлетических локомоциях.

5. Педагогически обосновать эффективность использования разработанных и изученных средств для развития быстроты локомоторных движений у легкоатлетов.

Рабочей гипотезой нашего исследования явилось предположение, что с применением более совершенных технических средств как управляющих внешних условий можно управлять формированием ведущих биодинамических характеристик двигательной структуры спортсмена и способствовать оптимизации техники его скоростных движений.

Научная новизна и практическая значимость. В результате проведенных исследований разработан принципиально новый тренажер "бегущая дорожка" (авт.св. № 604561 и № 604562), позволяющий осуществить методический прием уменьшения передвигаемой массы, с помощью которого увеличивается скорость локомоторных движений легкоатлетов.

Впервые теоретически показано, с помощью каких механизмов увеличивается скорость бега при использовании тякового усилия вверх.

Изучено влияние методических приемов "облегчающего лидирования" на скорость локомоторного движения легкоатлетов, разработаны методики, позволяющие путем подбора внешних условий, действующих на спортсмена, осуществлять коррекцию элементов двигательной структуры локомоции при формировании и совершенствовании двигательного навыка.

Проведена экспериментальная проверка выделенных средств и методов с использованием широкого круга педагогических воздействий, которая определила насущную потребность в дальнейшем внедрении в практику разработанных нетрадиционных средств и методов для развития быстроты легкоатлетических локомоций.

Основные положения выносимые на защиту:

- разработанное устройство для развития быстроты локомоторных движений является более эффективным средством преодоления "скоростного барьера" по сравнению с традиционными;

- для улучшения результата в беге с максимальной скоростью эффективным является методический прием "облегчения" по весу;

- методический прием уменьшения передвигаемой бегуном приведенной массы является наиболее эффективным в беге с ускорением (старт);

- созданная математическая модель движения общего центра масс (ОЦМ) бегуна достаточно эффективно описывает явление, что позволяет исследовать на ЭВМ механизмы действия методического приема "облегчения", а также характер взаимодействия бегуна с опорой;

- при сложнокоординационной работе основных групп мышц в скоростных локомоторных движениях эффективно использование в беге электростимуляции мышц с помощью логического устройства, созданного по результатам анализа электромиограмм (ЭМГ);

- разработанные методические приемы "облегчения" позволяют закреплять происходящие положительные перестройки в центральной нервной системе (ЦНС) и оказывают положительное воздействие в становлении целостного локомоторного упражнения (например, в беге на 100 м).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, выводов, практических рекомендаций, списка цитируемой литературы и приложений. В первой главе на основании литературных данных освещена сущность и состояние вопроса. Во второй главе раскрываются задачи, методы и организация исследования. В третьей главе представлены модельные исследования эффективности разработанных средств. Четвертая глава представляет собой теоретическое исследование скоростного локомоторного движения. В пятой главе представлены результаты основного педагогического эксперимента. В шестой главе

приведено обсуждение полученных результатов.

Диссертация содержит 180 страниц машинописного текста, 8 таблиц, 22 рисунка, 11 приложений, включая 2 акта внедрения результатов в практику и 2 авторских свидетельства. В списке литературы приведены 284 работы отечественных и зарубежных авторов.

МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В связи с поставленными задачами в работе применялись следующие методы исследования: 1. Изучение научно-методической литературы. 2. Педагогические наблюдения. 3. Контрольное педагогическое тестирование. 4. Инструментальные методы исследования: а) электромиография; б) тензодинамография, вектординамография (по И.П.Ратову); в) киноциклография; г) акселерография; д) фотохронометрия; е) спидография. 5. Математическое моделирование. 6. Педагогический эксперимент.

Комплекс биомеханических и электрофизиологических методик регистрации основных характеристик системы локомоторных движений использовался для определения их логической взаимосвязи, для сравнения с соответствующими характеристиками, полученными в результате математического моделирования, а также для определения степени воздействия на двигательную структуру разработанных методических приемов. Отведение биопотенциалов осуществлялось накожными электродами (регистрировались портативными усилителями биопотенциалов конструкции И.Ф.Головко и конструкции, разработанной в СКБ "Биоэлектроника" МВТУ им. Н.Э.Баумана по заказу ВНИИСТИ). Электромиограммы шести мышц (сгибатели и разгибатели бедра, голени и стопы) записывались синхронно с биомеханическими показателями (вертикальная и горизонтальная составляющие реакции опоры). Синхронно

также проводилась и киносъемка со скоростью 48 кадров в секунду перпендикулярно плоскости перемещения спортсмена (на тренажере "бегущая дорожка"). Для определения характера движения точки, приближенной к ОЦМ, использовался акселерометрический датчик и датчик скорости. Для более точного определения времени пробегания 10-метровых отрезков дистанции использовалась система фотодиодного хронометрирования.

