

На правах рукописи

БУЛЫКИН ДМИТРИЙ ОЛЕГОВИЧ

**ТЕХНИКА СТАРТОВЫХ ДЕЙСТВИЙ В ФУТБОЛЕ
И ЛЕГКОАТЛЕТЧЕСКОМ СПРИНТЕ**

01.02.08. – Биомеханика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата педагогических наук

Москва – 2007

Работа выполнена на кафедре биомеханики Российского государственного
университета физической культуры, спорта и туризма

Научный руководитель: кандидат педагогических
наук, доцент Ал.А. Шалманов

Официальные оппоненты: доктор педагогических наук,
профессор Ю.К. Гавердовский
кандидат педагогических наук
С.А. Никитин

Ведущая организация: Всероссийский научно-исследовательский
институт физической культуры и спорта

Защита диссертации состоится “ ___ ” _____ 2007 г. в ___ часов на
заседании диссертационного Совета Д 311.003.01 при Российском
государственном университете физической культуры, спорта и туризма по
адресу: 105122, г. Москва, Сиреневый б-р, дом 4, ауд. 603

С диссертационной работой можно ознакомиться в библиотеке
Российского государственного университета физической культуры, спорта
и туризма

Автореферат разослан “___” _____ 2007 г.

Ученый секретарь
диссертационного Совета
доктор педагогических наук,
профессор

Шалманов Ан.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В проблеме совершенствования спортивно-технического мастерства весьма актуальными являются вопросы, связанные с поиском и биомеханическим обоснованием рациональной техники выполнения двигательных действий в различных видах спорта (В.М. Зациорский, 1979; Ан.А. Шалманов, 2002). До настоящего времени остаются до конца не сформулированными концепции об основных кинематических механизмах взаимодействия спортсменов с опорой в наземных локомоциях с позиций реализационной эффективности спортивной техники (В.Н. Селуянов, Ал.А. Шалманов, 1983; Ал.А. Шалманов, Ан.А. Шалманов; 1990). Решение этой проблемы необходимо искать, прежде всего, в биомеханических особенностях строения и функции опорно-двигательного аппарата человека.

По данной проблематике к настоящему времени накоплен обширный экспериментальный и теоретический материал. Однако в спортивной практике по-прежнему остаются спорными вопросы, связанные с техникой выполнения стартового разгона, например, в футболе и в легкоатлетическом спринте. Это связано с отсутствием биомеханических критериев, позволяющих обосновать рациональную технику выполнения стартового разгона.

В связи с этим вполне очевидной стала необходимость изучить закономерности передачи силы действия на опору по замкнутым биокинематическим цепям и выявить факторы, лимитирующие и определяющие эффективность этой передачи в стартовом разгоне.

Объект исследования – основные кинематические механизмы взаимодействия человека с опорой в наземных локомоциях при выполнении стартового разгона.

Предмет исследования – основные закономерности передачи силы действия по замкнутым биокинематическим цепям и факторы, лимитирующие и

определяющие эффективность этой передачи при выполнении стартового разгона.

Рабочая гипотеза. Изучение механизмов передачи силы действия по замкнутой биокинематической цепи на опору позволит обосновать рациональные варианты техники отталкивания у спортсменов разной специализации при различных условиях взаимодействия с опорой.

Цель исследования: изучить основные закономерности передачи силы действия по замкнутой кинематической цепи при выполнении стартового разгона футболистов и спринтеров с учетом биомеханических особенностей строения и функций опорно-двигательного аппарата человека.

В соответствии с целью исследования в работе были поставлены следующие **задачи:**

1. Определить лимитирующие факторы передачи силы действия по замкнутой кинематической цепи в статическом режиме для мышц нижних конечностей при различных углах в коленном суставе.
2. Оценить реализационную эффективность техники стартового разгона при различном способе постановки ног на опору.
3. Дать количественную оценку координации движений верхних и нижних конечностей у футболистов и спринтеров в стартовом разгоне.
4. Выявить общие биомеханические критерии рациональной техники стартового разгона, обусловленные биомеханическими особенностями строения и функций опорно-двигательного аппарата человека.

Методологическая база: теория многоуровневого строения системы управления двигательными действиями человека Н.А. Бернштейна; теория функциональных систем П.К. Анохина.

Методы исследования: В работе использовались механо-электрические методы исследования движений спортсменов с компьютерной поддержкой:

тензометрия, тензодинамография, безинерционная спидография и велоэргометрия, а также метод хронометрии.

Организация исследования: Исследование проводилось в трех направлениях и включало семь экспериментов.

В экспериментах приняли участие 42 испытуемых. Среди них футболисты клубов “Динамо” (рост $181,2 \pm 4,7$ см; вес $76,8 \pm 7,0$ кг; $n=9$) и “РГУФК” (рост $177,0 \pm 4,76$ см; вес $71,9 \pm 4,7$ кг; $n=15$), а также две группы спринтеров – спортсмены первого разряда (рост $176,5 \pm 4,48$ см; вес $69,0 \pm 3,04$; $n=9$) и КМС–МС (рост $179 \pm 2,35$; вес $75,6 \pm 5,03$; $n=9$).

Научная новизна исследования состоит в том, что впервые дано биомеханическое обоснование рациональной техники выполнения стартового разгона в футболе и легкоатлетическом спринте. В частности, определено количественно влияние способа постановки стоп на опору и маховых движений руками на результат стартового разбега.

Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена необходимость использования преодолевающего режима сокращения мышц нижних конечностей в начале стартового разгона у футболистов и спринтеров.

Экспериментально доказано теоретическое предположение о том, что максимальные силовые возможности двусуставных мышц задней поверхности бедра и голени реализуются при оптимальном значении угла в коленном суставе в стартовом разгоне.

