

**КОМИТЕТ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР**

**ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ**

**ПРОБЛЕМЫ БИОМЕХАНИКИ
СПОРТА**

Москва, 1976

КОМИТЕТ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

Т Р У Д Ы

ПРОБЛЕМЫ БИОМЕХАНИКИ
СПОРТА

Выпуск II

Москва, 1976

Составители: доктор педагогических наук, профессор И. П. Ратов, кандидат физико-математических наук В. В. Кузнецов.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Изданием второго выпуска сборника «Проблемы биомеханики спорта» Всесоюзный научно-исследовательский институт физической культуры превращает в традицию периодические отчеты о теоретических и практических достижениях, полученных биомеханиками, работающими в области спорта.

За короткое время, прошедшее между первым и вторым выпуском нашего сборника, произошло много событий, прямо связанных со все более широким распространением биомеханики спорта.

Первая всесоюзная научная конференция по биомеханике спорта, состоявшаяся в сентябре 1974 г. в Киеве, представила свою трибуну как уже сложившимся, так и новым научным коллективам, активно работающим над решением проблем биомеханики. Возросший уровень советской биомеханики спорта был наглядно продемонстрирован и во время проведения Всемирного научного конгресса «Спорт в современном обществе».

Потребности дальнейшего совершенствования процесса подготовки высококвалифицированных спортсменов побуждают к многоплановому поиску новых средств и подходов. Биомеханики, работающие в области спорта, ведут этот поиск на весьма широком фронте. Среди обсуждаемых вопросов мы видим не только традиционные приемы анализа спортивных упражнений и выявления условий их рационального выполнения. Приемы моделирования спортивных движений привлекли в биомеханику электронную вычислительную технику. Если раньше основное внимание биомехаников было направлено на выявление путей рационализации спортивной техники через ее все более детальный анализ, то теперь в поле зрения биомехаников находятся также и вопросы подбора специальных упражнений.

Накопление биомеханикой огромного числа фактов настоятельно требует все большего внимания к их обобщению.

Наличие в наших руках экспериментальной техники, оснащенной устройствами автоматизированной обработки данных, ставит задачу набора материала на второе место перед более важной задачей — обобщением данных.

Необходимость в обобщении диктуется еще и тем, что основная масса поставленных ранее исследований велась различными методами, с использованием которых изучались отдельные физические упражнения. Поэтому мы испытываем сейчас серьезные трудности, сопоставляя разрозненные данные, полученные на разных спортивных движениях. Ряд материалов настоящего сборника сопоставляет между собой различные единичные факты, что служит их обобщению. Составители сборника надеются, что именно это сопоставление даст возможность читателю увереннее ориентироваться в обширных экспериментальных данных, представляемых в периодическую печать различными исследовательскими коллективами.

Выдвигая на обсуждение в этом сборнике также и некоторые методологические обобщения и методические гипотезы, его составители считают нужным и своевременным начать дискуссию о возможных путях совершенствования в движениях, что должно способствовать более уверенному решению как общих, так и частных задач биомеханики спорта.

ПРОТИВОРЕЧИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ В ДВИЖЕНИЯХ И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ

Постоянный рост спортивного соперничества, приведший к достижению таких результатов, которые еще совсем недавно казались фантастическими, все в большей степени стимулирует интерес к вопросу о дальнейших возможностях функционального совершенствования человека. В то же время успехи научно-технической революции каждый день дают нам примеры возрастающего интеллектуального могущества, нацеленного на выявление перспектив принципиально новых путей закрепления знаний и освоения умений.

Среди наиболее волнующих вопросов, которые человек постоянно ставил самому себе на исторически обозримом пути своего развития, всегда были вопросы, связанные с извечным желанием самопознания. Однако лишь теперь, с развитием экспериментальной техники, появились реальные возможности перехода от умозрительного самоанализа к методичному изучению тончайших механизмов развития и причин совершенствования. С каждым годом возрастает вероятность того, что человек, познав закономерности развития, использует эти знания для управляемой видовой эволюции, но теперь уже — самого себя. Во всяком случае, никого особенно не удивляет постановка данной проблемы. Как указывал академик В. В. Парин, анализирувавший гипотезы, выдвинутые известным польским писателем-фантастом Станиславом Лемом: «С методологической точки зрения не может вызвать никаких возражений прогноз С. Лема, что наступит время, когда человек активно и с полным знанием дела вмешается в глобальный ход эволюции и займется переделкой собственной природы» (1968).

Не берясь предугадывать дальнейшие пути, на основе которых наука будет реализовывать наметившиеся возможности

совершенствования человека в эволюционном плане, поскольку это очень широкая и требующая специального рассмотрения проблема, мы здесь, в настоящей статье, сосредоточим внимание на тех скрытых в человеке потенциальных резервах, которые могут быть извлечены через совершенствование в движениях.

В чем же мы видим эти скрытые резервы? При ответе на этот вопрос, по-видимому, будет вполне логичным, если мы сопоставим между собой двигательные возможности человека и животных. Из этого сопоставления мы увидим, что, во-первых, человек не имеет признаков столь типичной для животных явной двигательной специализации, а, во-вторых, человек в своих двигательных проявлениях как потенциально, так и фактически исключительно универсален. Мы не можем не высказать здесь мнение, что эти оба обстоятельства сыграли исключительно важную роль в эволюции человека.

Первое обстоятельство для эволюции человека явилось, по-видимому, наиболее решающим фактором. Именно оно, по нашему мнению, обусловило необходимость движения далеких предков человека к развитию рассудочной деятельности и двигательной универсализации.

Попытаемся объяснить сказанное. Эволюция в течение многих тысячелетий закрепляла мутации, обеспечивавшие большие потенциальные возможности тех или иных видов в поддержании своего существования. В этом потоке видообразования застывали на многие поколения многочисленные популяции живых существ, закрепившие в своем генетическом коде благоприятные сочетания признаков, обеспечивающих приспособленность вида к условиям существования. Эта приспособленность к способу существования закреплялась усилением и тех признаков, которые отражали двигательную специализацию животных, то есть те черты их поведения, которые обеспечивали преимущества в поддержании вида. Эта специализация способа существования, закреплявшаяся морфологическими и функциональными видовыми свойствами, которые, в свою очередь, были детерминированы способом существования предшествующих поколений, нашла свое отражение в блестящей формуле «форма — есть застывшая функция». Изменения условий существования вида либо отсекали ветви эволюции, либо закрепляли те мутации, которые давали возможность выжить в новых условиях.

В этом давно оставшемся в прошлом процессе видообразования некогда выделялась ветвь приматов, которые больше

всех других существовавших на земле видов, имели вероятность стать потенциальными накопителями опыта. Эти далекие предки человека обладали одним парадоксальным свойством — они не были двигательным специализированы. Парадокс эволюции состоял в том, что если бы наши отдаленные обезьяноподобные предки были лучше специализированы в двигательном отношении, что давало бы им некоторые преимущества перед другими видами, то не появился бы человек. Те двигательные преимущества, которые имели перед предками человека его такие же обезьяноподобные близкие родичи, обеспечивали им лучшие условия для добывания пищи. В то же время эти лучшие условия, обеспечивая стационарное состояние для существования вида, не давали никаких побудительных мотивов для дальнейшей эволюции. В развитие сказанного можно даже допустить, что в какой-то переломный эволюционно-исторический момент та ветвь обезьяноподобных существ, от которой впоследствии произошел человек, вследствие своей меньшей приспособленности явно проигрывала борьбу за существование, что побудило ее к смене обычного способа существования на другой.

В этой связи уместно привести мнение, которое высказал один из крупнейших теоретиков биологии Э. С. Бауэр (1935), указавший на то, что материал для эволюции поставляют лишь те ветви жизни, которые оказываются в роли неудачников. Ухудшение условий существования и недостаточная двигательная специализация поставили предков человека в условия жестокого отбора, выжить в которых можно было только на основе взаимной помощи. Двигательно одаренные родичи человека в более тяжелых условиях существования еще в большей степени развили свое двигательное совершенство, что обеспечило им лучшую индивидуальную защиту от врагов и лучшие возможности для нахождения пищи, но вследствие этого они потеряли эволюционный шанс и остались на пути животного развития.

Слабая двигательная специализация, компенсированная двигательным универсализмом, при потенциальных возможностях использования верхних конечностей вначале для случайного, а потом уже для постоянного применения орудий толкнула ветвь обезьяноподобных приматов на путь рассудочной деятельности, на путь к самопознанию. Изготовление орудий труда и необходимость в развитии речи стали впоследствии решающими для постепенного превращения потенциальных носителей разума в разумные существа. Эти фак-

торы, столь обстоятельно показанные Ф. Энгельсом в его работе «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека», окончательно вытеснили наших предков из царства животных и повели к высотам развития уже как социального существа.

Несколько ранее мы указали на наличие у человека значительного скрытого резерва неиспользуемых двигательных возможностей. Развивая этот тезис, отметим, что, несмотря на отсутствие явных черт определенной двигательной специализации, отраженных в физическом типе человека, можно ожидать очень существенного роста двигательного потенциала главным образом на основе развития тех функций, которые определяют совершенствование в координационно-сложных движениях. Эта возможность дальнейшего совершенствования в выполнении сложных движений определяется как раз высокой функциональной универсальностью, которая свойственна двигательной системе человека. В данном случае универсальность двигательной системы и многоплановость ее возможностей отражают очень высокие потенциальные перспективы совершенствования человека в упражнениях возрастающей сложности. Мы приходим, таким образом, к заключению, что резервы двигательных возможностей в наибольшей мере могут быть вскрыты именно на пути выполнения таких упражнений, которые не являются повторением естественных движений, повседневно встречавшихся в ходе эволюции человека, а представляют собой целенаправленные действия, синтезированные на основе появившейся в них необходимости.

Этим самым мы хотим подчеркнуть, что появившаяся социальная потребность в развитии и совершенствовании новых, ранее никогда не выполнявшихся движений, обеспечивающих спортсмену преимущества перед другими, открывает очень далеко прослеживаемые перспективы. Пока мы стоим еще только в самом начале этого пути и не имеем ни достаточного индивидуального, ни обобщенного коллективного опыта, на основе которого можно было бы предсказать возможные направления совершенствования в движениях. Нельзя не признать также возможности существенных положительных изменений в качестве выполнения движений, которые можно считать вполне естественными для человека. Но эти возможности реализуются сейчас нами путем использования такого пути, который при стихийной эволюции был бы тупиковым для наших предков. Сейчас же путь двигательной спе-

специализации не является опасным в эволюционном плане. Поэтому постоянная целенаправленная деятельность спортсмена, совершенствующего избранную двигательную функцию, позволяет достигать все больших и больших результатов.

Однако для более полного вскрытия резервов двигательных возможностей человека следует рассматривать не только пути, ведущие к нахождению и использованию указанных резервов. Необходимо искать причины, накладывающие свои ограничения на протекание процесса совершенствования, находить в самом процессе совершенствования в движениях присущие ему внутренние противоречия. Особое внимание, которое следует уделять противоречиям совершенствования в движениях, объясняется тем, что каждый из путей совершенствования таит в себе вырастающие из него самого отрицательные побочные явления, частично раскрываемые и совершенно еще не познанные факторы, ограничивающие возможности развития. Противоречия совершенствования в движениях весьма разнообразны и многие из них нам еще не известны. Однако поиск и преодоление противоречий дадут нам исключительные возможности подлинно научного управления процессом подготовки спортсменов, так как понимание причин все уменьшающегося успеха от использования в целом хороших средств не меньше, чем выявление еще более эффективных методов и средств, которые также когда-нибудь покажут нам свои негативные стороны.

Остановимся на этих противоречиях более подробно. При анализе последствий недостаточной двигательной специализации, что, по нашему мнению, было одним из решающих факторов эволюции человека, мы не рассмотрели возможных причин, обусловивших эволюционно-оправданные ограничения на более полное использование предками человека своего двигательного потенциала.

Известно, что силовые проявления человекообразных обезьян по целому ряду показателей значительно превышают возможности человека. Существует также достаточно четко сформулированное многими авторами мнение о том, что в ходе эволюции выработалась и закрепилась система ограничений более полному использованию человеком своих потенциальных возможностей. Естественен вопрос, почему исключительные физические проявления наблюдаются лишь в исключительных случаях? Пытаясь ответить на этот вопрос, нельзя не обратить внимание на то, что исключительные фи-

зические проявления наблюдались обычно в состоянии аффекта или же в состоянии сомнамбулизма.

Попытку объяснения этих явлений мы находим у П. П. Мечникова (1913), указавшего, «что... во время естественного сомнамбулизма человек приобретает свойства, которых не имел в нормальном состоянии, и что он становится сильным, ловким... совершенно подобным своим человекообразным предкам... человек унаследовал от своих предков множество мозговых механизмов, деятельность которых была подавлена позднее развившимися тормозами». Встречая подобного рода высказывания, мы можем прийти к заключению о том, что в ходе эволюции возможности исключительных проявлений были «заблокированы» нервной системой. Это заключение переключается с высказыванием П. Д. Юберга (1963) о том, что «максимальная чувствительность, которая проявляется только в исключительных случаях, есть истинная чувствительность рецепторов, присущая им всегда». Подобное блокирование возможностей, приобретенное в ходе эволюции, имеет, по всей вероятности, исключительную биологическую целесообразность. Оно обеспечивает, во-первых, предохранение нервной системы от излишних воздействий раздражителей, во-вторых, предохраняет организм от излишних трат энергии и возможностей работы «на износ». Ну и, наконец, в третьих, подобная блокировка, снижая двигательную активность организма и уменьшая интенсивность взаимодействий с внешними силами, уменьшает вероятность повреждений. Последнее обстоятельство, а именно повышенные гарантии от возможных повреждений, имело, по-видимому, решающее значение, так как в условиях ожесточенной борьбы за существование практически любая травма означала гибель индивидуума.

Какие выводы можно сделать из самой возможности — в каких-то исключительных условиях — демонстрировать исключительные двигательные проявления? Прежде всего видно, что функциональные потолки двигательных возможностей человека лежат значительно выше уровней любых рассматриваемых и предполагаемых нами результатов. Здесь может быть принято логическое допущение о том, что если кем-то и при каких-то условиях сделано что-то особенное, то можно считать возможным достижение подобного же другим. Это допущение вполне может быть дополнено и развито в следующую логическую конструкцию. Если при данном сочетании условий достигнут, пусть даже однократно, очень высокий

уровень интересующего нас показателя, то при другом сочетании условий вполне допустима вероятность того, что этот очень высокий уровень может быть превышен.