С помощью метода математического моделирования предпринята попытка определения оптимальных величин основных биодинамических характеристик локомоторного движения. Аналитические решения подвергались численным расчетам на ЭВМ БЭСМ-6. Отладка вычислительных программ на языке "фортран -IУ" осуществлялась на ВЦ СО Академии наук СССР, параметрические исследования на ЭВМ - в институте теоретической и прикладной механики и в институте прикладной физики г. Новосибирска.

Особенностью разработанного нами нового тренажерного комплекса "бегущая дорожка" является то, что как и в реальных условиях спортсмен через реакцию опоры ускоряет определенную массу, только в реальных условиях он перемещает массу собственного тела, а на тренажере-приведенную массу вращающихся частей. Для этого на спортсмена с помощью специального пояса налагается связь по направлению бега. Управляемый электродвигатель постоянного тока при этом только компенсирует силы трения при вращении третбана. И здесь проявляется уникальный эффект - при тех же усилиях массу, меньшую собственного тела, спортсмен перемещает быстрее. При этом вся структура движения сохраняется. Использование вместе с этим тягового усилия вверх или вниз позволяет создавать различные модели движения.

Разработанное электронное логическое устройство позволяет

стимулировать четыре группы мышц (сгибатели и разгибатели бёдер) с автоматическим управлением последовательностью их включения. При движении правого бедра вниз-назад электрические импульсы подаются на разгибатель правого бедра и сгибатель левого, а при движении правого бедра вперед-вверх - на разгибатель левого бедра и сгибатель правого. В приборе предусмотрено регулирование величины паузы между началом движения бедра и подачей сигнала на мышцы, чтобы избежать разбаланса между механическими эффектами, вызванными собственными биопотенциалами и потенциалами стимулирующего тока.

В первой серии предварительных педагогических экспериментов, которые проводились в лаборатории биомеханики ВНИИФК на тренажере "подвеска", приняли участие студенты ГЦОЛИФК: спринтеры, прыгуны тройным и барьеристы квалификации П разряда и МС СССР. Испытуемые пробегали 10-метровый отрезок с хода (в барьерном беге - с I барьером) и выполняли тройной прыжок на дальность в условиях 10% "облегчения" от собственного веса. Вторая серия лабораторных экспериментов проводилась в малом спортивном зале Орского государственного педагогического института на изготовленном тренажере "бегущая дорожка". Анализ проводился для трех упражнений: бег в условиях тренажера на 35 м с хода, на 35 м с низкого старта и на 35 м с высокого старта. Квалификация испытуемых - I и III разряды. Определялось влияние тягового усилия вверх (15%), а также вниз (15%) и уменьшения (15%) и увеличения (15%) передвигаемой спортсменом по горизонтали приведенной массы вращающихся частей тренажера для бегунов I и III разрядов (отдельно для каждой квалификации) на фактор быстроты перемещения. Для определения степени воздействия электростимуляции мышц были использованы тесты: бег на 35 м с хода и на 35 м с низкого старта (без варьирования факторов веса и массы).

Основной педагогический эксперимент проводился в течение 4-х месяцев для проверки эффективности исследуемых средств развития быстроты движений в спринтерском беге и прыжках в длину с разбега. Он был организован на базе Орского государственного педагогического института на двух группах юношей третьего разряда со стажем занятий легкой атлетикой 2-3 года.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Предварительные педагогические эксперименты. Исследование влияния нетрадиционных факторов на скорость локомоторного движения. В связи с тем, что между изменениями взаимосвязанных характеристик системы скоростного движения человека однозначная зависимость до настоящего времени не обнаружена, следует исследовать действие на скорость легкоатлетической локомоции тягового усилия вверх и вниз, уменьшение и увеличение передвигаемой спортсменом инертной массы и модифицированного способа электростимуляции мышечных групп.