Выявлены общие закономерности и лимитирующий фактор в передаче усилия по замкнутой биокинематической цепи на опору в статическом режиме сокращения мышц нижних конечностей.

Дана количественная оценка явлению физиологического резонанса у футболистов и спринтеров при взаимодействии с опорой.

Теоретическая значимость работы состоит в том, что результаты

исследования вносят существенный вклад в изучение проблемы биомеханических основ совершенствования спортивно-технического мастерства в наземных локомоциях. Показано, в частности, как расположение и движение звеньев тела человека влияет на эффективность передачи силы действия по замкнутой биокинематической цепи на опору и, как следствие, на результат стартового разгона в футболе и легкой атлетике.

Практическое значение исследования заключается в следующем. Полученные данные о рациональной технике стартового разгона и ее реализационной эффективности являются завершенным экспериментальным материалом, который может быть включен в соответствующие разделы учебников по биомеханике для институтов физической культуры.

Кроме этого данные аналитического обзора, результаты экспериментов и рекомендации представляют практический интерес, и могут быть использованы в педагогическом процессе при обучении техники стартового разгона в игровых и циклических видах спорта, а также в легкой атлетике, спортивной гимнастике и акробатике. Кроме этого они могут быть использованы в качестве учебного материала по вопросам теории и методики указанных видов спорта.

На защиту выносятся следующие **основные положения**:

1. Эффективность передачи силы действия на опору для нижних конечностей определяется положением и максимальными силовыми возможностями “слабого” звена в последовательной замкнутой кинематической цепи.

2. Биомеханические особенности строения и функций нижних конечностей влияют на реализационную эффективность техники стартового разгона, среди которых ведущую роль играет максимальная сила мышц. В свою очередь величина этой силы зависит от положения ног и, в частности, от угла в коленном суставе.

3. Специфика вида спорта и квалификация спортсменов влияют на координацию движений верхних и нижних конечностей при стартовом разгоне.

4. Рациональная техника стартового разгона и педагогические требования при ее обучении должны строиться в первую очередь на основе биомеханических критериев эффективной реализации кинематических механизмов взаимодействия спортсменов с опорой.

Объем и структура диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, практических рекомендаций, списка литературы и приложения. В тексте диссертации имеется 5 таблиц и 18 рисунков. Список литературы включает 122 источников, из которых 46 – иностранные.

Основное содержание работы

Для изучения биомеханизмов передачи силы действия по замкнутым биокинематическим цепям у спортсменов использовались следующие методы исследования: анализ научно-методической литературы; инструментальные методики (хронометрия, спидография, тензодинамометрия, велоэргометрия), лабораторный эксперимент, педагогическое тестирование и методы математической статистики.

Результаты исследования

При изучении биомеханики стартового разгона в футболе и легкой атлетике мы исходили из следующих предпосылок. В спринте он является основным элементом, как в тренировочном процессе, так и на соревновании. В футболе стартовый разбег входит в состав технических действий, составляющих объем спортивно-технического мастерства спортсмена. Очевидно, техника разгона спринтеров более близка к рациональной, с той лишь разницей, что он выполняется с низкого старта и на покрытии с другими механическими характеристиками.

Первое направление исследования посвящено анализу взаимосвязи между максимальной статической силой давления ног на опору при различных углах в коленном суставе и временем стартового разгона при двух различных способах постановки стоп на первых 4-5 шагах разбега спринтеров с низкого и высокого старта.

Первый эксперимент. Методика оценки максимальной силы давления стоп на опору в статическом режиме разрабатывалась с учетом исключения влияния мышц – разгибателей спины. Она позволила выявить общие закономерности и вклады мышц передней и задней поверхности бедра и голени в результирующую силу давления ног на опору (рис. 1).

Согласно литературным данным при малых значениях угла в коленном суставе максимум силы давления ног (ноги) на опору обеспечивается активностью главным образом четырехглавой и ягодичной мышц (схема А). Однако при углах больше 125° в работу включаются двусуставные мышцы задней поверхности бедра и голени – двуглавая и икроножная (схема Б). Во время разгибания ноги составляющие векторов силы тяги этих мышц, приложенные перпендикулярно к продольной оси бедра и голени, обеспечивают увеличение давления на опору в квадратической зависимости. Полученные нами данные это подтверждают.

Сравнительный анализ динамики средних значений абсолютной и относительной сил давления ног на опору у футболистов команды РГУФК ($n = 9$) и легкоатлетов спринтеров ($n = 9$; КМС и МС) показал следующее:

1. Спринтеры проявили почти вдвое большую как абсолютную, так и относительную силу при малом значении угла в коленном суставе. Различия между их средними значениями статистически достоверны при $p < 0,001$. Очевидно, это обусловлено тем, что они выполняют разбег с низкого старта. Если сравнивать коэффициенты вариации, то группа футболистов была более

однородной, несмотря на различие в их амплуа на поле – защитники и нападающие. Коэффициенты вариации для них были равны 12,6% для абсолютной и 7,9% для относительной силы соответственно. Для спринтеров этот показатель по принятой в спортивной метрологии шкале был большим ($V = 28\%$). На наш взгляд это связано с индивидуальными особенностями в технике низкого старта и уровнем тренированности.