Логический анализ возможностей получения очень высоких функциональных показателей вследствие сочетания каких-то исключительных причин позволяет смотреть на обычные, повседневные, относительно низкие показатели как на следствие от действия многих других причин, препятствовавших раскрытию возможностей человека. С подобных позиций вполне допустимо заключение о том, что наиболее достоверным показателем, отражающим возможности спортсмена, является самый высокий, однократно показанный результат.

С позиции вероятностной логики невозможно случайно показать исключительно высокий результат. Этот исключительно высокий результат вполне закономерно отражает наиболее полное использование данным человеком потенциала его двигательных возможностей. В случае однократного достижения очень высокого пусть даже тренировочного результата он не может быть изъят из общего учета возможностей данного человека. Однократное более полное проявление возможностей достовернее в данном случае средних, как бы закономерных показателей.

В. И. Ленин в своем конспекте «Наука логики» в разделе «Учение о сущности» отмечает, что «явление богаче закона» («Философские тетради». М., Политиздат, 1973 г., стр. 137). Здесь явление, выходящее из спокойных рамок известного закона, несет в себе отражение еще не познанного закона более высокого порядка. Именно поэтому однократный выход из привычных границ двигательных проявлений скрывает за собой такое непознанное богатство возможностей, которое сулит подлинный скачок результатов, но которое в то же время может открыться перед нами лишь после детальнейшего и целенаправленного научного поиска.

Признавая принципиальные возможности очень существенного роста результатов, мы видим, что резервы этого роста скрыты не только в «снятии блокировок», ограничивающих эффективность двигательных проявлений.

О подобных возможностях говорят наблюдавшиеся нами единичные факты (И. П. Ратов, 1972), когда электроактивность мышц в наилучших попытках метаний и упражнений со штангой была значительно меньшей по амплитудам, нежели просто в хороших попытках. Эти факты примечательны в связи с тем, что обычно с повышением интенсивности уп-

ражнения наблюдается количественный рост амплитудных характеристик мышечной электроактивности. Сниженные уровни электроактивности говорят о том, что наилучшие попытки могут быть выполнены при меньших мышечных напряжениях. Примечательно, что наши испытуемые говорили об ощущениях легкости в этих попытках.

Перед нами, таким образом, виден путь организации эффективных движений не через акцентирование усилий, а через координационное упорядочение. На наш взгляд, перспективы этого пути чрезвычайно многообещающи в связи с его практически полной неразработанностью.

Следует учесть: все, что было сделано до сих пор для выявления оптимальных условий выполнения упражнений, базировалось на внешних наблюдениях движений без должного учета их внутреннего содержания. В то же время внутреннее содержание движений, представляющее собой мозаику мышечных напряжений, все еще практически остается вне поля внимания тренеров и научных работников спорта.

До сих пор сам процесс освоения нового движения спортсменом происходит лишь на основе попыток воспроизвести желательную внешнюю картину движения с определенным результатом. Но если подойти более внимательно, то задача освоения нового и при этом эффективного движения должна решаться на основе освоения нужной последовательности мышечных напряжений при взаимосогласовании их уровней.

Наряду с пониманием причин, определяющих эффективное выполнение движений, мы должны учитывать и те глубокие противоречия, которые заложены в самом процессе выполнения движения и которые в наибольшей мере лимитируют уровень реализации спортсменом потенциала его двигательных возможностей.

Основная суть ряда внутренних противоречий движения, обусловленных действием механизмов межмышечной координации, заключается в том, что возрастание интенсивности напряжения мышц при попытках повысить внешний эффект выполняемого спортивного упражнения может в целом ряде ситуаций ухудшить итоговый результат.

Координационные нарушения движений вследствие возрастания напряжения мышц определяются основным принципом функционирования механизма межмышечной координации, заключающимся в том, что уровни активности мышц взаимосвязаны и обуславливают друг друга. Вследствие этого любое дополнительное повышение уровня активности какой-

либо мышцы в системе напряженных мышц обеспечивается соответствующим падением активности на каких-то других мышцах.

Привлечем к объяснению примеры.

Анализ наших экспериментальных материалов показал, что излишняя активность мышц может вызывать ухудшение результативности движений в следующих основных случаях:

— чрезмерное напряжение мышцы, играющей роль «ведущего элемента» в соответствующей фазе движения, удлиняет время ее расслабления, что, в свою очередь, препятствует быстрому развитию активности другой мышцы, которая должна стать «ведущим элементом» в следующей фазе движения;

— чрезмерное напряжение второстепенной мышцы приводит к превращению ее в «ведущий элемент» системности межмышечных координационных отношений, соответствующей данной фазе движения. Это приводит к перестройке системы межмышечных взаимосвязей, характерной определенным порядком соотношений уровней мышечных напряжений, вследствие чего искажается ход развертывания движения;

— излишнее или же несвоевременное напряжение какой-либо из быстро активизирующихся мышц приводит к соответственному уменьшению уровня активности крупных мышц и падению величины их внешнего рабочего эффекта. Как это было показано нашими экспериментальными материалами (докт. дисс.), а также материалами сотрудников лаборатории биомеханики Ф. Я. Верховского (1972) и В. Б. Сергиенко (1972), излишняя или же несвоевременная активность относительно мелких по своему поперечнику мышц, обладающих свойством активизироваться быстрее других мышц и с большей вероятностью «подключаться» к выполнению движений, является причиной, вызывающей падение уровня активности крупных, но медленно активизирующихся мышц.

Следует обратить особое внимание на последний пример, так как большинство технических ошибок порождается именно излишней или же несвоевременной активностью мышц, имеющих повышенную вероятность к развитию активности.

В случаях, если во время развертывания движения преждевременно активизируются подобные мышцы, то вследствие этого крупные мышечные группы не развивают должный уровень напряжения. Те случаи, когда подобная мышца развивает чрезмерное напряжение, дают нам возможность увидеть,

как одновременно с возрастанием активности падает внешний силовой эффект от работы крупных мышечных групп.

Обратив внимание, в одной из выпущенных ранее статей на подобные отрицательные феномены межмышечной координации (Ф. Я. Верховский, И. П. Ратов, С. В. Возняк, 1970), мы в то же время подчеркнули, что тренировочная работа, направленная на укрепление быстро активизирующихся мышц, повышает вероятность их несвоевременной или же чрезмерной активности. К этому следует добавить, что быстро активизирующиеся мышцы уже в силу своих особых свойств чаще участвуют в выполнении движений, а вследствие этого могут быстрее наращивать свой силовой потенциал. Эти два последних обстоятельства чрезвычайно обостряют рассматриваемое противоречие. Но зато теперь мы уже видим и основные возможности его преодоления. Уже тот факт, что мы знаем о возможностях увеличения вероятности несвоевременного и излишнего напряжения быстро активизирующихся мышц, заставляет искать такие приемы выполнения упражнений, при которых эта вероятность будет искусственно понижена за счет подбора соответствующих условий.

В связи с обсуждением причин возможных отрицательных последствий от излишней активности мышц, задержим внимание на одном важном аспекте проблемы межмышечной координации, заключающемся в противоречии между необходимостью повышения вклада каждой из мышц в выполняемое двигательное действие и возможностями отрицательных последствий, которые могут произойти вследствие выхода активности какой-либо из мышц за рамки оптимума.

Важность рассмотрения этого противоречия обусловлена тем, что в системе средств спортивной тренировки ведущую роль играют разнообразные средства, направленные на повышение силового потенциала мышц. Но в то же время нельзя не обратить внимания на весьма большой разрыв между величинами этого потенциала и величинами его реализации в конкретных спортивных упражнениях. Этот разрыв можно объяснить несовершенством координации, так как именно из-за этой причины мы при выполнении спортивных движений не можем извлечь из мышц накопленное в них богатство потенциальных возможностей.

Условием более эффективного функционирования механизма межмышечной координации является, как мы уже говорили, согласование и упорядочение уровней мышечных напряжений. Поэтому решать задачу повышения спортивного

результата за счет более интенсивной работы каждой из мышц мы можем лишь до тех пор, пока повышение уровней активности отдельных мышц не расстроит соотношений в системе межмышечных взаимосвязей. Таким образом, мы приходим к выводу, что для системы, которая функционирует на основе активности многих мышц, достижение силового максимума в итоге работы этих многих мышц — есть следствие частных оптимумов их активности. А из этого вытекает необходимость — искать возможности повышения результатов не на основе интенсификации усилий отдельных мышц, а прежде всего на основе выявления таких оптимумов их активности, при которых будут обеспечены наилучшие условия для смены фаз движений. Решение подобной, очень сложной задачи может быть лучше всего обеспечено при условии, если мы используем для этого соответствующие методические подходы и технические средства, о которых сейчас пойдет речь.

* *

*

Поиски резервов возможностей для роста спортивных результатов не могут не привести к одному из наиболее существенных противоречий совершенствования, которое заключается в том, что эффективный способ достижения рекордного результата, а именно: спортивная техника — не может быть освоен вне условий, соответствующих этому результату. В связи с ростом результатов все более усложняются условия, препятствующие формированию спортивной техники, необходимой для достижения нового рекорда.

Здесь следует сказать, что под понятием спортивная техника мы понимаем способ реализации человеком потенциала его двигательных возможностей. Следовательно, техника тем совершеннее, чем в большей степени человек реализует через нее свои возможности, достигая высокого результата.

А из этого, в свою очередь, вытекает, что самая совершенная техника — это не просто какие-то целесообразные действия, но действия, обеспечивающие прежде всего рекордный результат. С этих позиций, позиций преимущественности результата в оценке качества техники, мы не можем признать хорошей технику, если она не дает высокого результата.

В отмеченном противоречии наибольшая острота вопроса

заключается в том, что на формирование эффективной техники для достижения рекордного результата накладываются жесткие ограничения прежде всего со стороны сил, возникающих при движении и противодействующих его высококачественному выполнению.

В то же время общезвестно, что осваивать технику, а точнее ее координационные компоненты, нельзя при предельных напряжениях. Излишние мышечные напряжения, как мы только что говорили, обязательно исказят условия координационных оптимумов, и эффективное движение не будет построено.

Для более четкой демонстрации условий, углубляющих рассматриваемое противоречие, обратим внимание на то, что в большинстве видов спорта процесс формирования эффективной техники строится так, что осваиваемые упражнения не являются однородными по своему биодинамическому и координационному содержанию. Здесь мы хотим сказать, что даже при наличии какого-то основного циклического действия, выполняемого в определенном режиме, нужны еще действия, обеспечивающие выход на этот режим. При этом мы еще можем дополнительно подчеркнуть, что выход на рекордный режим представляет собой задачу, трудную уже самому по себе.

Используем пример спринтерского плавания для демонстрации различий режимов набора скорости и ее поддержания.

Возрастание скорости движения тела пловца в водной среде, плотность которой превышает плотность воздуха в 800 раз, дает нам возможность увидеть, что с приращением скорости энергетические затраты на перемещение тела все больше будут уступать затратам на преодоление сопротивления воды. Не углубляясь в описание особенностей гидродинамики, укажем лишь, что с возрастанием скорости возрастает масса перемещаемых потоков воды. Это затрудняет осуществление эффективных гребковых движений и вынуждает использовать другие направления движений рук при гребковых движениях.

Таким образом, мы приходим к дополнительному выводу, что выход на какую-то новую рекордную скорость обеспечивается не простым количественным возрастанием силовых и скоростных компонентов существующей техники, но требует качественных технических перестроек. В развитие этого вывода можно допустить, что объем качественных технических

перестроек должен увеличиваться при решении задач овладения еще более высокими скоростными рубежами, которые мы сейчас еще не планируем, но в принципе обязаны планировать.

Здесь может возникнуть вопрос, а как можно в таких условиях формировать и отрабатывать какую-то еще неизвестную технику плавания на рекордной скорости, когда само достижение этой скорости представляет собой исключительно трудную задачу? А уже в этой связи можно ожидать и второго вопроса о том, есть ли какие-либо принципиальные возможности для уверенного преодоления противоречия между необходимостью достижения новой цели и необходимостью формирования средств доставки на эту цель—технику—через условия соответствующие новой цели.

Нет нужды говорить о том, что обычные пути преодоления этого противоречия через возрастание интенсивности тренировочных нагрузок оставляют очень мало возможностей для постановки и «шлифовки» техники.

Однако есть принципиально другой путь преодоления противоречия.

Он заключается в том, чтобы искусственным путем снять со спортсмена решение задачи выхода на рекордную скорость, оставив за ним поиск того варианта оптимальной техники, который наилучшим образом соответствует этой рекордной скорости.

Возможности для этого могут быть созданы путем придания телу спортсмена такого тягового усилия, которое обеспечит его продвижение в воде с определенной запланированной скоростью.

Технически подобная задача решается весьма просто. Для этого могут быть созданы конструкции с различными движителями, но с одной общей идеей — обеспечения перемещения тела пловца в воде с нужной скоростью.

В систему технических средств, используемых для этого, следует включить устройства для оценки качества тех действий спортсмена, которые направлены им на то, чтобы самому сообщать своему телу как можно большую скорость с конечной задачей — уменьшить до минимума, когда это станет возможным, внешние тяговые усилия, прилагаемые со стороны транспортного технического средства. Естественно, что не следует преждевременно форсировать решение задачи достижения минимума внешней тяги.

В создавшихся новых условиях нужно, по нашему мнению, решать следующие задачи: во-первых, нужно, чтобы спортсмен научился взаимодействию своего тела с обтекающими его потоками воды. При постоянном протягивании спортсмен обязательно должен найти оптимальные условия своего поведения, обеспечивающие меньшее сопротивление среды; во-вторых, спортсмен должен найти такие условия выполнения гребковых движений, при которых в наименьшей степени будут потребны усилия внешней тяги; в-третьих, следует выявить такое сочетание условий, при которых можно обеспечить длительное выполнение оптимальных гребковых усилий.

Вряд ли можно сомневаться в том, что устранение силовых и нервных затрат на разгон тела до планируемой скорости дает спортсмену лучшие возможности для становления такой межмышечной координации, которая должна соответствовать более совершенному варианту техники.

Пример скоростного плавания дает нам возможности показа крайне тяжелых условий для формирования новой эффективной спортивной техники. В то же время отрицательное влияние этих условий может быть частично ограничено за счет использования соответствующего тренажера.

Теперь вполне логичным будет перенесение акцента внимания на другие виды физических упражнений.

Поскольку во многих упражнениях спортсмен должен сначала достичь какого-то уровня скорости, а уже потом сохранять его, то выполнение первой задачи на основе использования тренажера должно улучшить возможности для более эффективного овладения техникой в ходе решения второй задачи — поддержания скорости.