Анализ динамики вертикальной составляющей силы опорной реакции (ВСОР) на тренажере "подвеска" показал, что в спринтерском беге, тройном прыжке и в беге с барьерами форма ее представляет собой единую волну с одним максимумом. Однако в момент постановки ноги наблюдается резкий скачок величины усилия. Так как время ударного движения ноги в момент постановки соизмеримо с периодом собственных колебаний тензоплатформы, из-за резонансных условий трудно определить реальную величину удара. Вычисляемая по максимуму в окрестности серидины опорного периода величина ВСОР при тяговом усилии вверх (IO% от веса испытуемого) достоверхных различий в спринтерском и барьерном беге и в тройном прыжке от обычных условий не имела. При этом и в спринтерском и в барьерном бе-

ге на IO м с хода, а также в тройном прыжке обнаружено статистически значимое улучшение результата. В спринтерском беге такая зависимость обнаружена как для спортсменов II разряда, так и для мастеров спорта.

Исследование эффекта последействия показали, что происходящие двигательные перестройки в нервно-мышечных структурах, так или иначе отражающиеся в ЦНС, играют решающую роль в повышении скорости движения в реальных условиях. Однако у мастеров спорта эффект последействия не был обнаружен. Это показывает, что высокоэффективная структура построения движений у МС и МСМК для дальнейшего совершенствования требует более утонченных и "комфортных" условий, которые можно обеспечить, технически совершенствуя тренажеры данного типа.

Из анализа спидограмм выявилось, что после постановки ноги скорость движения ОЦМ падает, после момента вертикали вновь увеличивается; скорость бега по дистанции, таким образом, периодически меняется мягко, без скачков. Сделать заключение о том, нарастает ли скорость до момента вертикали, данным методом с достаточной точностью затруднительно. По нашему мнению, механизмом, с помощью которого возможно, по крайней мере, не уменьшать скорость на некотором отрезке до момента вертикали, человек обладает, используя особеннсоти строения стопы. Передняя большеберцовая мышца голени в момент опоры на всю ступню может создавать импульс, двигающий тело вперед.

В результате анализа акселерограмм подтвердилось, что ВСОР распределяется как волна с одним максимумом.

В исследованиях на тренажере "бегущая дорожка" из первого этапа двухфакторного дисперсионного анализа определилось, что взаимодействие факторов веса и передвигаемой спортсменом массы

во всех исследуемых упражнениях (бег на 35 м с хода, с низкого старта и с высокого старта) не обнаружено. С помощью метода множественных сравнений Тьюки (Т-метод) определилось, что в скоростном беге (35 м с хода) при тяговом усилии вверх (I5%) у спортсменов низшей квалификации результат улучшается на 2,6%, а у перворазрядников на 2,2%. В беге на 35 м с низкого старта результат улучшился у спортсменов обеих квалификаций на 2,8% при уменьшении передвигаемой массы на I5%. Влияние тягового усилия в беге на 35 м с низкого старта и влияние фактора массы в беге на 35 м с хода статистически недостоверно у спортсменов обеих квалификаций.

В беге на 35 м с высокого старта у спортсменов обеих квалификаций наблюдается, как и в беге на 35 м с хода, достоверное влияние фактора веса, однако, если в вышесказанном упражнении тяговое усилие вверх улучшает результат, то здесь мы наблюдаем противоположное соотношение - при тяговом усилии вниз результат улучшается (2,5 % - III р., I,5% - I р.), при тяговом усилии вверх результат ухудшается. Влияние фактора А в этом упражнении сходно с влиянием его в беге на 35 м с низкого старта: при уменьшении передвигаемой спортсменом массы улучшается (I,6% - III р., I,4% - I р.) и наоборот.

При анализе активности мышц в беге было выявлено, что наиболее стабильный и простой ритм работы в спринтерском беге (строгое чередование активного и расслабленного состояния мышцы на протяжении одного бегового шага) наблюдается у мышц сгибателей бедра (прямая бедра) и разгибетелей бедра (большая ягодичная). В основном начало и конец электрической активности отмеченных мышц совпадает с крайними положениями бедер в момент окончания отталкивания. Однако моменты смены активного и расслабленного состояний

мышцы несколько "размыты". Поэтому, для того, чтобы избежать разбаланса между механическими эффектами, вызванными собственными биопотенциалами и потенциалами стимулирующего тока, в разработанном для электростимуляции мышц приборе предусмотрено регулирование начального и конечного моментов воздействия электрических импульсов на мышцы, определяемое с помощью собственных ощущений испытуемого.