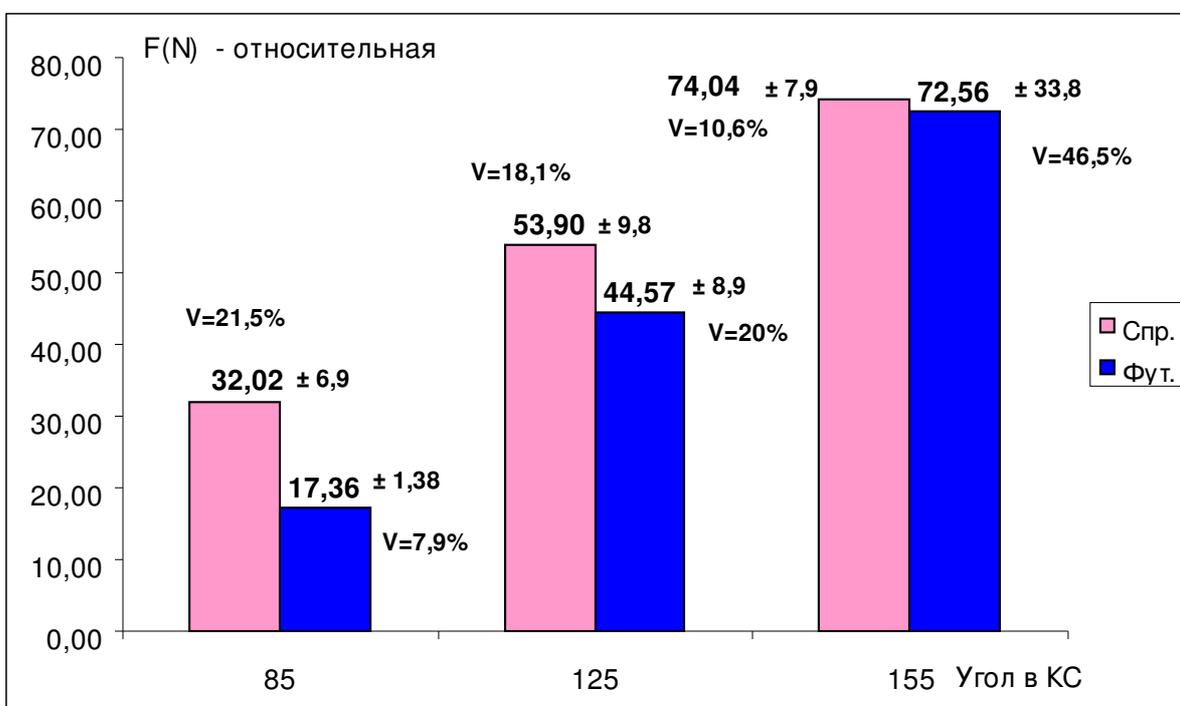
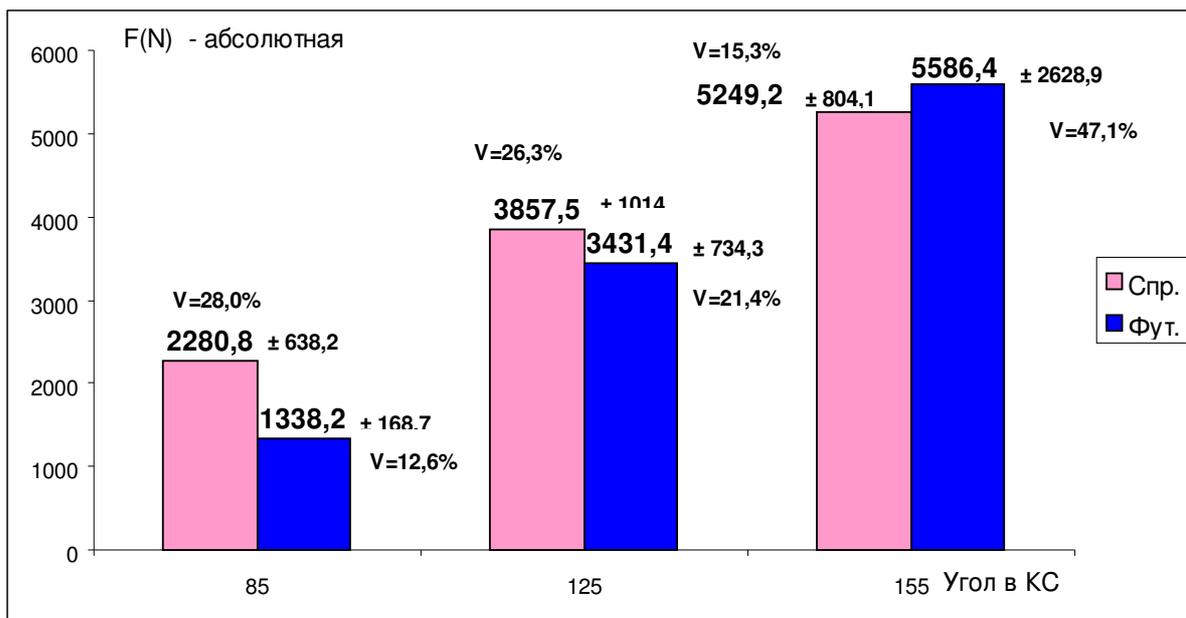


Рис. 1 Зависимость силы давления ног на опору в статическом режиме от угла в коленном суставе у футболистов и спринтеров
Примечание: давление на опору осуществлялось двумя ногами на всю стопу

2. Средние значения абсолютной силы давления ног на опору при угле в коленном суставе 125° как у футболистов, так и у спринтеров были близки по своим значениям. Различия между ними статистически не достоверны ($3857,5 \pm 1014\text{N}$ и $3431,4 \pm 734,3\text{N}$ соответственно). Тем не менее, относительная сила, т.е. на 1кг веса тела у спринтеров, была больше ($53,9 \pm 9,8\text{ N}$ и $44,57 \pm 8,9\text{N}$ соответственно). Различия между средними значениями достоверны при $p < 0,05$. Учитывая, что в беге при амортизации нога сгибается до угла в коленном суставе близком к 130° , можно предположить, что спринтеры будут разгоняться быстрее при прочих равных условиях – разгон с высокого старта и т.д. Значения коэффициентов вариации позволяют утверждать, что обе группы схожи по анализируемым показателям для данного угла в коленном суставе.