Наша столь уверенная рекомендация к использованию подобного пути базируется на опыте, извлеченном из проведенных в лаборатории биомеханики ВНИИФК испытаний тренажерных устройств «облегчающего лидирования».

В течение нескольких лет в лаборатории проверялась гипотеза о том, что искусственно организованное уменьшение стрипательного влияния силы тяжести на движения спортсмена может обеспечить более полное раскрытие его двигательных возможностей в таких, например, упражнениях как спринтерский бег (И. П. Ратов).

В этих целях было создано несколько вариантов транспортных средств, обеспечивающих сообщение телу бегущего спортсмена тягового усилия, направленного вверх. Тем са-

мым искусственно создавались условия для уменьшения доли энергетических затрат на вертикальные перемещения тела. За счет этого возникали возможности для развития спортсменом таких скоростей бега, которые значительно превышают уровни, соответствующие существующим рекордам.

Мы не говорим здесь о результатах наших испытаний и методических условиях внедрения новых приемов в практику спорта, поскольку это должно составлять предмет совершенно самостоятельного сообщения. Отметим лишь, что на основе искусственной тяги, направленной вверх, устраняются основные помехи для совершенствования техники.

Здесь, также как и в примере с плаванием, найдена главная причина основных энергетических трат и показано, что за счет ограничения этих трат можно усилить внимание спортсмена к технической стороне решения задачи достижения высокой скорости.

Вполне естественным логическим выводом из сказанного можно считать ожидание лучших результатов от использования подобного подхода в барьерном беге, в прыжках в длину и тройным. Во всех этих случаях спортсмену в меньшей степени нужно будет концентрировать внимание на задаче набора нужного уровня скорости, что обязательно должно создать лучшие условия для отработки техники.

Завершая обсуждение условий преодоления противоречия между необходимостью достижения новой цели и необходимостью сформировать средства ее достижения — соответствующую спортивную технику, отметим, что на основе использования тренажеров можно любое составное упражнение разделить на перемещающие друг в друга части. Облегчая выполнение этих частей путем создания искусственных условий для выхода на планируемый режим движения, мы можем резко усилить возможности формирования эффективной спортивной техники.

Естественно, что создание лучших условий означает и лучшие возможности для овладения совершенной техникой. Не вызывают никаких сомнений и преимущества, которые получает спортсмен, обладающий совершенной техникой. Однако мы знаем, что любой положительный процесс не может не порождать каких-то побочных последствий, которые не всегда будут иметь благоприятный характер. Процесс технического совершенствования не является исключением и порождает в самом себе ограничения, которые все более препятствуют дальнейшему росту спортивных достижений. Поэ-

тому нам предстоит рассмотреть причины и пути преодоления новой группы противоречий совершенствования в движениях. Основная суть этих противоречий заключается в том, что в ряде видов спорта достижение технического совершенства начинает выступать как фактор, ограничивающий, в определенной степени, дальнейший рост спортивных результатов. Первое из противоречий этой группы заключается в том, что чем биомеханически рациональнее выполняется упражнение, тем в меньшей степени оно оставляет после себя физиологические следовые изменения. Говоря другими словами, биомеханическая рациональность движения ограничивает возможности влияния этого же движения как физиологического раздражителя.

Внутренний механизм подобных явлений заложен в самой природе изменений, происходящих в движении при его совершенствовании.

Прежде всего с ростом мастерства изменяется сам характер приложения усилий. Усилия прикладываются главным образом лишь в ответственные моменты движения. Устраняется перепроизводство усилий. Изменение направлений действия силы происходит более плавно. Усилия концентрируются во времени. Все эти внешние проявления движения обусловлены более совершенной работой внутреннего механизма, то есть своевременностью и концентрацией во времени мышечных напряжений. Несмотря на повышение интенсивности этих мышечных напряжений, их общая длительность становится короче. В связи с этим должны уменьшаться и суммарные величины импульсации, поступающей с мышечно-сухожильных рецепторов в нервные центры. Следовательно, чем выше мастерство в выполнении данного упражнения, тем меньше его следовое влияние. Приведенные соображения дополняют традиционное объяснение усматривающее в качестве причины замедления роста спортивных результатов адаптацию к постоянно применяемым раздражителям.

Обратив в свое время внимание на противоречие между биомеханической рациональностью и физиологической нерациональностью движения (И. П. Ратов, 1970), мы подчеркнули, что путь для преодоления указанного противоречия заключается в выполнении многих тренировочных упражнений не самым технически рациональным образом, а при специально запланированных вариациях условий выполнения движений.

Нами также указывалось, что планирование этих вариаций

ции следует осуществлять, ориентируясь на те возможности, которые может предоставить использование специализированных гренажерных устройств.

После указания на необходимость варьирования, представляющего условия для обеспечения воздействия упражнения как физиологического раздражителя, следует подумать с том, что само варьирование влечет за собой возможности стрицательных последствий. Естественно, что его нельзя считать желательным, когда требуется выполнять тренировочные упражнения с задачей максимального приближения к соревновательным условиям. Сказанное подчеркивает необходимость разделения целевых задач тренировочных упражнений в связи с их основной направленностью.

Из разделения упражнений по признакам преимущественного влияния на технические или качественные компоненты осваиваемого движения просматриваются возможности значительно более глубоких обобщений.

Налицо сам факт противоречия между выполнением с разными целевыми заданиями одного и того же упражнения, например, противоречие между тренировочным и соревновательным упражнением. В отличие от соревновательного упражнения, цель которого — максимально полная реализация потенциала двигательных возможностей человека через результат, задача соревновательного упражнения — сформировать средства достижения результата путем усиления качественных или технических компонентов движения. Выполняя одинаковое упражнение на соревновании и на тренировке, спортсмен в первом случае переносит свой потенциал возможностей в движение, то есть как бы «выкладывается»; во втором же случае — накапливает потенциал.

В большом числе случаев мы еще не можем выделить каких-то особых акцентируемых целей при выполнении упражнения в качестве тренировочного средства, но такие цели следует определить и ставить.

Нельзя не акцентировать внимания на одном логическом парадоксе. Стремясь к совершенствованию в данном спортивном движении, мы должны предотвращать возможности совершенствования самого средства, используемого для этого. Возвращаясь к уже приведенным доводам, укажем, что мы не должны совершенствовать тренировочное упражнение и добиваться технического мастерства в выполнении тренировочного средства.

Следует заметить, что мы имеем очень большое число при-

меров самого совершенного выполнения спортсменами многих специальных тренировочных упражнений, например, упражнений с отягощениями. Можно даже говорить о том, что вследствие постоянного выполнения этих упражнений сформировалась очень эффективная техника. Использование многих специальных упражнений в качестве контрольных тестов физической подготовленности побуждает спортсменов тренироваться в выполнении этих упражнений, а в итоге достигать при их воспроизведении подлинного технического мастерства. Однако наиболее положительный перенос потенциала качеств и навыков со специального упражнения на основное соревновательное упражнение обеспечивается не вследствие достижения технического мастерства в выполнении специального упражнения, а лишь тогда, когда это упражнение обеспечивает функцию недостававших ранее вариаций основного упражнения. При достижении технического совершенства в воспроизведении тренировочного упражнения его нужно заменять другими или вводить искусственные вариации в его выполнение, так как биомеханическая рациональность данного упражнения станет ограничителем его возможного физиологического воздействия.

* *
*

Загронув вопрос о контролируемых вариациях при выполнении тренировочных упражнений и об устранении вариаций из соревновательных попыток, мы подошли к проблеме взаимосвязей стабильности и вариативности навыка и к вопросу о противоречиях, скрытых в этих взаимосвязях.

Здесь мы имеем очень своеобразные парадоксы.

Тренировка в движениях постоянно расширяет двигательные возможности, расширяет вероятность использования все большего числа частных двигательных тактик, однако утилизация этих возможностей на все более высоком уровне показывает, что диапазон вариативности в результативных движениях уменьшается с возрастанием мастерства. Учет этого противоречия особо важен потому, что уменьшение вариаций в выполнении упражнений может повлечь за собой отрицательные последствия.

Варьирование условий выполнения упражнений необходимо потому, что последовательное повторение, устойчивость попыток стабилизируют двигательный навык. Стабилизация

же навыка неизменно должна привести к стабилизации спортивного результата. Таким образом, стабильный двигательный навык, с одной стороны, выступает как несомненная гарантия успеха, с другой стороны, может рассматриваться как препятствие для дальнейшего спортивного роста.

Закреплению навыка объективно способствуют попытки спортсмена показать более высокий результат. Каждая попытка повышения результата выполняется в более тяжелых условиях, нежели выполнение движения на уже освоенном уровне. А из экспериментальных данных известно, что к выполнению более трудных двигательных заданий ведет меньшее число путей, так как при повышении интенсивности взаимодействия с внешними силами уменьшается число различных частных тактик выполнения движения (И. П. Ратов, В. М. Девишвили, Д. Д. Донской, В. Н. Муравьев, А. Г. Нагорный, А. Л. Фруктов, 1966).

Нахождение путей преодоления противоречия, заключающегося в стабилизации двигательного навыка и спортивного результата, представляет собой очень сложную задачу. Ее сложность определяется главным образом тем, что уменьшение тактик выполнения движений уменьшает возможности тренировочных вариаций в условиях максимума двигательного эффекта. Выполнение же задач на изменение некоторых особенностей движения, то есть искусственные вариации, препятствует достижению максимального результата.

Дальнейшие логические операции в развитие высказанных положений подтверждают выводы об обязательности отрицательных факторов, вытекающих из совершенствования и замедляющих его. Чтобы помешать этому замедлению нужно постоянно изменять природу факторов, детерминирующих двигательное совершенствование.

Совершенствование, когда оно переходит в «шлифовку техники», перестает быть самим собой, а превращается в стационарный процесс стабилизации. Поэтому необходимым элементом двигательного совершенствования является непрекращающееся обучение, сочетающееся с непрерывным освоением новых режимов работы. Эти соображения о желательности постоянного обучения можно сопоставить с выводами Л. П. Матвеева (1965) о том, что спортивная форма, приобретенная на какой-то данной ступени спортивного совершенствования, представляет собой состояние оптимальное для данных условий. Он отмечает, в частности, что «...стремление сохранять раз приобретенную спортивную форму рав-

носильно желанию стоять на месте». Из этого следует вывод о необходимости временных утрат спортивной формы, так как это создает возможности дальнейшего совершенствования.

Таким образом, мы приходим к заключению, что процесс спортивного совершенствования не может быть стационарным и непрерывным. Он должен быть обязательно квантован на какие-то отрезки. В содержании же этих отрезков должно быть предусмотрено постоянное освоение нового.

Совокупность приведенных фактов и логических построений показывает, что процесс совершенствования в движениях представляет собой чрезвычайно подвижную сонастройку и взаимосогласование непрерывно изменяющихся состояний, подверженных действию большого числа переменных факторов. Совершенствование в движениях, развиваясь под влиянием целенаправленных педагогических воздействий, ведет к достижению все более высоких результатов. Но в этом процессе развития вызревают и оказывают свое воздействие все новые и новые противоречия. Многие из них остались вне нашего внимания. Многим еще суждено появиться на новых путях развития спортивной тренировки. Совершенствование уже известных и появление новых методических средств, разработка новых методов их использования породят новые противоречия, что потребует поиска путей их преодоления. Поэтому целевая направленность настоящей работы — это не только попытка констатации подмеченных противоречий. Этой работой автор хотел бы привлечь внимание спортивной общественности к тем противоречиям, которые неминуемо вырастут из использования в дальнейшем все более совершенных методов подготовки спортсменов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Парин В. В. Предисловие к кн. Ст. Лема «Сумма технологии». Изд-во «Мир», М., 1968.
2. Бауэр Э. С. «Теоретическая биология». Изд. Всес. ин-та экспер. медицины. М., Л., 1935.
3. Ратов И. П. Исследование спортивных твужений и возможностей управления изменениями их характеристик с использованием технических средств. Докт. дисс. М., 1972.
4. Мечников П. И. Этюды оптимизма. М., 1913.
5. Нюберг Н. Д. Зрение в пальцах. Ж. «Природа», 1963, № 5.

6. Верховский Ф. Я. Экспериментальное исследование условий повышения эффективности тяжелоатлетических соревновательных и тренировочных упражнений (на примере толчка штанги двумя руками). Канд. дисс. М., 1972.

7. Сергиенко В. Б. Исследование влияния сбивающих воздействий на двигательную активность в циклических локомоциях. Канд. дисс. М. 1972.

8. Верховский Ф. Я., Ратов И. П., Возняк С. В. Возможности предотвращения отрицательных феноменов межмышечной координации в спортивных упражнениях. «Теор. и практ. физ. культ.», 1970, № 1.

9. Ратов И. П. О противоречиях спортивного совершенствования. «Теор. и практ. физ. культ.», 1970, № 4.

10. Ратов И. П., Девишвили В. М., Доуской Д. Д., Муравьев В. Н., Нагорный А. Г., Фруктов А. Л. К явлениям минимизации отклонений характеристик двигательной функции с увеличением скоростей перемещений и сопротивлений. Материалы к итог. научн. сессии института за 1965 г., ЦИИИФК, М., 1966.

11. Матвеев Л. П. Проблемы периодизации спортивной тренировки (2-е изд.). М., ФИС, 1965.

О ПРОБЛЕМЕ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ СПОРТИВНОГО ДВИЖЕНИЯ ВЯЗКО-УПРУГИМИ СВЯЗЯМИ

Проблема взаимодействия спортсмена с вязко-упругими средами (покрытия легкоатлетических дорожек, стадионов), спорами и спортивными снарядами, упругими связями, налагаемыми на движение, является одной из важнейших в биомеханических исследованиях.

К решению данной проблемы, теоретическому и экспериментальному, обращались многие исследователи (В. Н. Муравьев и др., 1970; В. Т. Назаров и др., 1974; И. П. Рагов и др., 1975; Ю. А. Гагин и др., 1974; В. Д. Ремнев 1972, 1973; Ю. А. Ипполитов и др., 1973). Конечная цель этих исследований — оптимизация процесса взаимодействия спортсмена с опорами и спортивными снарядами в конкретных видах спорта (преимущественно в гимнастике).