В исследовании установлено, что с электростимуляцией мышц результат в скоростном беге на тренажере "бегущая дорожка" выше, чем без электростимуляции, как в беге с максимальной скоростью (4,I%), так и в беге с ускорением (4,2%). Что касается эффекта последействия, то он обнаружен в беге с низкого старта (2,4%). В беге с максимальной скоростью статистически достоверного различия не найдено, хотя средний результат в беге после электростимуляции выше среднего до электростимуляции (I,3%). Использование методического приема электростимуляции мышц в беге позволяет целенаправленно влиять на внутреннюю структуру движений в беге.

Теоретическое исследование скоростного локомоторного движения. Результаты экспериментальных исследований дают основания к возможности получения обобщенных закономерностей локомоторики с помощью математического описания некоторой упрощенной модели движения и ее анализа. В связи с этим были составлены уравнения движения системы с центром масс в некоторой фиксированной точке С, взаимодействующей с опорной линией в ряде дискретных точек (точек опоры). Полагается, что система движется поступательно, т.е. некоторый фиксированный вектор, связанный с центром масс, перемещается параллельно самому себе вдоль траектории. Действие силы, развиваемой системой, передается вдоль прямой, соединяющей точку опоры с ОЦМ. В случае нарушения связи с опорой движение называется безопорным.

Решение составленной системы уравнений движений в опорном периоде относительно квадрата горизонтальной скорости получено в виде:

$$V_x^2(x) = V_0^2 \frac{\Phi^2(x_0)}{\Phi^2(x)} e^{2k\ell(x_0,x)} + 2q\int_{x_0}^{x} \frac{\Phi(\xi)}{\Phi^2(x)} e^{2k\ell(x,\xi)}\, d\xi ,$$

где: x - текущее значение дистанции бега;

$$\Phi(x) = h(x) - xh'(x);$$

q - гравитационное ускорение;

$h(x)$ - уравнение траектории;

V_0 - горизонтальная скорость движения ОЦМ в момент постановки ноги на грунт;

k - коэффициент сопротивления воздушной среды;

$$\ell(x_0,x) = \int_{x_0}^{x} \sqrt{1+h'^2(x)}\, dx$$ - длина дуги траектории от точки x_0 до точки x

Данное решение полностью определяет другие характеристики движения: текущее время, вертикальную скорость, горизонтальные и вертикальные ускорения и силы, действующие на ОЦМ. В полетной фазе без учета сопротивления воздушной среды текущее время и уравнение траектории определяется следующими формулами:

$$t = \frac{x - x_0}{V_0 \cos\alpha_0};$$

$$y(x) = -\frac{q}{2} \frac{(x-x_0)^2}{V_0^2 \cos^2\alpha_0} + (x-x_0)\operatorname{tg}\alpha_0 + y_0 ,$$

где: α_0 - угол вылета ОЦМ; y_0 - высота вылета ОЦМ.

Для того, чтобы определить все найденные аналитически характеристики движения ОЦМ в опорном периоде необходимо задать траекторию его движения. Она задавалась с помощью полинома восьмой степени - $h(x) = \sum_{k=0}^{8} a_k (x-x_0)^k$, и сопрягалась с двух сторон с параболами по

функции, первой - третьей производным. Данное сопряжение определялось свойствами непрерывности мышечных усилий. Коэффициенты полинома вычислялись решением системы линейных уравнений (на ЭВМ) исходя из начальных данных движения ОЦМ.

Первым этапом в исследовании на ЭВМ предлагаемой теоретической локомоторной модели явилось определение степени соответствия ее реальному движению. Для этого были заданы наиболее типичные начальные данные (параметры) для основной вычислительной программы (масса бегуна, величина гравитации, углы моментов постановки ноги и окончания отталкивания, начальная скорость бега, максимальное расстояние от опоры до ОЦМ, время полетной фазы). Полученные расчеты на ЭВМ хорошо согласуются с экспериментальными данными (ВСОР - 2900н при полетной фазе в 0.I5 сек, диапазон колебаний ОЦМ на шаге - 0,0612 м, на опоре - 0,0337 м, в полете - 0,0275 м, частота шагов - 3,8 ш/сек, длина бегового шага - 2,62 м, углы вылета и входа ОЦМ - $\pm$ 4,214^{0}, активность бега - I,32).