3. Не обнаружено статистически достоверных различий между средними значениями силы давления ног на опору футболистов и спринтеров при больших углах в коленном суставе. Однако обращает на себя внимание тот факт, что в группе футболистов имелись значительные индивидуальные отличия ($V = 46,5\%$). Группа спринтеров была более однородна по данному показателю ($V = 10,6\%$). Следовательно, данный факт необходимо учитывать при скоростно-силовой подготовке футболистов, поскольку максимальная сила давления ноги на опору будет определять величину ускорения при стартовом разгоне.

Если рассматривать биомеханическое строение мышцы с позиций трехкомпонентной модели, то результаты этого эксперимента позволили косвенно оценить максимальную силу эквивалента ее сократительной компоненты для последовательной замкнутой кинематической цепи – таз, бедро, голень и стопа.

Второй эксперимент. Полученные в первом эксперименте результаты позволили выдвинуть предположение о том, что выполнение стартового разгона на больших углах в коленном суставе на первых 3-4 шагах позволит спортсменам

сократить его время. Увеличение угла было достигнуто следующим способом. Испытуемым предложили ставить ногу при разгоне в сторону на всю стопу с ее разворотом наружу – “елочкой”. В этом случае мышцы нижних конечностей должны были сокращаться в преодолевающем режиме, исключив амортизацию в голеностопном суставе. Отталкивание должно было сопровождаться активными колебаниями туловища в стороны. Такой способ мы назвали “силовой”.

В таблице 1 приведены групповые отличия рассматриваемых показателей и их вариативность у спринтеров разной квалификации. В обеих группах наблюдалось статистически достоверное уменьшение времени разгона, соответственно с 2,31 с до 2,24 с ($p < 0,05$) и с 2,19 с до 2,09 с ($p < 0,001$). Вклад постановки стоп “силовым” способом у спринтеров высокой квалификации составил 0,098 с и был статистически достоверно больше ($p < 0,05$), чем у спринтеров 1-го разряда (0,064 с), соответственно 4,1% и 2,5%.

На основании этих результатов сделано предположение о том, что стопа является слабым звеном в начале стартового разгона и ее разворот наружу позволяет передать максимальную силу давления на опору, создаваемую при участии двусуставных мышц задней поверхности бедра и голени.

Таблица 1

Временные характеристики различных способов постановки стоп на опору
в стартовом разгоне

Показатели	15 м (II), с	15 м (V), с	(II)-(V), с
I разряд (n =9)			
Ср. значения	2,31	2,24	0,064 (2,5%)
Ст. отклонение	0,07	0,05	0,03
V%	2,90	2,42	42,57

КМС и МС (n = 9)			
Ср. значения	2,19	2,09	0,098 (4.1%)
Ст. отклонение	0,02	0,03	0,04
V%	1,07	1,35	38,19

Обозначения: || – обычный способ постановки ног; V – “силовой”
 (||)-(V) – разница между результатами обычного стартового разгона и “силового”

Третий эксперимент. Для количественной оценки потерь в передаче усилия стопой в статическом режиме был проведен третий эксперимент с участием 4 добровольцев (рис. 2).

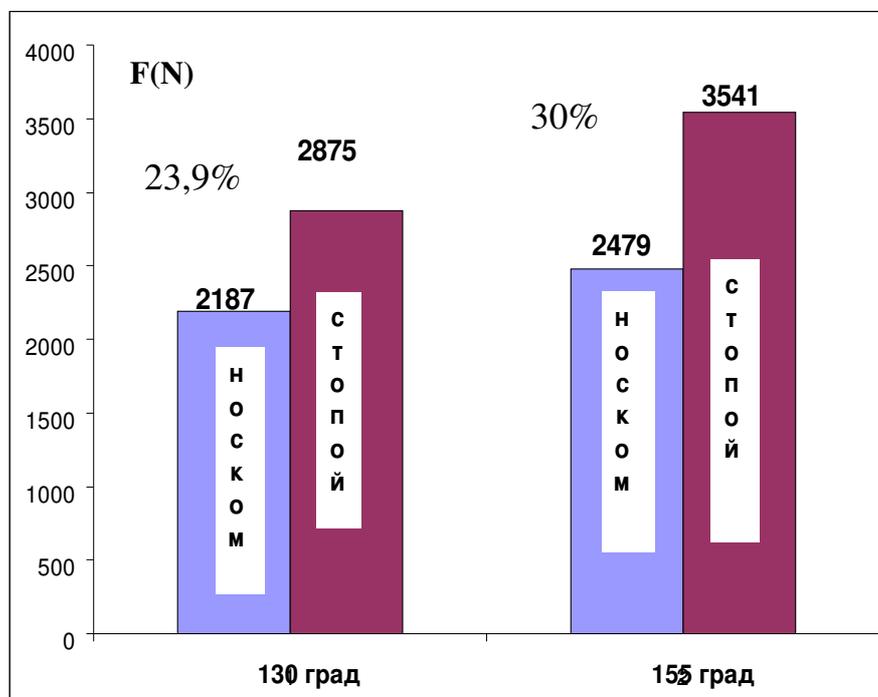


Рис. 2 Зависимость силы давления ноги на опору от способа постановки стопы и угла в коленном суставе

Примечание: коэффициенты вариации значений максимальной силы составили соответственно 17,3%; 18,1%; 19,8% и 23,5%

Тестирование могло сопровождаться травмой голеностопного сустава, поскольку давление на опору осуществлялось одной ногой не только на всю стопу, но на плюсно-фаланговый сустав.