Целью данной работы является выявление общих закономерностей влияния вязко-упругой внешней среды на движения спортсмена, исследование путей целенаправленного изменения характера движения и его оптимизации. Задача оптимизации имеет два аспекта — оптимизация техники выполнения упражнения при заданных (например, правилами) физико-механических свойствах спортивных снарядов и сооружений (чем занимается сейчас спортивная педагогика) и оптимизация свойств спортивных снарядов и сооружений по выбранному критерию оптимальности (например, скорости тела спортсмена после взаимодействия или времени взаимодействия, или требованию обеспечения минимума энергетических потерь). Оптимизация свойств спортивных снарядов в нашем понимании — это создание у них таких физико-механических характеристик, которые позволяли бы формировать

у спортсмена нужные нам двигательные качества, обеспечивающие заранее запланированный рекордный результат. То есть, в настоящее время уже ставится задача не просто оптимизации движения, а оптимизации его при запланированном спортивном результате.

При такой постановке задачи важнейшее значение приобретает теоретическое решение, позволяющее исследовать ситуации, в настоящее время еще не существующие, а, следовательно, инструментально не измеримые.

Любые теоретические исследования в биомеханике неизбежно сталкивают нас с проблемой представления тела человека в виде какого-то модельного аналога. Рассмотрим движение человека по поверхности вязко-упругой среды.

Введем операторную функцию \vec{M} , описывающую взаимодействие элементов тела человека при движении по поверхности среды:

$$\vec{M}(\vec{X}_1, \dots, \vec{X}_n, \vec{U}|_{z=0}) = 0 \quad (1)$$

где векторы \vec{X}_i ($i=1, 2, \dots, n$) характеризуют положение звеньев тела в заданной системе координат, число «n» показывает степень детализации при рассмотрении модели человека как многозвенной системы.

$\vec{U}|_{z=0}$ — вектор смещения поверхности среды.

Вектор \vec{U} должен удовлетворять уравнению

$$\rho \frac{\partial^2 \vec{U}}{\partial t^2} = \mu \nabla^2 \vec{U} + (\lambda + \mu) \nabla(\nabla \cdot \vec{U}) + \frac{\partial}{\partial t} \left\{ \mu^1 \nabla^2 \vec{U} + (\lambda^1 + \mu^1) \nabla(\nabla \cdot \vec{U}) \right\} \quad (2)$$

где $\rho, \mu, \mu^1, \lambda, \lambda^1$ — константы, характеризующие вязко-упругую среду,

∇ — оператор Гамильтона.

На поверхности среды должны выполняться следующие граничные условия:

$$\sigma_{j3}(\vec{r}, t) = P_j(\vec{r}, t) |_{z=0} \quad (3)$$

где $\sigma_{j3}(\vec{r}, t)$ — составляющая тензора напряжений у поверхности полупространства.

$P_j(\vec{r}, t)$ — давления, создаваемые спортсменом на поверхности полупространства.

$\vec{r} = \{x, y\}$ — радиус-вектор

t — время

Предполагается, что операторная функция $\overset{\Delta}{M}$ позволяет найти соотношение, связывающее координаты элементов тела \vec{X}_j , с давлениями, возникающими на поверхности полупространства.

$$P_j(\vec{r}, t) = f_j(\vec{X}_1, \dots, \vec{X}_n, \vec{U}|_{z=0}) \quad (4)$$

Система уравнений (1—4) полностью описывает динамику взаимодействия системы «Спортсмен—вязко-упругая среда—спортивный снаряд».

Для выявления качественных закономерностей влияния упругой среды на перемещение центра масс человека выберем простейшую модель человека в виде двух масс m_1 и m_2 с известной функцией $\hat{f}(t)$ взаимодействия между ними, где:

m_1 — масса тела спортсмена без нижней части ног;

m_2 — масса нижней части ног, движущаяся во время взаимодействия синхронно движению среды;

$\hat{f}(t)$ — мышечное усилие.

Выбор такой простейшей модели вполне, по нашему мнению, оправдан, поскольку модели человека с большим числом звеньев, обладая всеми недостатками, свойственными механистическому подходу при математическом описании движений человека, не дали бы ничего нового для выяснения характера явления и в то же время повлекли бы за собой дополнительные трудности в интерпретации решения вследствие роста числа степеней свободы.

В рамках простейшей модели взаимодействия спортсмена со средой описывается система уравнений:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{X} = m_1 g - \hat{f}(t) - \alpha_1 (\dot{X} - \dot{U}) \\ m_2 \ddot{U}|_{z=0} = m_2 g + \hat{f}(t) - S_0 \sigma_{33} \end{cases} \quad (5)$$

где S_0 — площадь стопы;

$\sigma_{33} = \sigma_{33}(U)$ — деформация среды;

α_1 — коэффициент вязкости.

Решение системы уравнений (2÷5) может быть получено, если воспользоваться результатами исследований, представленных в работе (В. В. Кузнецов, 1974). Однако выводимые при этом соотношения затрудняют интерпретацию результатов и требуют значительных численных расчетов. Для получения качественных и, в первом приближении, количественных характеристик взаимодействия значительно проще вместо нелинейного уравнения (2) рассмотреть так называемое «Винклеровское полупространство».

$$K_2 U_z = P - m^1 \ddot{U} \Big|_{z=0} \quad (6),$$

где K_2 — коэффициент упругости среды, m^1 — присоединенная масса единицы поверхности, P — давление стопы на поверхность среды.

При этом получаются уравнения, с помощью которых можно описать взаимодействие спортсмена со спортивными снарядами. В этом случае в массу m_2 включается и присоединенная масса m^1 спортивного снаряда.

Конкретизируем вид $\bar{f}(t)$ следующим образом:

$$\bar{f}(t) = K_1(t) (X - U) \quad (7),$$

где K_1 — коэффициент упругости ног спортсмена.

Тогда задача сводится к уже рассмотренной ранее (В. В. Кузнецов, Г. И. Попов, И. П. Ратов, 1975).

Рассмотрим в рамках принятой модели движение человека, ограниченное упругой связью. В этом случае система динамических уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{X} = m_1 g - \bar{f}(t) - K_1(X - U) - KX - \alpha_1(X - U) \\ m_2 \ddot{U} = m_2 g + \bar{f}(t) + K_1 X - (K_1 + K_2)U - \alpha_2 U \end{cases} \quad (8).$$

При $t = 0$

$$\begin{aligned} X &= X_0; & \dot{X} &= V_1 \\ U &= U_0; & \dot{U} &= V_2 \end{aligned} \quad (9).$$

Решение данной системы уравнения не содержит ничего принципиально нового по сравнению с уже полученным решением (В. В. Кузнецов и др., 1975). Единственное отличие — корни характеристического уравнения являются функциями коэффициента упругости K связи. Проведенный на ЭВМ рас-

чет частот собственных колебаний показывает, что при различных параметрах модели получаются различные функциональные зависимости собственных частот от K , но общая тенденция роста частоты с ростом коэффициента упругости сохраняется. Для иллюстрации приводится рис. 1, на котором построены упомянутые функциональные зависимости для конкретных численных значений параметров $m_1, m_2, k_1, k_2, v_1, v_2$.

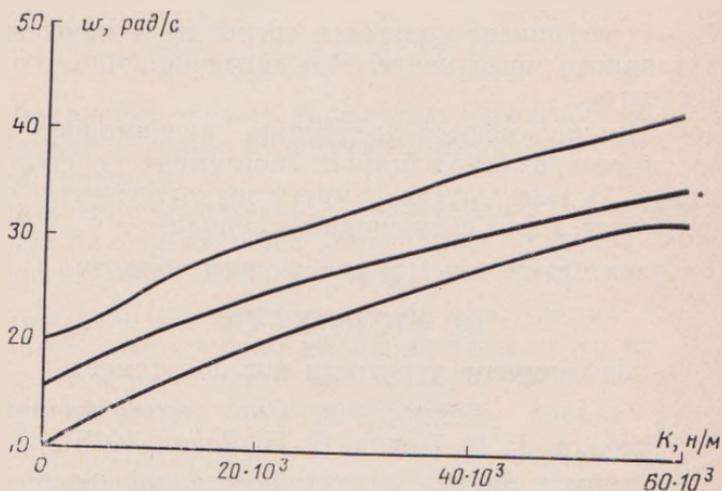


Рис. 1. Зависимость частот собственных колебаний модели при различных числовых значениях параметров $m_1, m_2, k_1, k_2, v_1, v_2, f_0$.

Движение спортсмена, ограниченное упругой связью, практически было осуществлено в экспериментах по бегу в условиях тренажерно-исследовательского комплекса «Система облегчающего лидирования» (СОЛ) (И. П. Ратов и др., 1975).

В качестве исследуемого кинематического биомеханического параметра было выбрано колебание общего центра тяжести (ОЦТ) спортсмена. Упругая связь прикладывалась к спортсмену со стороны лидирующего устройства по вертикали, проходящей через ОЦТ (точнее, вблизи ОЦТ в пределах точности визуальной оценки местоположения ОЦТ спортсмена). Регистрация усилий, прилагаемых к спортсмену со сто-

роны лидирующего устройства через упругую связь, проводилась с помощью тензорезисторного силовизмерительного элемента. Материал, из которого выполнялся упругий элемент тензорезисторного датчика силы, гарантировал отсутствие остаточных деформаций, и, следовательно, широкий частот-

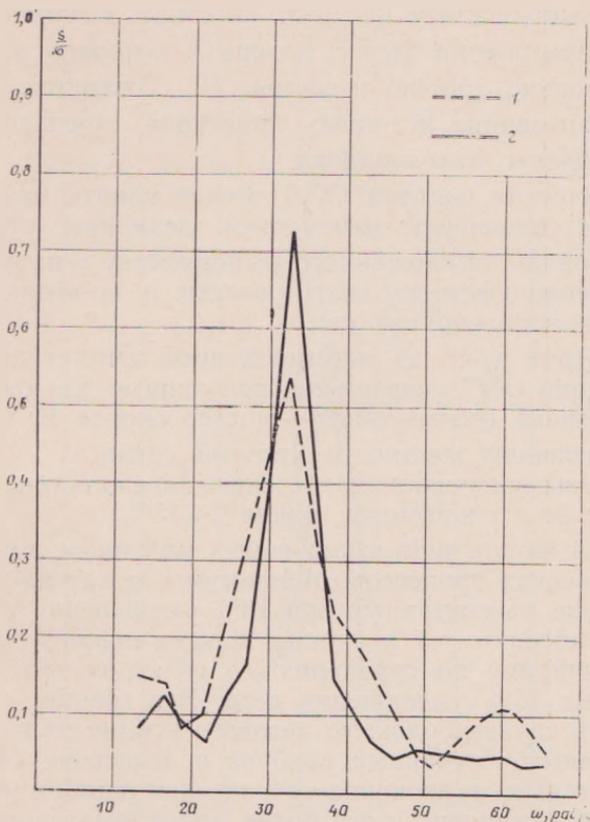


Рис. 2. Нормированные амплитудные спектры колебаний ОЦТ спортсмена (мастер спорта) при условии: а) постоянной жесткости упругой связи, б) изменении величины среднего тягового усилия (1—10% от веса спортсмена, 2—15%).

ный диапазон измерений. Характеристика преобразования датчика линейна. Поскольку экспериментально установлено, что деформация упругой связи подчиняется закону Гука, то по записям, полученным с помощью тензонизмерительного датчика силы, можно судить о колебаниях ОЦТ спортсмена.

В проведенных исследованиях приняли участие спортсмены разной квалификации — от новичков до мастеров спорта международного класса.

Анализ полученных реализаций проводился спектральным методом, выполненным на ЭВМ «БЭСМ-4» с помощью быстрого преобразования Фурье, алгоритм которого в настоящее время довольно хорошо известен (Г. Дженкинс, Д. Ваттс, 1971). Квантование исходных массивов производилось на основе теоремы Котельникова.

Механическая система СОЛ может влиять на движение спортсмена, во-первых, изменением величины статического тягового усилия, приложенного к спортсмену и направленного противоположно вектору силы тяжести, и, во-вторых, изменением жесткости упругой связи.

Рассмотрим (рис. 2) нормированные амплитудные спектры колебаний ОЦТ спортсмена, полученные для одного и того же человека (испытуемый — мастер спорта В. С—в) при:

а) постоянной жесткости упругой связи,

б) разных величинах статического тягового усилия (линия 1—10% от веса спортсмена, линия 2—15%).

Спектры имеют явно выраженный максимум, характерный для циклических процессов. Максимумы лежат на одной частоте. Спектр, рассчитанный при 10% уменьшении веса, имеет меньшую абсолютную величину максимального значения и большую ширину по сравнению со спектром, рассчитанным при условии 15% уменьшения веса. Это говорит о том, что движение в случае большего тягового усилия является более упорядоченным, случайный разброс в действиях спортсмена, а следовательно, и величина технических ошибок уменьшается, движение становится все более монохроматичным. Следовательно, в данном случае тренажерный комплекс СОЛ упорядочивает ритмику бега, позволяет спортсмену исключить отклонения в движении, являющиеся вредными с точки зрения энергетических потерь. На рис. 3 представлены нормированные спектры колебаний ОЦТ бегуна (испытуемый м. с. С—в) при:

а) различных коэффициентах упругости связи (линия 1 — коэффициент упругости $\sim 1 \cdot 10^3$ н м, линия 2 — $\sim 3 \cdot 10^3$ н м),

б) постоянстве статического тягового усилия.

Смещение спектрального максимума в область высоких частот говорит о том, что увеличивается частота движения, период бегового цикла уменьшается. Следовательно, изменилась ритмика и структура бега, что может произойти только

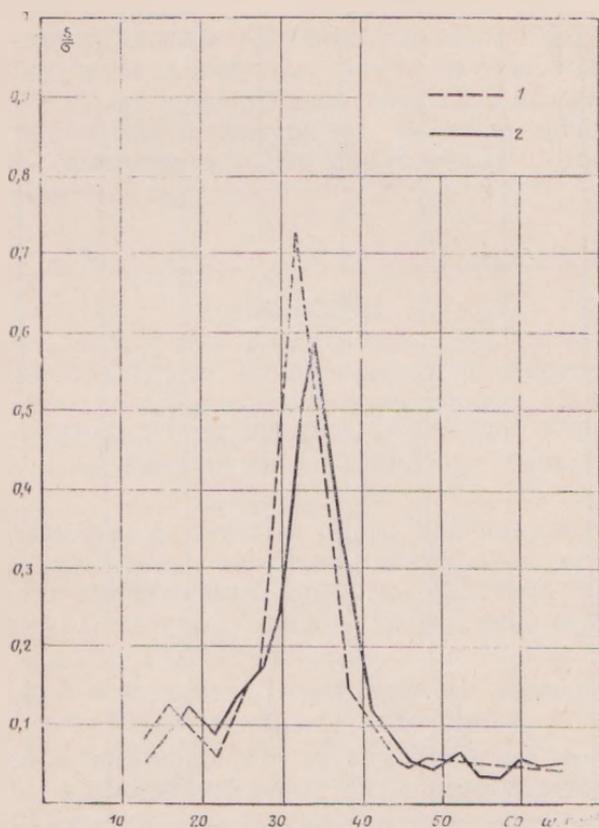


Рис. 3. Нормированные амплитудные спектры колебаний ОЦТ спортсмена (мастер спорта) при условии: а) изменения коэффициента упругости связи (1—коэффициент упругости $1 \cdot 10^3$ н/м, 2— $3 \cdot 10^3$ н/м), б) постоянном среднем тяговом усилии.