После того, как была получена достаточная степень соответствия теоретической модели реальному объекту исследования, был проведен ее анализ на ЭВМ. Общая закономерность, выявленная для всех исследованных вариантов движения, заключается в том, что при большей полетной фазе возникают большие силы реакции опоры при одной и той же скорости бега. Растет и градиент силы. С возрастанием времени полетной фазы растут колебания ОЦМ и в опорной и полетной фазах, длина бегового шага. При этом частота шагов уменьшается, активность бега возрастает. При уменьшении величины ускорения свободного полета на I5% при одной и той же скорости бега уменьшаются по абсолютной величине углы вылета и входа, колебания ОЦМ (по фазам и на шаге) и, что особенно важно, максимальные силы (обе составляющие) и градиент сил. При движении со скоростью I2 м/сек и "облегчении" на

15% максимальная величина ВСОР такая же, как и при движении со скоростью 10 м/сек без "облегчения", хотя при большей скорости уменьшаются по абсолютной величине углы вылета и входа, время опорной фазы, колебания ОЦМ, увеличивается длина полетной фазы (и всего шага), активность бега. При этом время полетной фазы одинаково.

При одинаковой массе бегунов менее рослый должен развивать большие максимальные силы при беге с одинаковой скоростью и при равной по длительности полетной фазе. Колебания ОЦМ меньше у модели низкорослого бегуна. Длина бегового шага также уменьшается, увеличивается частота шагов. При этом уменьшается время опоры.

При сравнении бегунов одинакового роста (но разной массы) изменения незначительные, они касаются только силовых характеристик, при этом относительные их величины одинаковы

Если углы в моменты постановки и отрыва ноги уменьшаются, то значительно уменьшаются: время опорной фазы, длина шага, колебания ОЦМ. Увеличивается высота ОЦМ в момент постановки ноги. Вместе с тем максимальная величина ВСОР резко возрастает. Максимальные величины горизонтальной составляющей силы опорной реакции (отрицательная и положительная компоненты) по абсолютной величине значительно уменьшаются.

Таким образом, в теоретических исследованиях показано, что такой сложный процесс, как локомоторный акт, может быть достаточно эффективно проанализирован при помощи упрощенной математической модели. Тем более, что для дальнейшей детализации полученных закономерностей возможно постепенное усложнение математической модели, что, однако, предполагает отдельное исследование.

Педагогическое обоснование эффективности применения разработанных средств для развития быстроты легкоатлетических

37653

локомоций спортсменов. Основной педагогический эксперимент. Исходя из теоретических исследований и модельных экспериментов на тренажере "бегущая дорожка", были избраны следующие режимы тренировок в педагогическом эксперименте: в беге с низкого старта - уменьшение приведенной массы (I5%), в беге с максимальной скоростью и прыжках - тяговое усилие вверх (I5%). Привыкание к условиям тренажера не вызвало осложнений, так как в отличие от ранее используемых тренажеров, где необходима страховка в случае падения, в наших исследованиях, благодаря максимальному приближению к условиям бега по дорожке, испытуемый в любой момент мог снизить скорость движения, остановиться или, в случае необходимости, двигаться назад.

Поскольку трудно определить заранее длительность периода, за время которого произойдут стойкие изменения в структуре локомоций, мы предполагали, что шестимесячный эксперимент выявит такие изменения, однако уже после четырех месяцев тренировки оказалось возможным обобщить полученные положительные результаты. В опытной группе за экспериментальный период произошли положительные, статистически значимые сдвиги во всех исследуемых упражнениях (бег на 30 м со стрта, на 30 м с хода, на I00 м и прыжки в длину с разбега), тогда как в контрольной повышение результата достоверно только в беге на I00 м. Различие результатов опытной и контрольной групп, недостоверное в начале эксперимента, статистически достоверно в конце исследования во всех упражнениях, кроме бега на 30 м с низкого старта.