Давление на опору через плюсно-фаланговый сустав при угле в коленном суставе 130° было в среднем на 23,9% меньше, чем при давлении “силовым” способом – на всю стопу. Для угла в 155° реализационная эффективность в передаче усилия по замкнутой кинематической цепи – таз, бедро, голень, стопа и фаланги пальцев была меньше на 30% (2479N от 3541N).

Второе направления исследования было посвящено реализации в стартовом разгоне основного кинематического механизма маховых движений (табл. 2 и 3).

Таблица 2

Влияние маховых движений руками на скорость и результат стартового разгона футболистов

Команда по футболу РГУФК						
Испытуемые	V с махом (м/с)	t с махом (с)	V без маха (м/с)	t без маха (с)	V с мах-V без маха руками (м/с)	t без маха – t с махом руками (с)
1. Аб-в	7,75	2,61	7,53	2,78	0,22	0,17
2. Багд-н	7,84	2,58	7,54	2,75	0,3	0,17
3. Баг-н	8,0	2,62	7,12	2,8	0,88	0,18
4. Бы-в	7,88	2,61	7,5	2,81	0,38	0,2
5. Го-в	7,98	2,58	7,44	2,77	0,54	0,19
6. Дор-в	7,82	2,66	7,19	2,73	0,63	0,07
7. Мав-в	7,71	2,62	7,24	2,77	0,47	0,15
8. Мак-в	7,65	2,66	7,14	2,76	0,51	0,1
9. Не-н	8,16	2,6	7,42	2,67	0,74	0,07

10. Про-в	7,93	2,49	7,62	2,57	0,31	0,08
11. Сам-в	7,47	2,69	7,4	2,76	0,07	0,07
12. Сер-в	7,36	2,72	7,19	2,84	0,17	0,12
13. Тве-в	7,21	2,72	6,73	2,8	0,48	0,08
14. Фед-в	8,01	2,61	7,62	2,77	0,39	0,16
15. Хво-в	8,09	2,53	7,63	2,75	0,46	0,22
Ср. значение	7,79	2,62	7,35	2,76	0,44	0,14
Ст. отклонение	0,27	0,06	0,25	0,06	0,21	0,05
V%	3,49	2,44	3,40	2,33	48,89	39,48
Вклад маховых движений				5,6% в V и 5,1% в t разбега		

Таблица 3

Влияние маховых движений руками на результат стартового разгона спринтеров разной квалификации

	15 м ()	15 м (руки за спиной)	()-(руки за спиной)
I разряд			
Ср. значение	2,31	2,54	0,23 (8,5%)
Ст. отклонение	0,07	0,08	0,10
V%	2,90	3,07	42,86
КМС и МС			
Ср. значение	2,19	2,39	0,20 (9,1%)
Ст. отклонение	0,02	0,06	0,06
V%	1,07	2,67	27,60

Обозначения: || – обычный способ постановки ног; (||) – (руки за спиной) – разница между результатами обычного стартового разгона с махом и без маха руками (руки за спиной)

Четвертый эксперимент. Результаты педагогического тестирования команды по футболу РГУФК позволили оценить координацию движений верхних и нижних конечностей по величине вклада маховых движений руками в изменение максимальной скорости и времени бега при стартовом разгоне. В частности, средние значения максимальной скорости и времени стартового разгона на этой дистанции статистически достоверно зависят от техники выполнения маховых движений ($p < 0,001$).

Обращает на себя внимание тот факт, что вклад маховых движений у футболистов статистически меньше, чем у спринтеров разной квалификации (5,6%, а также 8,5 и 9,1% соответственно, табл. 3).

Мы объяснили это различие, прежде всего, следующими обстоятельствами:

- наличием единоборства за мяч, которое не позволяет сформировать рациональную технику этих движений;
- отсутствием целенаправленной методики обучения этим движениям на ранней стадии формирования спортивно-технического мастерства у юных футболистов.

Сопоставление вкладов рассматриваемых биомеханизмов разгибания ноги и маховых движений в увеличение силы давления ноги на опору и улучшение результата стартового разгона показало следующее:

1. Наибольшая его величина обеспечивается техникой выполнения маховых движений руками. Они способствовали при правильной технике их выполнения сокращению времени разгона на 9%, т.е. в среднем на 0,203 с ($p < 0,001$).

2. “Силовой” способ постановки ноги на опору позволил улучшить результат в среднем еще на 4%. Таким образом, суммарный вклад этих двух основных кинематических механизмов составил в среднем 13%.

3. С высокого старта спринтеры разгонялись в среднем на 3,36% медленнее, чем с низкого ($2,39 \pm 0,05$ с и $2,31 \pm 0,06$ с соответственно – при обычном способе постановки стоп, и $2,29 \pm 0,06$ с и $2,22 \pm 0,04$ с при “силовом”).

Следовательно, различие в средних значениях стартового разгона футболистов и спринтеров с высокого старта было обусловлено не только техникой маховых движений, но и покрытием. На газоне – 2,62 с, а у спринтеров на тартане – 2,39 с (различие между средними значениями для этих групп были статистически

достоверно при $p < 0,001$, и составило 8,8%).

4. В этих экспериментах удалось количественно оценить вклад не только способа постановки ног на опору, но и влияние спортивной обуви на эффективность отталкивания. Так спринтеры в шиповках выполняли стартовый разбег в среднем быстрее на 0,16 с, т.е. на 7% ($2,21 \pm 0,07$ с и $2,37 \pm 0,08$ с; $V=3\%$ и $V=3,2\%$ соответственно).