за счет перестройки движения самим спортсменом. Перестройка движения — это отклик на изменение внешнего воздействия.

Важным практическим следствием полученных результатов является возможность целенаправленно создавать трена-

жерные устройства, спортивные снаряды, покрытия стадионов, которые будут искусственно изменять движение человека с тем, например, чтобы он выполнил спортивное упражнение с запланированным рекордным результатом.

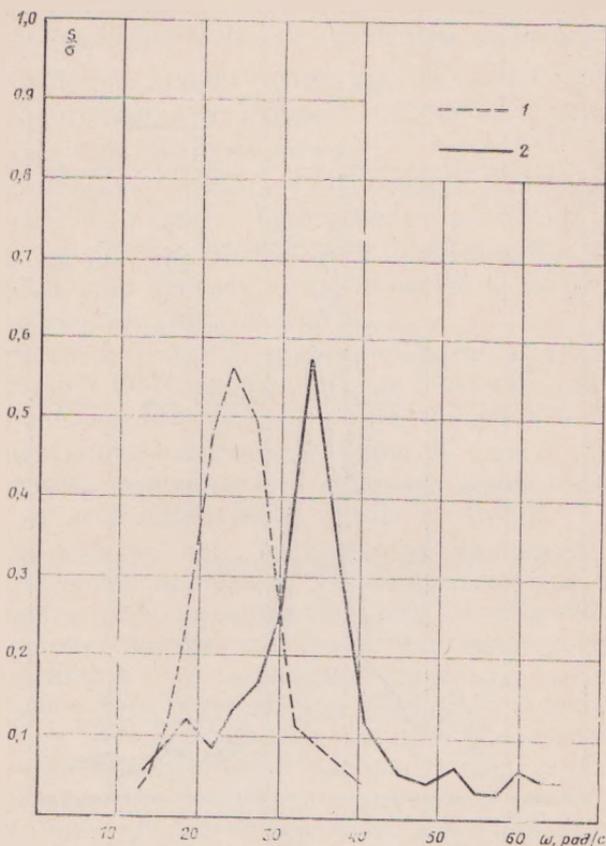


Рис. 4. Нормированные амплитудные спектры колебаний ОЦТ спортсмена, полученные при идентичных условиях для мастера спорта (2) и начинающего (1).

В частности, за счет варьирования жесткости упругой связи при беге в условиях СОЛ, можно формировать ритмику бега спринтеров, которую в обычных условиях спортсмену было бы трудно выработать.

На рис. 4 приведены нормированные спектры колебаний ОЦТ, полученные при идентичных условиях для мастера спорта (линия 2) и начинающего (линия 1). Из сравнения спектров явно заметно различие в ритмике бега (максимумы на разных частотах) и стереотипе движения (спектр начинающего шире). По-видимому, регистрирующий комплекс СОЛ вместе со спектральным методом анализа, имеющим большую разрешающую способность, могут дать возможность выработки устойчивых критериев мастерства и служить, наряду с другими способами и критериями, тестовой оценкой уровня технической подготовленности спортсмена к ответственным соревнованиям.

ВЫВОДЫ

1. Целенаправленное изменение спортивного движения возможно при создании таких искусственных внешних условий его выполнения, при которых спортсмен, к ним приспособившись, вынужден нужным образом перестроить свое движение.

2. Устройством, осуществляющим целенаправленное воздействие на движение спортсмена в условиях естественного бега, является тренажерный комплекс «Система облегчающего лидирования», в котором должны быть реализованы 2 эффекта:

а) принцип искусственно создаваемого уменьшения влияния силы тяжести на движение спортсмена;

б) явление резонансного взаимодействия спортсмена с лидирующим устройством через посредство упругой связи.

3. Спектральный анализ вертикальных колебаний бегуна в условиях СОЛ позволил выявить важные для построения методики тренировки особенности воздействия тренажера на спортсмена:

а) варьирование жесткости упругой связи позволяет воздействовать на частоту движения спортсмена, давая возможность формировать ритм бега, обеспечивающий достижение запланированного рекордного результата;

б) статическое уменьшение веса спортсмена позволяет уменьшить нерегулярность его движения, т. е. уложить ритмику бега.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гагин Ю. А., Детков Ю. Л. Моделирование и экспериментальные исследования механизма отталкивания прыгуна на батуте. «Теор. и практ. физ. культуры», 1974, № 7, стр. 20—23.
 2. Ипполитов Ю. А., Ратов И. П., Митина Н. Ф., Орлов В. П., Муравьев В. Н. Исследование взаимодействия спортсмена с мостиком в опорных прыжках. «Научные труды ВНИИФК за 1971 г.», т. II. М., 1973, стр. 139—140.
 3. Кузнецов В. В. Вынужденные поверхностные колебания вязко-упругого полупространства. Тр. МАДИ, «Строительная механика», вып. 86. М., 1974.
 4. Кузнецов В. В., Попов Г. И., Ратов И. П. К вопросу об особенностях взаимодействия спортсмена с упругой опорой. Труды Рижского научно-исследовательского института травматологии и ортопедии, вып. XIII. Биомеханика, стр. 564—568.
 5. Муравьев В. Н., Пристуга Е. С., Яичников Ю. Н., Волков А. Г., Трофимов С. В. Анализ отталкивания при регулируемом взаимодействии с опорой. «Научн. труды ВНИИФК за 1969 г.», т. II. М., 1970.
 6. Назаров В. Т., Кузнецов Е. П. К биомеханике взаимодействия спортсмена с опорой. «Теор. и практ. физ. культуры», 1974, № 3, стр. 19—21.
 7. Ратов И. П., Кузнецов В. В., Курочкин Ю. П., Попов Г. И., Ерлин М. Ф., Романова И. Н., Харитонов Н. М., Кошелев А. М. Передвижной тренажерно-исследовательский комплекс на базе мотоцикла. Тезисы докладов научно-технической конференции по методам и приборам срочной информации в спорте (Электроника и спорт—IV). М., 1975, стр. 69.
 8. Ремнев В. Д. К вопросу о вязко упругих свойствах покрытий беговых дорожек. Краткие сообщения научно-технической конференции ЛТИ им. Ленсовета. 1972, стр. 31—32.
 9. Ремнев В. Д. Влияние свойств синтетических покрытий беговых дорожек на эффективность спорного периода. Краткие сообщения научно-технической конференции ЛТИ им. Ленсовета. 1973, стр. 19—23.
-

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ БИОДИНАМИКИ ОСНОВНЫХ ЛОКОМОЦИИ МЕТОДОМ ВЕКТОРДИНАМОГРАФИИ

Спортивные локомоции уже давно являются объектом планомерного изучения. Если первоначальные исследования локомоции ограничивались анализом проявлений внешней картины движений, то с появлением прямых методов регистрации опорных усилий стало возможным основное внимание сконцентрировать на особенностях связи изменений характеристик кинематики и динамики в изучаемых спортивных движениях.

В большинстве случаев, однако, исследовались лишь отдельные спортивные упражнения. Материалы этих исследований было трудно сопоставить между собой, так как они проводились с использованием разных по своей конструкции средств инструментальной регистрации. Трудности сопоставления данных об особенностях биодинамики различных спортивных упражнений усугублялись еще и тем, что применявшаяся исследовательская техника не позволяла получать прямых данных, характеризующих связь изменений положений спортсмена и изменений в величинах и направлениях опорных усилий. Для получения данных о связи положений тела спортсмена с направлениями и величинами, развиваемых при этом усилий, требовалась сложная многоступенчатая обработка первичных материалов — кинограмм и динамограмм.

С разработкой нами метода электронной вектординамографии появились возможности к резкому увеличению объема сопоставляемых материалов, так как каждый кадр киновектординамограммы нес в себе информацию о положении тела спортсмена, а также векторе опорного усилия.

Проведенные нами исследования биодинамики различных локомоций (ходьба обычная, ходьба спортивная, бег с разной скоростью, бег с барьерами, прыжки в длину, в высоту и с шестом) были осуществлены с использованием одного и того же вектординамографического стенда.

В состав этого исследовательского стенда входило: динамографическая платформа, тензометрический усилитель, электронно-лучевой осциллоскоп с усилителями постоянного тока, кинокамера. Стенд дополнялся электросекундомером и масштабными линейками, которые размещались так, чтобы оказаться в кадре киносъемки.

Использованная нами динамографическая платформа имела размеры 1200 мм в длину и 900 мм в ширину. Она зарывалась заподлицо с поверхностью беговой дорожки или легкоатлетического сектора. Платформа была оснащена двумя системами тензодатчиков, воспринимавших вертикальную и горизонтально-продольную составляющую прикладываемого к ней усилия. Собственная частота колебаний рабочей части платформы составляла 40 герц.

Сигналы тензоусилителя ТУ-4М подавались на входы управления вертикальным и горизонтальным отклонением луча электронного осциллоскопа ВЭКС-01, на экране которого была нанесена система координат с масштабными отметками тарировочных усилий, приложенных к платформе.

При съемке кинокамерой КС-35 экран осциллоскопа размещался на переднем плане. Это обеспечивало достаточно большую площадь наблюдения изменений в положении вектора опорных усилий. Оснащение осциллоскопа ВЭКС-01 трубкой с послесвечением позволяло на каждом кинокадре видеть не только положение светящейся точки в системе координат, соответствующее данному моменту, но всю трассу движения луча с самого начала постановки спортсменом стопы на опору. Фигура спортсмена и масштабные отметки по вертикали и по горизонтали были видны в каждом кадре на дальнем плане.

Использование киновектординамографического метода в течение ряда лет позволило накопить в лаборатории биомеханики ВНИИФК большой фактический материал об особенностях биодинамики взаимодействий с опорой в различных локомоциях.

На основе анализа киновектординамографического материала мы получили представления о наиболее характерных чертах взаимодействия спортсмена с опорой. Обобщение и

усреднение данных позволило определить наиболее типичные варианты годографов опорных усилий в различных упражнениях. Путем наложения срисованных годографов друг на друга стало возможным выявить участки годографов, которые соответствуют фазам движения, отличающимся наибольшей стабильностью.

В этих фазах практически не наблюдается разброса кривых годографов опорных усилий. На рисунках, которые будут приведены ниже наиболее стабильные участки годографов усилий будут даны сплошной линией. В тех фазах движения, где наблюдалась весьма большая вариативность в траекториях электронного луча, отражавшая неустойчивый, нестабильный характер приложения усилий, мы использовали пунктирную отметку.

На материалах анализа вектординамограмм, зарегистрированных во всех вариантах рассмотренных локомоторных действий, видно, что наиболее типическими чертами взаимодействия спортсмена с опорой можно назвать три обязательных фазы биодинамики. Первая из них — возрастание усилий. Причина возрастания усилий — постановка ноги на опору и действие массы тела на эту опору. Величина усилия в этой фазе обязательно выше величины веса тела.

Усилия растут, как правило, очень быстро. Вторая фаза опорных взаимодействий характерна уменьшением усилий вследствие амортизационного сгибания опорной ноги.

Третья фаза опорных взаимодействий — это вторичное нарастание и завершающее падение усилий. Нарастание усилий в этой фазе, по сравнению с периодом постановки ноги на опору, происходит значительно медленнее и плавнее.

Перейдем к рассмотрению сугубо специфических черт различных видов локомоций. Прежде всего обратим внимание на наиболее характерные различия в биодинамике спортивной ходьбы и обычной. Как это видно из рис. 1 составляющие опорного усилия в обычной ходьбе значительно меньше. Это различие носит существенный характер и не зависит от скорости передвижения. Вообще начальная фаза развития усилий в спортивной ходьбе более динамична и имеет меньшее количество изменений направлений вектора, чем это наблюдается в обычной ходьбе.

Имеются некоторые отличия и в амортизационном периоде. Для спортивной ходьбы характерны амортизационные моменты, зависящие от движений в голеностопном суставе и некоторого переразгибания в коленном суставе. Весьма специ-

фичным для спортивной ходьбы можно считать своеобразное изменение в положении по отношению друг к другу тазобедренных суставов в результате чего наблюдается момент кратковременной своеобразной «потери веса» одной из конечностей. Все перечисленные факторы способствуют уменьшению

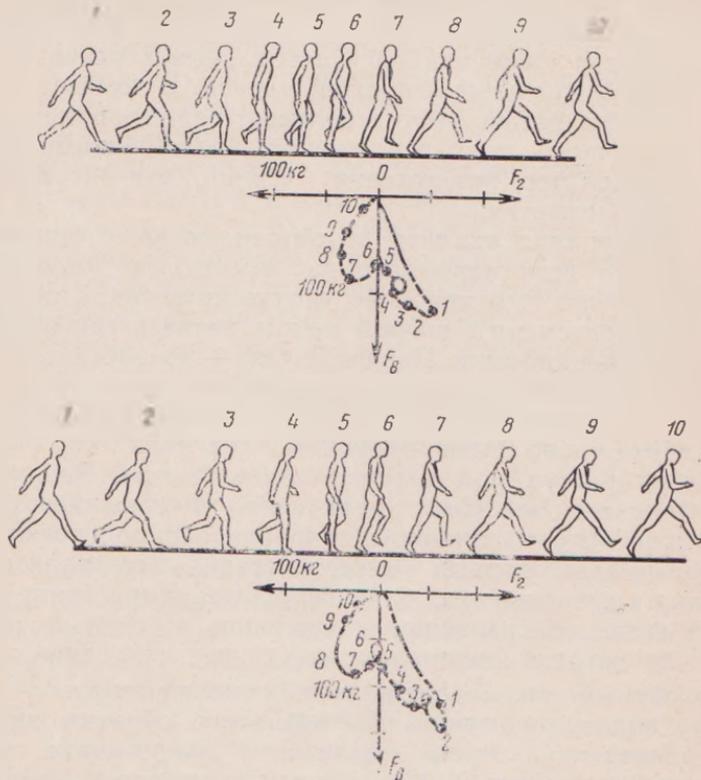


Рис. 1. Особенности связи опорных усилий и положений тела при ходьбе (вверху—обычная, внизу—спортивная). Временной интервал между кадрами 60 мсек.