В прыжках в длину в конце указанного срока средний результат в опытной группе выше среднего в контрольной на 28 см. В процентном отношении результат в прыжках у испытуемых контрольной группы вырос на I,9%, тогда как в опытной он вырос на 6,7%. Об

эффективности применения тренажера в беге с максимальной скоростью можно судить по росту результатов в беге на 30 м с хода в обеих группах. Средний результат в конце эксперимента в опытной группе выше, чем в контрольной на 0,I4 сек (при начальной разнице 0,0I сек), что составляет 4,I% от среднего в контрольной группе. Прирост среднего результата составляет в опытной группе 0,I7 сек (3,5%) против 0,04 сек (I,I%) в контрольной. Таким образом, учитывая результаты в модельных экспериментах, можно полагать, что максимальная сила взаимодействия с опорой является определяющей в развитии максимальной скорости бега, и именно при "облегчении" появляется возможность повышения максимальной скорости бега. При этом, как упоминалось выше, положительные перестройки в управлении опорно-двигательным аппаратом, усвояемые организмом в процессе тренировки в прогрессивном режиме, как доказывает педагогический эксперимент, и позволяют достичь в естественных условиях более высокой скорости.

В беге с низкого старта, в отличие от бега с максимальной скоростью, решающим фактором повышения результата оказался методический прием уменьшения приведенной массы. Результаты педагогического эксперимента показали, что данный прием, применяемый в тренировочном процессе опытной группой, позволил участникам при контрольных испытаниях в естественных условиях добиться более высоких показателей. Так, если в начале эксперимента средние результаты опытной и контрольной групп были соответственно 4,33 ± 0,08 сек, 4,32 ± 0,05 сек, то после педагогического эксперимента они стали равными 4,I6 ± 0,06 сек и 4,27 ± 0,04 сек. В процентном отношении прирост в опытной группе составил 3,4%, в контрольной - I,I%. При практически равных результатах в начале эксперимента разность результатов в конце педагогического эксперимента составила около одной десятой секунды (2,I%). Вероятно, метод уменьшения

передвигаемой массы позволяет при тех же усилиях меньшую массу разгонять быстрее, что дает возможность спортсмену адаптироваться к более высокой скорости перемещения и приводит к биомеханически прогрессивной перестройке. При этом на первых относительно медленных шагах старта работа мышечных групп ближе к силовому режиму, тогда как к концу стартового разгона потери мышечной силы в результате высокой скорости сокращения мышц увеличиваются. Как видно, динамика эффекта уменьшения передвигаемой массы имеет достаточно сложную зависимость, что, на наш взгляд, требует применения для анализа весьма сложных математических методов.

Средние результаты в группах в беге на I00 м до эксперимента были I2,I8 ± 0,I5 сек (в опытной группе) и I2,2I ± 0,20 сек (в контрольной группе). Прирост среднего результата составил соответственно в опытной и контрольной группах 0,59 сек и 0,28 сек. Лучший результат, показанный в опытной группе (Д-в, II,3 сек) выше рекордного в контрольной группе (Б-в, II,6 сек). Разница в средних в конце педагогического эксперимента составила 2,9% от среднего в контрольной (0,34 сек).

Так как в условиях "облегчающего лидирования" спортсмену удается достичь скорости, которую в обычных условиях он не достигал, то, следовательно, тренажером "бегущая дорожка" обеспечивается одно из главных условий методики тренировки на развитие скоростных качеств - движение со сверхмаксимальной скоростью. В таких условиях превышение максимальной скорости движения происходит за счет функциональных возможностей самого организма спортсмена, что не только раскрывает потенциальные возможности спортсмена, но и мобилизует те физиологические механизмы, которые приводят к формированию нового двигательного навыка.

Перспективы исследования. Биомеханическое обоснование и специальное конструктирование условий среды для последующего выпол-

нения скоростных локомоторных движений могут служить основой для достижения спортивных результатов, запланированных заранее.

Таким образом, система подготовки спортсменов в скоростных локомоциях в таких созданных условиях приобретает все более выраженные черты управляемого процесса, в котором заранее устанавливаются необходимые характеристики, а затем строится однозначный алгоритм обучения.

Учитывая, что ныне существующие традиционные варианты методик подготовки спортсменов имеют характер с очень большой долей случайности становления оптимального двигательного навыка, современный спорт требует определения эталонов оптимального движения применительно к конкретному спортсмену и методов освоения таковых наиболее эффективным стандартизированным образом. Всё это должно привести к созданию единой автоматизированной системы педагогических воздействий на двигательную структуру спортсмена, естественно, с использованием современных ЭВМ и высокоэффективных технических средств обучения.

В Ы В О Д Ы

1. Анализ локомоторных движений легкоатлетов в экстремальных проявлениях, проведенный до настоящего времени, не определяет всех их характерных особенностей. Причинами могут являться сложность двигательных структур человека, а также недостаточное привлечение математического аппарата для их анализа.