Однако по-прежнему не было уверенности в важности силовых возможностей двусуставных мышц задней поверхности бедра и голени в обеспечении стартового разгона. Их реализационная эффективность была оценена с помощью корреляционного анализа. Его результаты позволили ответить на вопрос, при каком угле в коленном суставе максимальная статическая сила давления ног (ноги) на опору в большей мере влияет на результат стартового разгона.

В педагогическом тестировании спринтеры первой группы, принявшие участие в первом эксперименте, выполняли стартовый разгон на 15-метровом отрезке (рис. 3).

Результаты корреляционного анализа показали следующее:

1. Время трех способов стартового разгона зависит от максимальной силы мышц ног, зарегистрированной в статических условиях при угле в коленном суставе 125° ($r = -0,98$).

2. На время стартового разгона “силовым” способом отталкивания ногами от опоры на первых 4-5 шагах разбега влияет также максимальная сила мышц ног при угле в коленном суставе 155° .

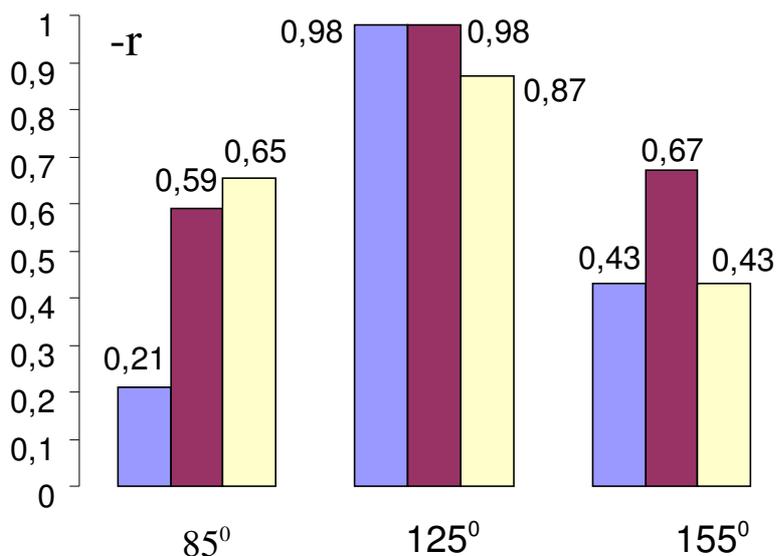


Рис. 3 Взаимосвязь между статической силой давления ног на опору и временем стартового разгона на 15-метровом отрезке

Примечание: отрицательные коэффициенты корреляции, например, для угла 85°, были равны соответственно -0,21 – для времени разбега без маха руками; -0,59 для “силового” и -0,65 для обычных способов постановки стоп на опору. Для наглядности шкала представлена абсолютными значениями этого коэффициента ($n = 9$, КМС и МС).

При проведении тестирования в условиях статики необходимо учитывать факт увеличения угла в коленном суставе в среднем на 10° в момент достижения максимума силы из-за деформации ягодичной мышцы и частично суставов ног.

В работах ряда авторов доказано теоретически и экспериментально, что двусуставные мышцы задней поверхности бедра и голени создают результирующую силу тяги, обеспечивающую разгибание ноги на опоре (Фиделюс К., 1959; Селуянов В.Н., Яковлев Б.А. 1985; Шалманов Ал.А., Шалманов Ан.А., 1990.; Гайнанов Р.Ф., 2002; Никитин С.А., 2002). Этот феномен наблюдается, если угол в коленном суставе больше 125°. Учитывая, что в различных беговых упражнениях амортизация в коленном суставе близка к 130°, можно на основе полученных нами данных сделать вывод о том, что для эффективного стартового разгона как футболистам, так и спринтерам

необходимо увеличить силовые возможности двусуставных мышц задней поверхности бедра и голени.

3. Наличие связи между силой при угле в коленном суставе 85° и временем стартового разгона, указывает на важность использования маховых движений руками в разгоне с низкого старта ($r = -0,59$ для “силового” и $r = -0,65$ для обычных способов разбега).

Третье направление исследования посвящено проблеме биомеханического обоснования явления физиологического резонанса в наземных локомоциях и его связи с рядом тестов, характеризующих силовые, энергетические возможности футболистов высокой квалификации, а также его связи с координационными способностями при реализации основных кинематических механизмов: а) маховых движений и б) механизма разгибания ног и выпрямления туловища.

Пятый эксперимент был проведен с целью оценки величины оптимального темпа у футболистов и спринтеров.

В качестве теста были выбраны прыжки на месте с оптимальным (удобным для испытуемых) темпом и соответствующей ему высотой прыжков на одной и двух ногах. Метрологическая надежность этого теста считается отличной.

Величина оптимального темпа рассчитывалась из отношения количества прыжков на контактной платформе ко времени их выполнения за 15 с.

Согласно литературным данным величина оптимального темпа в этих заданиях не связана с ростом, весом и величиной внешней нагрузки на мышцы нижних конечностей. Этот феномен, по мнению авторов, связан с явлением физиологического резонанса. Они выдвинули обоснованное предположение о том, что величина оптимального темпа зависит от мышечной композиции и поэтому этот показатель консервативен и индивидуален. Так у стрелков из лука и пистолета, а также у танцоров его средняя величина равна соответственно 2,1

Гц; 2,0 Гц и 2,1 Гц. В эту же группу вошли пловцы – 1,98 Гц и представители художественной гимнастики – 2,2 Гц. Максимальная средняя величина этого показателя у акробатов 2,54 Гц.

Поскольку скорость на дистанции зависит от произведения длины шагов на их темп, мы попытались оценить значение оптимального темпа у футболистов и спринтеров и по полученным средним ориентирам косвенно оценить их мышечную композицию (табл. 4).