усилий в фазе амортизации в большей степени, чем это наблюдается в обычной ходьбе. В этой же фазе в обычной ходьбе амортизация происходит, главным образом, за счет сгибания в коленном суставе. Некоторые отличия имеются и в особенностях постановки ноги.

При спортивной ходьбе спортсмен быстрее осуществляет пережат на носок с пятки, это и определяет своеобразие конфигурации этого участка годографа усилий.

У квалифицированных ходоков обнаруживалось явление своеобразного подтягивания тела к опорной ноге, находившее отражение в том, что до момента вертикали резко уменьшались горизонтальные усилия.

Отличия спортивной и обычной ходьбы видны и в фазе, начинающейся после прохождения вертикали. Если основной причиной, формирующей годограф усилий отталкивания в обычной ходьбе, можно назвать разгибание ноги в коленном суставе, то в спортивной ходьбе видно явное влияние работы мышц, сгибающих стопу, а также движений неопорной ногой.

Биодинамическое выражение перехода от ходьбы к бегу можно сформулировать как приобретение годографом более плавных очертаний, наряду с увеличением составляющих времени амортизации как одну из основных характерных черт изменения биодинамики в связи с возрастанием скорости передвижения. Отличием биодинамики бега от биодинамики ходьбы (если исключить отсутствие двуопорной фазы), можно считать то, что в беге падение усилий в фазе амортизации никогда не достигает таких величин, при которых, в период прохождения тела спортсмена над площадью опоры, величина давления на опору меньше веса спортсмена. Если при обычной и спортивной ходьбе возможно такое падение усилий, то в беге амортизационное уменьшение тем меньше, чем выше скорость бега.

Специфика биодинамики бега на длинные дистанции в отличие от бега на средние дистанции сводится к относительно меньшим усилиям, как при постановке ноги на опору, так и при отталкивании (рис. 2). Если в беге стайера вертикальные усилия при постановке ноги составляют примерно около 200 кг, а в фазе завершающего отталкивания около 130—150 кг, то в беге средневика эти усилия составляют, соответственно, примерно 230—170 кг. Эти же показатели при беге спринтера резко возрастают. Вертикальная составляющая опорного усилия при постановке ноги доходит до 300 кг, а в период отталкивания до 220—230 кг. Анализ вектординамографических материалов спринтерского бега нередко дает примеры очень небольших амортизационных западений у выдающихся спортсменов, в результате чего годограф опорных усилий приближается по форме к эллипсу. Можно даже ука-

зять, что это приближение имеет черты явной тенденции в лучших попытках бега выдающихся спринтеров. Если обратиться к особенностям изменения горизонтальной составляющей в связи с увеличением скорости бега, то здесь можно ука-

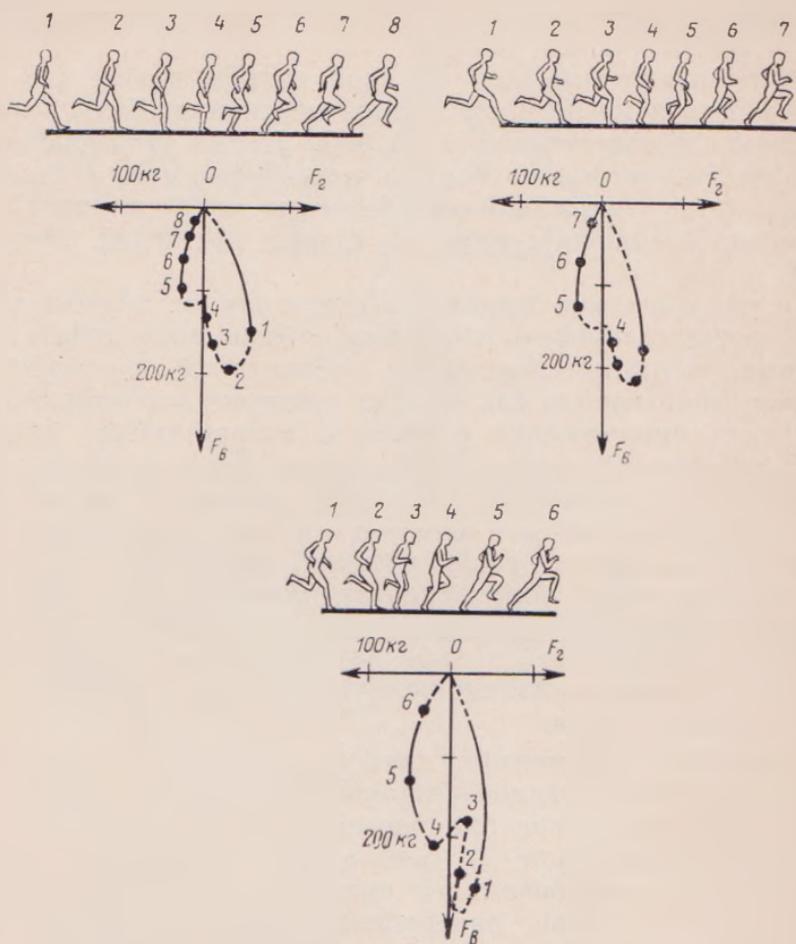


Рис. 2. Особенности связи опорных усилий и положений тела спортсмена при беге (вверху: слева—бег на длинные дистанции, справа—бег на средние дистанции, внизу—спринт). Временной интервал между кадрами 20 мсек.

зять на наличие совершенно четкой тенденции к тому, что с возрастанием скорости тормозящие горизонтальные усилия уменьшаются, при росте величин усилий, способствующих движению.

В качестве дополнительных материалов, облегчающих понимание условий образования тех или иных элементов годографов усилий в спортивных упражнениях нами на рис. 3 приводятся вектординамограммы низкого старта и стартового разгона. Если задержаться на первых, то вектординамограм-

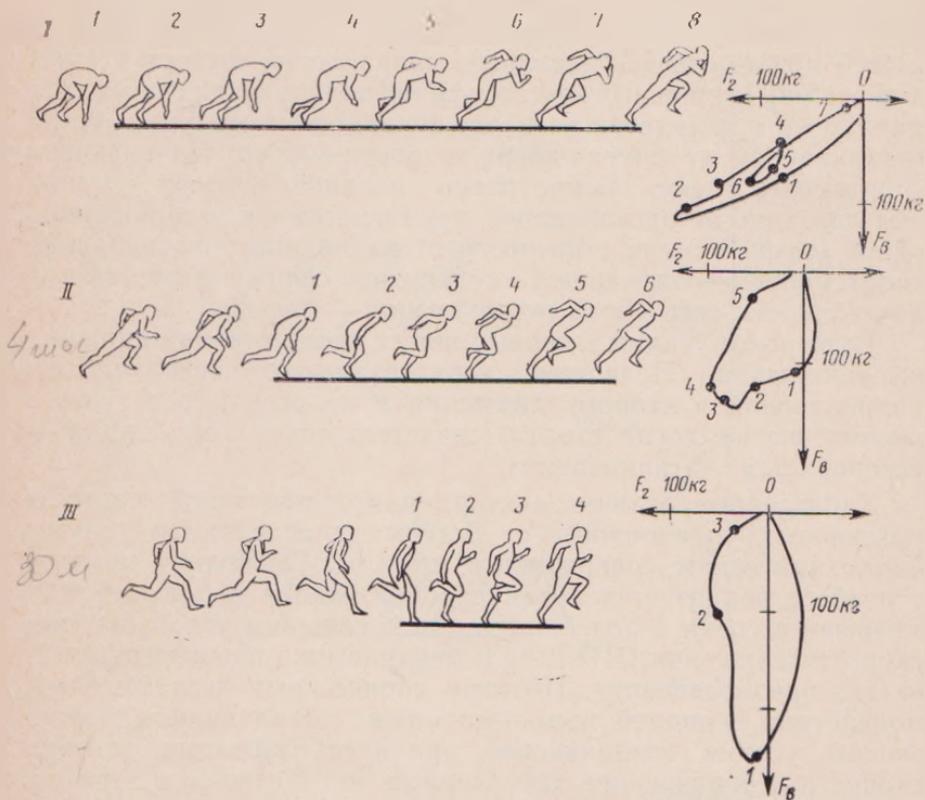


Рис. 3. Особенности развития усилий в низком старте с колодок и при стартовом разгоне. Вверху—низкий старт, временной интервал между кадрами 40 мсек. В середине—четвертый шаг после старта, временной интервал между кадрами 30 мсек. Внизу—окончание стартового разгона.

мы довольно наглядно отражают успешность реализации основного задания в низком старте. Основное задание в низком старте — добиться максимальной горизонтальной скорости. При этом достижение горизонтальной скорости должно быть

таким, чтобы спортсмен в следующие моменты стартового разгона не потерял равновесия и имел бы возможности увеличивать эту горизонтальную скорость.

Сами стартовые усилия при отталкивании с колодок в случаях успешного старта характерны значительной горизонтальной составляющей и относительно малыми вертикальными усилиями. Основным отличием старта квалифицированного спортсмена от стартовых усилий малоподготовленных людей можно считать начальное направление вектора стартовых усилий. Начальный вектор усилий начинающих спортсменов направлен практически вниз, что свидетельствует о начальном отталкивании не вперед-вверх, а вверх-вперед. Начинаящие спортсмены имеют также очень большие «потери усилий» при переходе от отталкивания двумя ногами к отталкиванию одной ногой. Усилия стартового отталкивания у начинающих спортсменов несоизмеримо меньше по своим значениям, а длительность стартового отталкивания — больше.

Годографы усилий в первых шагах после старта направлены вниз-назад. Появление горизонтальной составляющей, направленной в сторону движения и ее резкий рост уже в первых шагах после старта, свидетельствует об ошибке — «стопорящем наталкивании».

Характерные отличия вектординамографической картины прыжковых упражнений от беговых определяются самим биомеханическим содержанием прыжка. Поскольку прыжок с разбега реализуется путем преобразования в большей или меньшей степени и под большим или меньшим углом вектора скорости движения ОЦТТ, то и биодинамика прыжка отражает это преобразование. Поэтому типическими чертами взаимодействия с опорой при прыжковом отталкивании можно считать усилия, возникающие при преобразовании вектора скорости и образующие характерные для прыжков очертания годографа усилий. Эта специфика прыжковой динамики, проявляющаяся в значительном превышении опорных усилий над усилиями завершающего отталкивания в очень интересной форме просматривается при выполнении прыжков с разбега с возрастающим результатом.

Тенденция изменений опорных усилий проявляется в увеличении вертикальной составляющей усилий постановки ноги на опору с возрастанием результата прыжка.

Если рассмотреть группу годографов усилий вместе с соответствующими тем или иным участкам годографов позами

спортсменов, то можно дифференцировать теперь уже специфические черты каждого из видов прыжковых упражнений.

Анализ биодинамики прыжковых упражнений лучше всего начать с такой переходной формы между бегом и прыжками как барьерный бег (рис. 4).

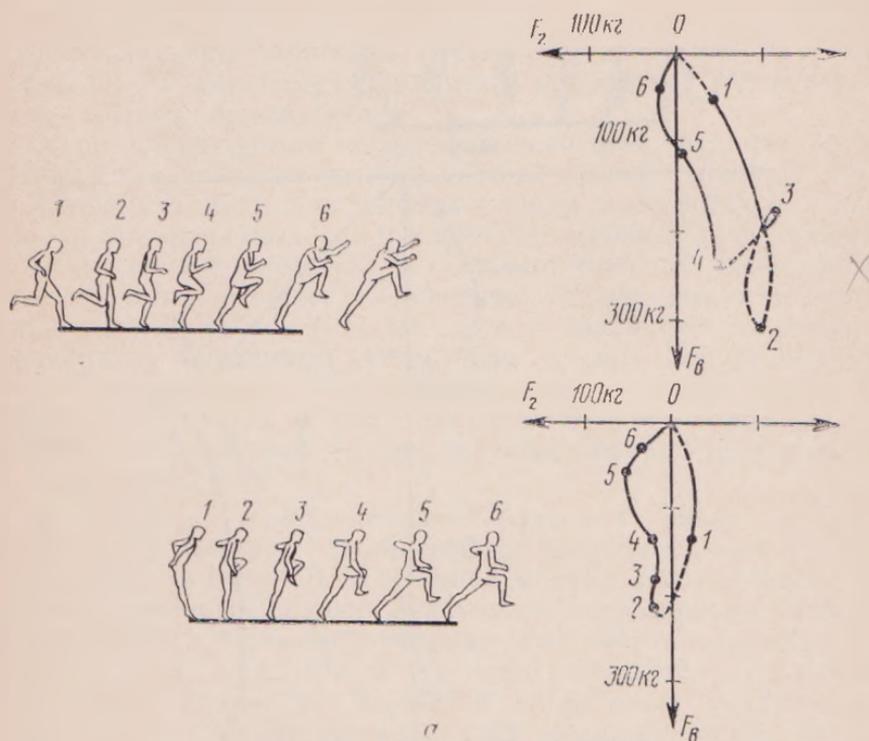


Рис. 4. Особенности связи опорных усилий и положения тела спортсмена при барьерном беге (вверху—«атака», внизу—«сход с барьера»). Временной интервал между кадрами 20 мсек.

Биодинамика атаки барьера имеет весьма специфичное выражение, для которого характерно приближение амортизационного уменьшения усилия к пику усилий в момент постановки ноги. Годограф усилий имеет явно стопорный характер, но в этом годографе обращают на себя внимание относительно малые величины амортизационного уменьшения усилий. Это говорит о том, что спортсмен не подседает перед атакой

барьера. Длительность опорного периода перед атакой барьера колеблется около 120 миллисекунд.

Годограф усилий при сходе с барьера отличается большей направленностью вниз и относительно малыми горизонтальными стопорящими усилиями.