2. В результате исследования локомоторного движения теоретически и экспериментально показано, что характер динамики взаимодействия спортсмена с опорой в беге с максимальной скоростью представляет собой (исключая момент постановки ноги на грунт): вертикальная составляющая силы опорной реакции - единую волну с одним

максимумом; горизонтальная составляющая силы опорной реакции - единую волну с одним минимумом в фазе передней опоры и одним максимумом в фазе активного отталкивания. При этом в момент постановки ноги и окончания отталкивания траектория движения ОЦМ в опорной фазе сопрягается с траекторией в полетной фазе как минимум по функции, первой, второй и третьей производным.

3. Для осуществления целенаправленного воздействия на структуру максимально быстрого локомоторного движения особенно эффективен тренажерный комплекс "бегущая дорожка", обеспечивающий использование методического приема "облегчающего лидирования" (по И.П.Ратову), в конструкции которого реализованы:

а) регулируемая система изменения величины тягового усилия, приложенного к телу спортсмена как по направлению вектора силы тяжести, так и против;

б) регулируемая система изменения величины приведенной массы, передвигаемой спортсменом при взаимодействии с опорой.

4. Экспериментальные педагогические исследования на тренажере показали:

а) в беге с максимальной скоростью эффективным является методический прием "облегчения" по весу. При облегчении на 15% от веса бегуна результат в беге на 35 м с хода улучшился статистически значимо на 2,6% у спортсменов III разряда и на 2,2% у перворазрядников;

б) в беге с ускорением (старт) наиболее эффективным является методический прием уменьшения передвигаемой спортсменом приведенной массы. При уменьшении массы на 15% от массы бегуна результат в беге на 35 м со старта улучшился статистически значимо на 2,3% у спортсменов обеих квалификаций;

в) в беге на 35 м с высокого старта обнаружено, что результаты статистически значимо улучшаются при уменьшении передвигаемой массы (I5%) на I,6% у спортсменов Ш разряда и на I,4% у перворазрядников, а также при увеличении тягового усилия вниз (I5%) - соответственно на 2,5% и I,5%. При одновременном воздействии двух данных факторов результаты улучшаются соответственно на 4,I% и 2,9% (взаимодействие факторов не найдено).

5. В педагогических экспериментах на тренажере "бегущая дорожка" показано, что использование электростимуляции мышц с помощью логического устройства, созданного по результатам анализа ЭМГ, обеспечивает увеличение скорости локомоторного движения. В беге на 35 м с низкого старта с электростимуляцией мышц результат статистически значимо выше на 4,2%. Сразу после стимуляции обнаружено статистически значимое улучшение результата от первоначального на 2,4% (эффект последействия).

В беге с максимальной скоростью (35 м с хода) результат в условиях электростимуляции мышц статистически значимо улучшился на 4,I%. Статистически значимого эффекта последействия не обнаружено, хотя средний результат выше первоначального на I,3%.

6. Анализ локомоторных движений спортсмена методом математического моделирования показал высокую эффективность его применения к очень сложной биомеханической системе, каковой является человек. При этом с помощью параметрических исследований на ЭВМ выявлено:

а) с увеличением времени полетной фазы растет максимальная сила опорной реакции при одной и той же максимальной скорости бега, в связи с чем бег с меньшим периодом полетной фазы является более экономичным и при максимальном проявлении силовых возможностей в опорной фазе позволяет развить большую скорость;

б) при тяговом усилии вверх (15% от веса спортсмена) скорость бега при тех же величинах опорных реакций может быть увеличена на 2 м/сек;

в) частоты шагов в скоростном беге двух спортсменов с одинаковыми результатами связаны обратной зависимостью с высотой расположения ОЦМ (или их ростом), что характеризует особенность механики человека в гравитационном поле и приводит к понятию удельной частоты (для определения эффективности техники), равной произведению высоты ОЦМ на частоту шагов;

г) траектория движения ОЦМ при увеличении скорости бега стремится к прямой линии, причем в опорной фазе она стремится к прямой снизу, в полетной - к прямой сверху. При этом не всякая траектория движения ОЦМ является осуществимой. Выявлены ограничения, которые можно определить как три условия:

I) так как существуют траектории, для движения по которым необходимы бесконечные силы, данное условие выделяет только те, которые осуществимы с помощью реальных сил.