Выявлено, что среднее значение оптимального темпа у спринтеров статистически достоверно больше чем у футболистов ($p < 0,05$). По классификации, приведенной выше, их можно отнести к представителям видов спорта, характеризующихся анаэробными процессами обеспечения двигательной деятельности, тогда как футболистов – ближе к аэробным.

Таблица 4

Средние значения оптимального темпа
у футболистов команды “Динамо” и спринтеров

Показатели	На левой ноге, Гц	На правой ноге, Гц	На 2-х ногах, Гц
Футболисты			
Ср. значения	2,23	2,27	2,23
Ст. отклонение	0,11	0,12	0,11
V%	4,72	5,09	4,72
Спринтеры			
Ср. значения	2,43	2,43	2,49
Ст. отклонение	0,26	0,28	0,25
V%	11,7	10,7	10,0

Приведенные коэффициенты вариации указывают на значительную однородность группы футболистов по показателям оптимального темпа. Учитывая, что мышечная композиция определяется наследственными факторами

и генетически является консервативным показателем, можно утверждать, что на комплектацию клубных команд влияет процесс естественного отбора футболистов по их энергетическим возможностям.

Обобщая полученные нами данные и результаты, представленные в литературном обзоре, можно сделать следующие выводы:

– испытуемые субъективно подбирали высоту выпрыгивания и напряжение сократительной компоненты мышцы в момент постановки стопы на опору с тем, чтобы обеспечить такую длину и скорость растягивания мышц ног (ноги), при которых их рефлекторное возбуждение приходилось бы на момент завершения амортизации;

– максимальный темп в стартовом разгоне в значительной мере зависит от мышечной композиции.

В шестом эксперименте футболисты команды “Динамо” выполняли работу на велоэргометре максимальной анаэробной мощности (МAM). Получены индивидуальные и средние значения МAM и дана оценка уровня их развития. Установлено, что МAM у основной группы игроков ниже среднего. Следовательно, приведенные выше показатели оптимального темпа на качественном уровне согласуются с результатами тестирования футболистов на велоэргометре.

В седьмом эксперименте оценивалось умение футболистов использовать собственно силовые возможности мышц ног, а также их упругие свойства. Для этого они выполняли прыжки вверх без амортизации и маха руками из исходного положения при угле в коленном суставе близком к 85° . Второй прыжок выполнялся с амортизацией, а третий – обычный с махом руками.

Увеличение высоты прыжка за счет амортизации, т.е. использования упругих свойств мышц нижних конечностей у футболистов “Динамо” в среднем составило 12,2% (с $0,33 \pm 0,07$ м до $0,38 \pm 0,08$ м). Использование маховых

движений руками позволило увеличить высоту прыжка в среднем еще на 9,7%. Следовательно, суммарный вклад был равен 22% при условии, что средняя высота прыжка составила $0,41 \pm 0,08$ м (коэффициент вариации был равен 18,4%).

Рассчитанные коэффициенты вариации для трех типов прыжков вверх с места показали неоднородность состава этой группы футболистов (18,4%, 20,4% и 22,7%). Все это указывает на справедливость сделанного выше вывода о недостаточной прыжковой подготовке футболистов команды “Динамо”.

Из литературных данных известно, что в обычном прыжке вверх с места с махом руками средняя величина вклада этих движений около 15% /D.J. Miller, 1976/. Величина вклада маховых движений руками у игроков специализации футбол РГУФК не более 7% (Г.А. Аладашвили и др., 1998).

По нашим данным у футболистов более высокой квалификации техника выполнения этих движений лучше, но весьма далека от рациональной. Например, у волейболистов она равна, по литературным данным, 25%, т.е. при прыжке на один метр 0,25 м достигается за счет координации движений между верхними и нижними конечностями (J. Somson и B. Roy, 1976).

Корреляционный анализ, проведенный нами для 21 показателя, среди которых были индивидуальные характеристики абсолютной и относительной силы мышц нижних конечностей (1 эксперимент), показатели прыжковой подготовки, оптимального темпа и МАМ, позволили выявить следующее:

- абсолютные значения МАМ статистически достоверно были связаны с весом футболистов, поскольку он косвенно указывает на активную мышечную массу мышц нижних конечностей. Обнаружена также отрицательная связь между процентным значением индекса утомления (данные велоэргометрии) и высотой прыжка вверх с места, выполненного с и без амортизации, а также с махом руками (r -0,74; -0,56 и -0,71 соответственно). Индекс утомления также отрицательно был связан с абсолютной и относительной силой мышц нижних

конечностей.

ВЫВОДЫ

1. Эффективность передачи силы действия на опору по замкнутой кинематической цепи в статическом режиме определяется максимальными силовыми возможностями “слабого” звена в последовательной замкнутой кинематической цепи. Лимитирующими факторами передачи силы действия являются мышцы, обслуживающие голеностопный сустав и угол в коленном суставе. Так, например, исключение из этой цепи плюсно-фалангового сустава при угле в коленном суставе 130° позволило увеличить силу давления на опору в среднем на 23,9%, а при угле в 155° – на 30%.

2. Максимальная сила тяги эквивалента сократительной компоненты мышц нижних конечностей для последовательной замкнутой кинематической цепи – таз, бедро, голень и стопа находится в квадратической зависимости от угла в коленном суставе для статического режима его сокращения. Специфика вида спорта оказывает существенное влияние на значение этой силы при разных значениях угла в коленном суставе. Так, спринтеры проявили почти вдвое большую как абсолютную, так и относительную силу при малом значении угла в коленном суставе, чем футболисты ($p < 0,001$). Это обусловлено тем, что они выполняют разбег с низкого старта. По показателям относительной силы футболисты в меньшей степени используют силовые возможности двусуставных мышц задней поверхности и голени, что обусловлено недостаточной их тренированностью при рабочих значениях угла в коленном суставе $125-155^{\circ}$. Относительная сила, т.е. на 1 кг веса тела, у спринтеров была больше – $53,9 \pm 9,8$ N и $44,57 \pm 8,9$ N соответственно ($p < 0,05$).