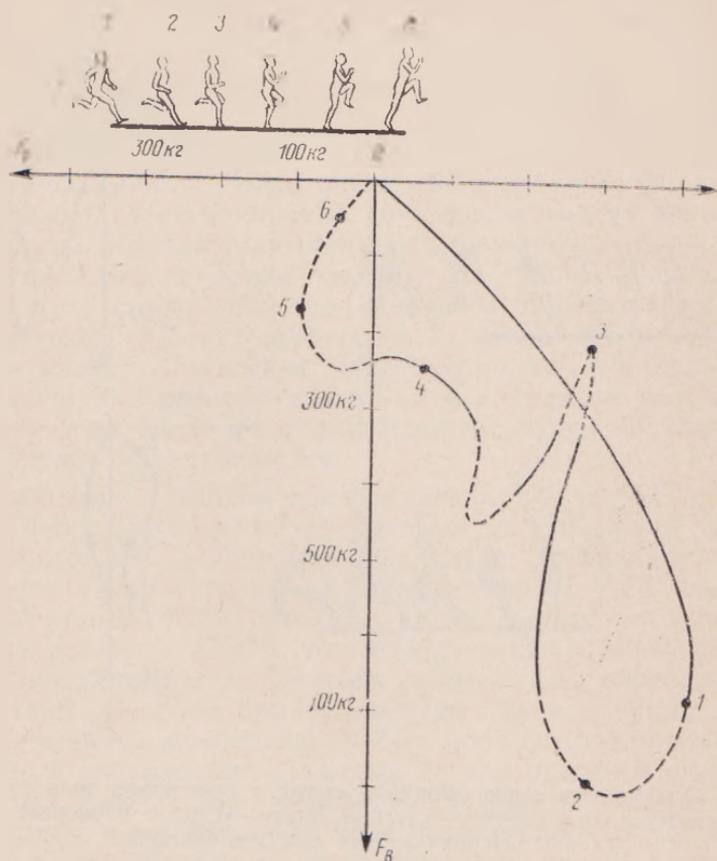


Рис. 5. Особенности связи опорных усилий и положений тела при прыжках в длину с разбега. Временной интервал между кадрами 20 мсек.

Годограф усилий квалифицированных прыгунов в длину (рис. 5) в своих очертаниях отражает скорость перехода к месту отталкивания, вес спортсмена, угол постановки ноги, особенности амортизации, угол отталкивания и, естественно,

«индивидуальный почерк» спортсмена, определяемый особенностями морфологии и функциональной подготовки.

Величины усилий при постановке на опору у спортсменов международного класса очень велики. Наибольшая зарегистрированная нами величина вертикальной составляющей в прыжках в длину достигала 900 кг при прыжке на 780 см. Горизонтальная составляющая усилий в этом прыжке равнялась 450 кг.

Столь большие величины усилий есть следствие того, что в прыжках в длину постановка ноги происходит значительно более жестко, чем в беге.

Обязательная после постановки ноги амортизация происходит со значительной потерей уровня усилий. Именно в этой фазе наиболее ярко проглядывают черты мастерства, так как неквалифицированные спортсмены допускают значительное амортизационное сгибание в суставах опорной конечности, что приводит к резкому уменьшению усилий, минимум которых отражает «потерю» в $2/3$, а то и больше от только что показанного максимума. Годографы усилий, полученные на неквалифицированных спортсменах, нередко являют нам такие примеры, когда в фазу амортизационного спада вертикальная составляющая усилий достигает крайне малых величин (менее 100 кг).

Спортсмены международного класса в своих лучших прыжках удерживают усилия в фазе амортизации на уровне около 300 кг и выше. В следующий момент взаимодействия с опорой начинается период некоторого наращивания усилий. Он начинается после прохождения тела спортсмена над точкой опоры. Отсюда, собственно, уже начинается подготовка к прыжку. Правда, это вторичное нарастание усилий, при котором вертикальная составляющая достигает уровня 450 кг, снова сменяется периодом падения. Уже после этого падения начинается завершающее «доталкивание» на уровне примерно около 300 кг у квалифицированных спортсменов.

В этом «доталкивании» сменяется знак усилий горизонтальной составляющей. Тормозящие усилия сменяются усилиями отталкивания. Правда, уровень этих усилий относительно невелик и горизонтальная составляющая свыше 100 кг регистрируется весьма редко. Весь период опорного взаимодействия при прыжках квалифицированных спортсменов длится около 120 миллисекунд. При оценке характера участков годографа после окончания амортизационного спада усилий следует учитывать, что в формировании тех или иных

особенностей этих завершающих фаз принимают участие такие факторы как разгибание ноги в коленном суставе (усилия растут), отталкивание стопой (усилия падают), движение маховой ногой и руками (усилия растут). Поскольку весь этот сложный поток движений протекает слитно, то участки годографа формируются действием многих причин, парциаль-

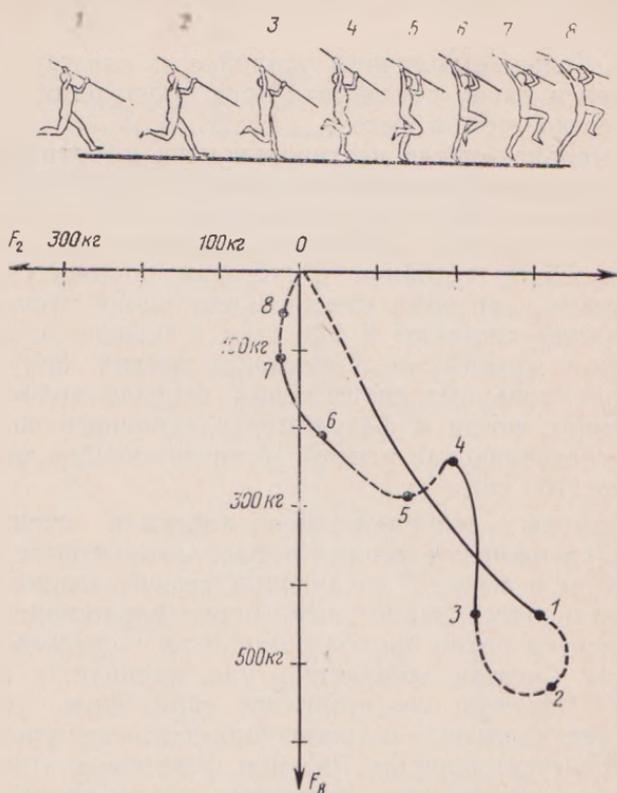


Рис. 6. Особенности связи опорных усилий и положений тела при прыжке с фибергласовым шестом. Временной интервал между кадрами 20 мсек

ная роль которых пока еще не вскрыта в достаточной степени, так как опытное «выключение» одного элемента движения и «изъятие» его из цепи движений резко и необратимо отражается на других элементах движения.

Рассмотрение биодинамической картины прыжка с шестом (рис. 6) следует вести после прыжков в длину, так как по

структуре отталкивания прыжки с шестом значительно теснее связаны с прыжками в длину, чем с прыжками в высоту с разбега.

Это «структурное родство» биодинамических особенностей прыжков с шестом и прыжков в длину еще более возросло с освоением фибerglassовых шестов. Поскольку техника прыжка с фибerglassовым шестом больше основывается на утилизации набираемой в разбеге скорости, то и очертания годографов усилий отталкивания при прыжках с шестом приближаются к очертаниям годографов усилий отталкивания при прыжках в длину с разбега (см. рис. 5).

Усилия при отталкивании при прыжках с шестом не превышают по вертикальной составляющей 550 кг, а по горизонтальной составляющей 150—200 кг. Амортизационный спад усилий «убавляет» вертикальную составляющую до 200 кг. Дальнейшие искривления годографа повторяют очертания прыжкового годографа, но при меньших величинах усилий.

Сравнение особенностей отталкивания при прыжках с фибerglassовым и металлическими шестами позволяет отчетливее осознать типические черты структуры прыжкового отталкивания.

Уже сами различия в свойствах шестов формируют и особенности структуры движений. При применении фибerglassового шеста спортсмен стремится наиболее полно использовать его упругие свойства, что и делается на основе более быстрого набегания на шест. Поэтому при прыжках с фибerglassовым шестом скорость разбега может быть выше, а потеря этой скорости меньше. Одной из причин меньших потерь скорости является меньший стопор при постановке ноги. Применение металлического шеста требует очень быстрого и короткого взмаха согнутой маховой ногой. Вся динамика отталкивания при прыжке с металлическим шестом характерна очень быстрым изменением вектора скорости, для чего спортсмен отталкивается значительно круче вверх и более активно.

Для оценки биодинамики тройного прыжка мы не располагаем достаточным материалом, так как не имели возможностей для установки одновременно трех динамографических платформ. Отдельные регистрации усилий при отталкиваниях перед скачком, шагом и прыжком позволяют лишь сказать с том, что значения вертикальной составляющей усилий достигали до 900 кг при первом отталкивании.

Биодинамика опорных усилий при прыжках в высоту с разбега может быть выделена в совершенно самостоятельный

подраздел. Причина столь особого подхода в том, что лишь в прыжках в высоту, в отличие от всех видов отталкивания, горизонтальная составляющая усилий имеет только одно направление. Горизонтальные усилия в прыжках в высоту имеют чисто тормозной характер (рис. 7). Постановка ноги на опору в прыжках в высоту, да и само положение тела ори-

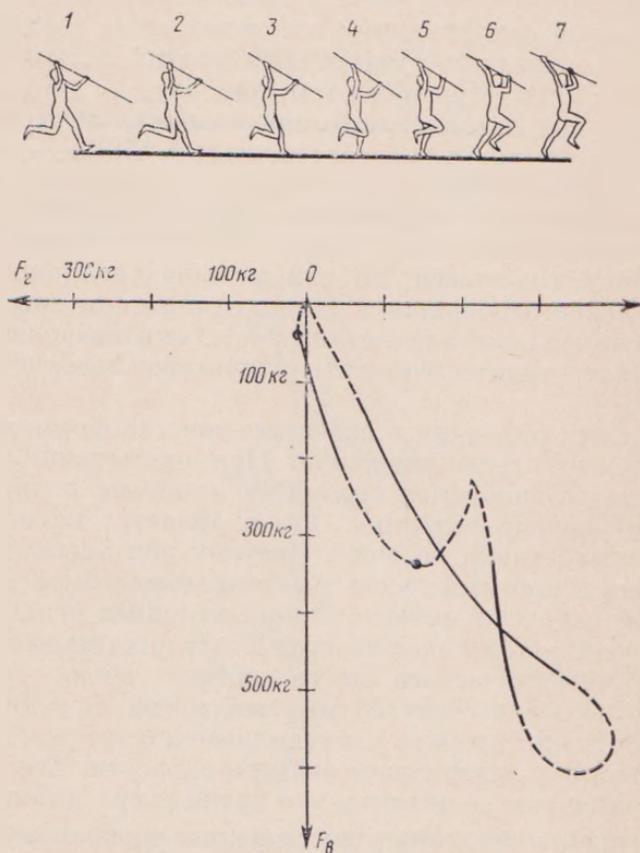


Рис. 7. Особенности связи опорных усилий и положений тела при прыжке с металлическим шестом. Временной интервал между кадрами 20 мсек.

ентированы на изменение вектора скорости вверх. В связи с ярко выраженным тормозным характером постановки ноги в прыжках в высоту здесь мы имеем наибольшие потери скорости. Так, например, если скорость равнялась 7,8 м/сек., то

уже после толчка она уменьшается до 5,5 м/сек. В прыжке на уровне 200—205 см зарегистрированные нами величины составляющих опорных усилий колебались по вертикали

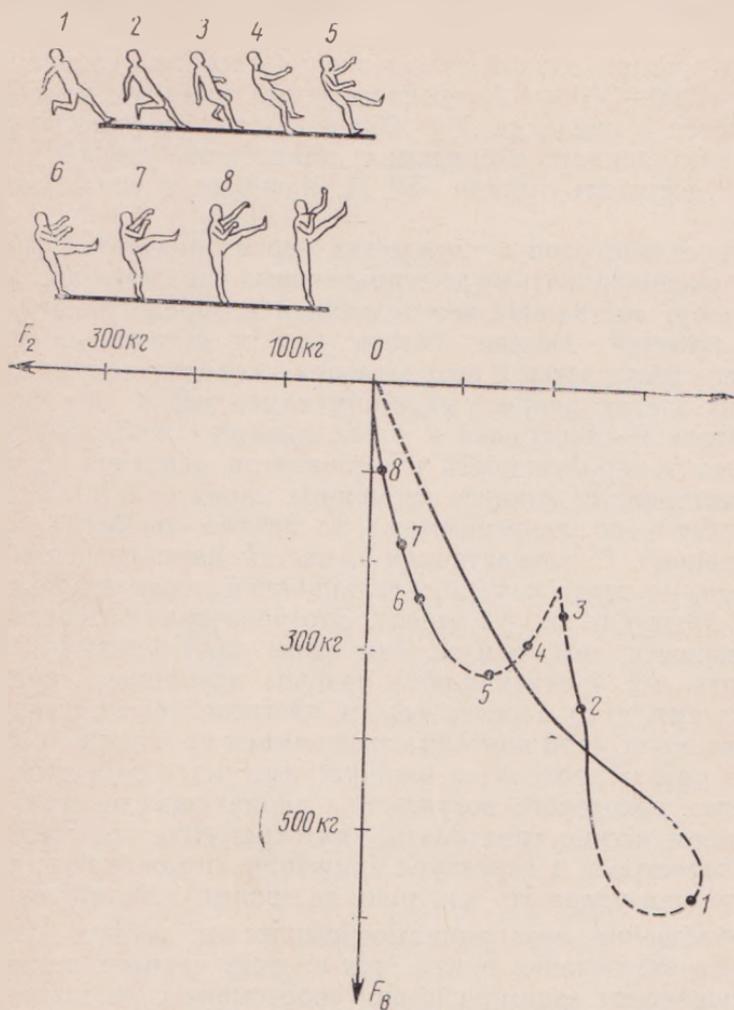


Рис. 8. Особенности связи опорных усилий и положений тела при прыжке в высоту с разбега. Временной интервал между кадрами 30 мсек.

около 600 кг, а по горизонтали в зоне 400—470 кг. Участок годографа усилий при развитии их максимума в прыжках в высоту у разных спортсменов имеет наибольшую вариативность. Именно в прыжках в высоту с разбега в этой фазе раз-

вития усилий в наибольшей мере отражаются индивидуальные черты техники. Специфической чертой этого вида прыжков можно назвать относительно близкое к максимуму усилий начало амортизации. Начало амортизационного спада вертикальной составляющей усилий происходит при больших величинах горизонтальной составляющей, которая сохраняет уровень в 200—300 кг. Амортизационный минимум усилий удерживается в пределах 200—250 кг. Вслед за участком послеамортизационного вторичного нарастания усилий, которые могут достигать уровня 350 кг, начинается спад усилий до нуля.