2) данное условие выделяет только те траектории, для движения по которым запрещается действие силы по направлению силы тяжести;

3) условие гарантирует действительное значение горизонтальной скорости ОЦМ, что определяет его поступательное движение вперед по заданной траектории.

7. Результаты основного педагогического эксперимента показали, что методический прием уменьшения передвигаемой спортсменом массы, используемый в тренировочном процессе с помощью тренажера "бегущая дорожка" (а.с. № 604561), позволяет закреплять происходящие положительные перестройки в ЦНС. В опытной группе средний результат в беге на 30 м со старта за 4 месяца вырос на 3,4%, тогда

как в контрольной прирост (I,I%) статистически недостоверен.

8. В исследовании показано, что при использовании в тренировочном процессе в беге с максимальной скоростью "облегчения" спортсмена по весу закрепляется новая, более эффективная структура локомоторного движения, в результате чего средний результат в беге на 30 м с хода в опытной группе вырос за 4 месяца на 3,5%, а прирост среднего результата в контрольной группе (I,I%) статистически недостоверен.

9. Результаты основного педагогического эксперимента дают основание утверждать, что использование методических приемов с помощью разработанных тренажерных средств в тренировочном процессе в значительной мере повышает скоростные возможности спортсменов и в совокупности оказывает положительное воздействие в становлении целостного локомоторного упражнения. Так в беге на I00 м со старта и в прыжках в длину с разбега за время эксперимента в опытной группе результаты улучшились соответственно на 5,0% и 6,7%, тогда как в контрольной в беге на I00 м он улучшился на 2,5%, а в прыжках в длину прирост результата (I,9%) статистически недостоверен.

С П И С О К

работ, опубликованных по теме диссертации

I. Комплексный тренажерно-исследовательский стенд для спринтеров, прыгунов и барьеристов. - В кн.: Материалы I Всесоюзной научной конференции по биомеханике спорта. М., 1974 г., ч. I, с. 34 (в соавторстве: Гольшев В.П., Анашкин В.В., Орлов В.П.).

2. Перспективность применения специальных тренажерных устройств для воспитания быстроты движений спортсменов. - В кн.: Материалы итоговой научной конференции молодых ученых ВНИИФК за 1975 г. М., 1976 г., с. 36-37.

3. Тренажерные стенды для бегунов-спринтеров. - В кн.: Проблемы биомеханики спорта: Тезисы докладов II Всесоюзной конференции. Киев, 1976 г., с. 27-28 (в соавторстве: Добровольский С.С., Романова Н.Н.).

4. Использование в тренажерном стенде "бегущая дорожка" системы упругих связей в качестве фактора управления изменениями компонентов беговой ритмики. - Там же, с. 57 (в соавторстве: Меркулов В.Е., Орлов В.П., Попов Г.И., Ратов И.П., Романова Н.Н., Добровольский С.С.).

5. О возможностях универсального тренажера "бегущая дорожка" при развитии быстроты движений в спринте, прыжках в длину и барьерном беге. - В кн.: Рефераты стендовых докладов Всесоюзного симпозиума "Нетрадиционные средства и методы подготовки спортсменов". Москва, 1977 г., с. 52-53.

6. О некоторых теоретических предпосылках к применению электростимуляции мышц ног в скоростном беге для развития быстроты движений. - Там же, с. 53-54.

7. А.с. 604561 (СССР). Устройство для тренировки спортсменов / А.Г.Рязанов, В.В.Кузнецов - Опубл. в Б.И., 1978 ., № 16.

8. А.с. 604562 (СССР). Устройство для тренировки спортсменов в беге с препятствиями / А.Г.Рязанов, В.В.Кузнецов - Опубл. в Б.И., 1978 г., № 16.

9. Моделирование траектории движения ОЦМ бегуна в опорном периоде полиномами больших степеней. - В кн.: Механико-математическое моделирование спортивной техники: Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции. Москва, 1982, с. 49-50 (в соавторстве: Федосов В.П.).

10. Особенности проявления опорных реакций в спортивной ходьбе с соревновательными скоростями. - В кн.: Моделирование соревновательной деятельности с учетом резервных возможностей спортсменов: Тезисы Всесоюзной конференции. Москва, 1983, с. 65-66 (в соавторстве: Федосов В.П.).