3. Биомеханические особенности строения нижних конечностей тела человека влияют на реализационную эффективность стартового разгона

футболистов и спринтеров. Доказано, что результат стартового разгона зависит от максимальной силы мышц – разгибателей нижних конечностей, проявляемой только при оптимальном сгибании ноги в коленном суставе около 125° . Коэффициент взаимосвязи между силой давления на опору при этом угле в статических условиях и результатом стартового ускорения равен 0,98. Максимальная сила давления ноги на опору при углах в коленном суставе больше 125° обеспечивается главным образом двусуставными мышцами задней поверхности бедра и голени.

4. Реализационная эффективность техники стартового разгона зависит от различных способов постановки ног на опору. У спринтеров I разряда, а также в группе КМС–МС наблюдалось статистически достоверное уменьшение времени разгона, соответственно от 2,31 до 2,24 с ($p < 0,05$), и от 2,19 до 2,09 с ($p < 0,001$) при постановке стопы на опору “силовым” способом. Вклад “силового” способа на первых 4-5 шагах разбега у КМС был статистически достоверно больше ($p < 0,05$), чем у спринтеров I разряда – 4,1% и 2,5% (0,064 с 0,098 с соответственно).

5. Спортивная обувь и покрытие существенно влияют на результат стартового разгона. Так шиповки позволяют улучшить его на 15-метровом отрезке в среднем на 0,16 с, т.е. на 7% (от $2,37 \pm 0,08$ с до $2,21 \pm 0,07$ с). Травяное покрытие снижает эффективность отталкивания в разгоне с высокого старта на 8,8%. Время стартового разгона у футболистов на газоне в среднем было равно $2,62 \pm 0,06$ с, а у спринтеров на тартане $2,39 \pm 0,05$ с (различие между средними значениями для этих групп было статистически достоверно при $p < 0,001$).

6. Построение рациональной техники стартового разгона должно осуществляться в первую очередь на основе биомеханических критериев, которые необходимо учитывать при обучении этой технике. Общие

биомеханические критерии рациональной техники стартового ускорения связаны с особенностями строения и функций опорно-двигательного аппарата человека. К их числу следует отнести: а) понятие о “слабом звене” в последовательной замкнутой кинематической цепи и закономерности передачи усилия по ней на опору; б) основные кинематические механизмы взаимодействия спортсменов с опорой при стартовом разгоне, и взаимосвязь между ними на динамическом уровне.

7. Координация движений верхних и нижних конечностей определяется спецификой двигательной деятельности в избранном виде спорта. Например, в стартовом разгоне без маха руками спринтеры I разряда и КМС разгонялись на 15-метровом отрезке медленнее, чем с махом руками (2,54 и 2,31 с, и 2,39 и 2,19 с соответственно). Различие между средними значениями статистически достоверно при $p=0,001$. Величина среднего вклада маховых движений у футболистов статистически меньше, чем у спринтеров разной квалификации (5,6%, а также 8,5 и 9,1% соответственно). Это различие обусловлено следующими обстоятельствами:

- наличием единоборства за мяч, которое не позволяет сформировать рациональную технику этих движений;

- отсутствием целенаправленной методики обучения этим движениям на ранней стадии формирования спортивно-технического мастерства у юных футболистов.

8. Явление физиологического резонанса в наземных локомоциях обусловлено мышечной композицией и влиянием супраспинальных и миотатических рефлексов. Средние значения оптимального темпа у спринтеров статистически достоверно больше, чем у футболистов ($2,49 \pm 0,25$ Гц и $2,26 \pm 0,11$ Гц соответственно). Следовательно, на комплектацию клубных команд

влияет процесс естественного отбора футболистов по их энергетическим возможностям при прочих равных условиях. Так полученные коэффициенты вариации указывают на значительную однородность группы футболистов клуба “Динамо” по показателям оптимального темпа ($V = 4,72\%$).

9. При тестировании спортсменов необходимо ориентироваться на такие показатели, как максимальная относительная и абсолютная анаэробная мощность, индекс утомления, результаты в прыжках вверх с места и стартовый разгон при различных вариантах реализации основных кинематических механизмов – разгибание ноги и маховые движения руками.

Личный вклад автора состоит в самостоятельной разработке теоретической и экспериментальной части исследования взаимодействия с опорой в стартовом разгоне футболистов и легкоатлетов-спринтеров; обработке и анализе полученных экспериментальных данных; подготовке научных статей и практических рекомендаций.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Булыкин Д.О. Факторы, лимитирующие эффективность стартового разгона в футболе и легкоатлетическом спринте / Д.О. Булыкин, Ал.А. Шалманов // Вестник спортивной науки. – 2006.– № 4. – С. 12-16.
2. Булыкин Д.О. Влияние маховых движений руками на эффективность взаимодействия футболистов и спринтеров с опорой / Д.О. Булыкин, Ал.А. Шалманов // Теория и практика физической культуры. – 2007.– № 1. – С. 62.
3. Bulykin D. Physiological resonance phenomenon at foothold interaction of soccer players and sprinters / D. Bulykin // Proceedings of International scientific and

Practical conference of students and young scientists “HIGHER SCHOOL as the center of integration of science, sports, education and culture”. – Moscow: Scientific department PSUPC 2007. – pp. 42-43.