Несколько слов о типических чертах разбега. Разбег следует рассматривать во всех прыжковых упражнениях, поскольку разбег составляет неотъемлемый и определяющий компонент прыжка. Можно сказать, что во всех видах прыжков разбег совершается с возрастанием скорости, но в самых последних шагах прирост скорости замедляется, что связано с подготовкой спортсмена к отталкиванию. Если рассмотреть данные о вариативности компонентов динамики в разбеге (по материалам анализа временных характеристик фаз опоры и полета и акселерограммам), то начало разбега наиболее вариативно. С возрастанием скорости вариативность уменьшается, но перед самым отталкиванием снова возрастает даже у прыгунов экстра-класса. Это некоторое возрастание вариативности, тем меньше, чем выше квалификация. Следует указать, что увеличившийся разброс временных характеристик и амплитуд акселерограмм достигает весьма значительных величин, если прыжки совершаются не в полную силу или когда разбег проходит с техническими погрешностями.

Факт некоторого возрастания вариативности перед отталкиванием можно трактовать, как отражение приспособительных перестроек в структуре движений, отражающих попытку спортсмена удержать контроль за своими действиями.

Обобщение вектординамографических данных позволяет сделать заключение о том, что во всех случаях возрастания интенсивности взаимодействия спортсмена с внешними силами, помимо роста значений усилий, уменьшается «изрезанность» годографов, то есть рост усилий сопровождается уменьшением числа направлений этих усилий. При этом годографы усилий приобретают более плавные очертания.

Было отмечено также, что участки вектординамограмм, соответствующие моментам наиболее интенсивного взаимодействия с внешними силами, имеют меньшую вариативность.

Следует подчеркнуть, что уменьшение вариабельности наиболее важных характеристик биодинамики в ответственные моменты движений с большей вероятностью наблюдается при анализе данных, полученных на спортсменах высокой квалификации.

БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ И ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ СТОПЫ В БЕГЕ НА СРЕДНИЕ ДИСТАНЦИИ

Одна из трудностей в подготовке бегунов на средние дистанции заключается в том, что техническое мастерство спортсмена должно соответствовать уровню развития его двигательных качеств. В процессе тренировки следует добиваться такого совершенствования двигательной структуры бега, которое позволяло бы спортсмену не только достигать высокой скорости в беге, но и удерживать ее, несмотря на сбивающие воздействия утомления в конце пробегаемой дистанции.

В настоящее время общепризнанно, что для эффективного продвижения тела бегуна, наибольшее значение имеют величина и характер усилий, развиваемых в финальной части отталкивания, т. е. в фазе задней опоры. Поэтому вполне оправданно то большое внимание, которое многие исследователи (Н. А. Бернштейн, 1940; А. Н. Макаров, 1938, 1966; Г. В. Васильев, Д. П. Ионов, 1947; Г. В. Коробков, 1957; В. К. Бальсевич, 1963—1965; В. Н. Муравьев, 1966 и мн. др.) уделяют технике выполнения отталкивания от опоры. Однако методические рекомендации о способе выполнения финальной части задней опоры весьма противоречивы.

В частности, дискуссионным остается вопрос о роли стопы в достижении наиболее эффективного отталкивания от грунта в фазе задней опоры. Так, И. П. Погребняк (1949), А. Д. Семенов (1958), Ю. В. Верхошанский (1963), В. П. Филин (1964), В. К. Бальсевич (1965) и др. рекомендуют энергичное подошвенное сгибание стопы в момент отрыва ноги от грунта, а К. Фиделюс (1959), В. Н. Муравьев (1966), Е. П. Приступа (1970), Л. П. Скурлагова (1970), на основании динамографических и электромиографических исследований, считают, что

роль активной работы стопы в отталкивании от опоры ограничена.

Мы располагаем материалами собственных биомеханических и электромиографических исследований, проведенных на двух группах, состоявших каждая из 12 высококвалифицированных бегунов на средние дистанции.

Динамографические показатели регистрировались нами с помощью тензометрической платформы (конструкции В. М. Абалакова), киноциклография осуществлялась кинокамерой «АК-16» со скоростью съемки 96 кадров в секунду, для электромиографических исследований был использован транзисторный шестиканальный биоточный усилитель конструкции И. Ф. Головки.

Весь комплекс приборов, позволяющих регистрировать электромиограммы и подограммы, был смонтирован в кабине автомашины «Москвич-408». Регистрирующая аппаратура, находящаяся в машине, была соединена с электродами, наклеенными на испытуемом, посредством шестиметрового двадцатизильного гибкого экранированного провода (весом около 180 гр.) через разъем. Во время проведения исследования машина следовала по дистанции, не опережая движения бегуна.

Регистрация некоторых биомеханических и электромиографических параметров бега проводилась во время пробега спортсменами соревновательной дистанции (800 м) с максимально возможной высокой скоростью. В течение бега все показатели фиксировались в начале и конце пробегаемой дистанции.

Анализ полученных материалов показал, что характер и величина усилий, развиваемых в первые 10—15 мсек. после постановки ноги на грунт, в известной мере, зависят от особенностей взаимодействия стопы с опорой и подготавливаются оптимальным расположением отдельных звеньев тела бегуна и, в частности, ноги еще в полетном периоде.

Установлено, что к концу полетного периода происходит тыльное сгибание стопы ноги, совершающей передний шаг, угол между стопой и голенью за очень короткий промежуток времени достигает своих наименьших величин (индивидуально колеблется от 84° до 104° , а в среднем составляет $91,8 \pm 0,7^\circ$). Этим движением, называемым в практической терминологии «взятием стопы на себя», осуществляется предварительное растяжение волокон икроножной и камбаловидной мышц голени, что создает оптимальные условия для их по-

следующего сокращения. Оказалось также, что в начале пробегаемой дистанции, когда в полной мере используется этот «рефлекс на растяжение» (В. С. Фарфель, Я. М. Коц, 1970), происходит наиболее эффективное взаимодействие с грунтом в фазе передней опоры.

На фоне нарастающего утомления, в конце пробегаемой дистанции, угол, характеризующий тыльное сгибание стопы, превышает первоначальные величины на 8° — 12° и находится в пределах 88° — 103° , составляя в среднем $96,0^{\circ} \pm 0,6^{\circ}$, причем разница между средними величинами этого угла в начале и конце дистанции оказалась статистически достоверной ($p < 0,05$). Следовательно, при утомлении стопа меньше берется «на себя», чем в начале бега, что сопровождается ухудшением условий взаимодействия спортсмена с опорой. По-видимому, частично этим объясняется отмеченный нами факт не столь значительного, как в начале дистанции, нарастания вертикальных и горизонтальных усилий в фазе задней опоры, которые составляют соответственно 276 ± 7 кг и 54 ± 3 кг в начале, и 254 ± 9 кг и 41 ± 3 кг в конце бега.

На эти же взаимосвязь и соподчиненность указывают также перераспределение времени и величин биоэлектрической активности (БА) мышц, осуществляющих тыльное и подошвенное сгибание стопы. Так, на фоне утомления, увеличивается общая продолжительность времени БА в передней большеберцовой мышце (с $293 \pm 8,8$ мсек. до $321 \pm 10,4$ мсек.) и длинном сгибателе большого пальца (с $138 \pm 1,9$ мсек. до $161 \pm 2,7$ мсек.) и уменьшается в икроножной и камбаловидной мышцах, соответственно с $188 \pm 1,6$ и $83 \pm 2,7$ до $178 \pm 2,3$ и $73 \pm 1,0$ мсек.

Наблюдалось также перераспределение БА по фазам бегового цикла. Например: в икроножной мышце время БА в периоде опоры увеличилось с $77,0 \pm 0,6$ мсек. до $90,0 \pm 1,0$ мсек. и достоверно сократилось в опорном периоде с 110 ± 1 мсек. до $88,0 \pm 2,8$ мсек.

Таким образом, величина суставного угла между стопой и голенью ноги, находящейся в фазе переднего шага, в конце полетного периода может, в определенной мере, служить критерием степени подготовки мышц голени к отталкиванию от опоры.

Не менее важным для эффективного продвижения спортсмена вперед, по нашим данным, представляется и подошвенное сгибание стопы в финальной части задней опоры. Доказательством активной роли стопы в этой завершающей ста-

дни отталкивания служат результаты электромиографических исследований. Одновременная регистрация БА в различных мышцах голени, участвующих в подошвенном сгибании стопы, позволила нам установить, что, если в икроножной и камбаловидной мышцах БА исчезает еще до момента снятия ноги с опоры, то в длинном сгибателе большого пальца она отмечается в течение всего опорного периода и, что особенно важно, продолжается некоторое время после завершения отталкивания. Следовательно, данные электромиографии подтверждают тот факт, что стопа «активна» и в финальной части задней опоры.

Кроме того, хотя величины горизонтальных и вертикальных усилий в заключительной стадии задней опоры и невелики, но их равнодействующая направлена под наиболее острым углом к горизонтали, что создает наилучшие условия для эффективного движения спортсмена вперед. Поэтому даже относительно незначительные горизонтальные усилия, создаваемые дополнительно за счет подошвенного сгибания стопы, будут ускорять продвижение тела бегуна.

Резюмируя все вышеизложенное можно отметить, что усилия, развиваемые спортсменами в опорном периоде как в начале дистанции, так и на фоне утомления, в определенной степени зависят от особенностей активной работы стопы.

Основываясь на результатах нашей работы, мы считаем целесообразным рекомендовать практическим тренерам, для совершенствования активной работы стопы в беге на средние дистанции, шире применять в учебно-тренировочных занятиях специальные физические упражнения, направленные на развитие силы и силовой выносливости мышц голени и стопы, участвующих в ее движениях.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЫСОТЫ ВЫЛЕТА В ПРЫЖКАХ ОТ ГЛУБИНЫ ПРИСЕДАНИЯ

В настоящее время в спортивной практике и особенно в теоретических исследованиях ведутся поиски путей повышения эффективности спортивных упражнений.

Исследования последних лет показали, что эффективность действий определяется многими сторонами спортивной подготовки (физической, технической, тактической, психологической и теоретической). В. М. Дьячков (1967) справедливо подчеркивает: «...эффективность действий спортсмена прежде всего зависит от совершенства его техники движений, от устойчивости рациональных ритмов движений, от умения мобилизовать и рационально использовать свои волевые и физические силы».

Сегодня совершенно ясно, что без развития двигательных качеств нельзя добиться высокого спортивного результата. Данные экспериментальных исследований позволили выявить зависимость результата определенных действий от скоростно-силовой подготовки спортсменов (В. М. Дьячков, 1958, 1967; Д. А. Семенов, 1958, 1960; В. К. Бальсевич, 1961; Е. С. Приступа, 1969; П. Ф. Шпаков, 1969; Ю. В. Верхошанский, 1970; В. М. Зацпорский, Као Ван Тхы, 1971 и др.).

Ряд авторов считает, что эффективность спортивных упражнений зависит от функционального состояния нервно-мышечной системы. Так, Ю. В. Верхошанский (1970), В. М. Зацпорский и Као Ван Тхы (1971), А. В. Зинковский и Л. С. Сидху (1971) отмечают, что уровень развития скоростно-силовых качеств зависит от способности нервно-мышечного аппарата к быстрой проявлению максимума двигательного усилия (оцениваемый градиентом силы по времени).

Одним из важнейших факторов, определяющих эффективность действий, многие авторы считают технику спортивных упражнений (В. М. Дьячков, 1967; В. Ф. Ломейко, 1963; Э. В. Ветошкина, 1968; Е. С. Приступа, 1969; Б. Г. Сильченко, В. Д. Лифарь и В. Г. Ткачук, 1969; В. М. Зацнорский и Као Ван Тхы, 1971; В. А. Кузнецов и В. С. Головин, 1971).

Исследования показали, что улучшение основных элементов спортивной техники значительно повышает результат действия. Например, Е. С. Приступа (1969), Э. В. Ветошкина (1968), В. Ф. Ломейко (1967), В. М. Зацнорский и Као Ван Тхы (1971) и др. считают, что высота вылета при отталкивании зависит от исходных условий выполнения прыжка.

И. Г. Садчиков (1940) отмечает, для того чтобы максимально использовать работу разгибателей, надо создавать им благоприятные условия. Одним из таких условий для разгибателей, как считает автор, является оптимальный угол приземления толчковой ноги к площади опоры и углы сгиба рычагов в амортизационном периоде опоры.

Ю. В. Верхошанский (1970) одним из факторов, определяющих уровень развития прыгучести, считает рабочую по у. соответствующую моменту начала отталкивания.

Исследования Као Ван Тхы (1971) показали, что уменьшение угла в коленном суставе приводит к увеличению пути и времени силы в фазе отталкивания.

В. М. Зацнорский, Ю. И. Смирнов, А. И. Михеев (1967) отмечают, что развивать скоростно-силовые качества надо в оптимальных условиях, т. е. при таком положении тела, когда сила и скорость растут больше всего. В качестве примера авторы приводят результаты эксперимента с изометрической тренировкой при разных углах в суставе.

И. П. Ратов и М. Л. Мирский (1967), изучая мышечные напряжения при разных режимах внешнего сопротивления, установили, что проявление максимума усилия возможно как в случае с предварительным растяжением мышцы, так и без него,— но в обоих случаях с обязательным предварительным напряжением мышцы.

Ряд основных условий эффективного использования мышц в скоростных упражнениях называет Н. С. Северцев (1971).

В. М. Дьячков считает, что скорость движений с преодолением больших сопротивлений существенней всего увеличивается, если изометрическая тренировка силы проводится в том положении тела, где по ходу движения нужно проявлять максимальные усилия.

Thys H., Faraggiana T., Margaria R. (1972), исследуя эластические свойства мышечной ткани при выполнении глубокого приседания из положения стоя с последующим выпрямлением ног в различных условиях, установили, что при отсутствии интервала между сгибанием и разгибанием максимальная скорость при разгибании была больше, время положительной работы меньше, а средняя мощность и механическая эффективность выше.

Надо отметить, что результаты исследований не всегда согласуются. Это еще раз свидетельствует о необходимости детального изучения техники прыжковых упражнений, выявления наиболее важных компонентов техники, оказывающих влияние на эффективность действия в целом.

В легкоатлетических прыжках, в прыжках на лыжах с трамплина и в прыжках, выполнение которых не связано с достижением максимальной длины полета или высоты вылета (волейбол, баскетбол, художественная гимнастика и др.), к началу фазы отталкивания принимается наиболее целесообразное начальное положение.

По мнению Г. Hochmuth (1967), работа, выполняемая спортсменом при отталкивании, выражается следующей формулой:

$$P_{\text{средн}} \cdot S = \epsilon_{\text{кин 2}} - \epsilon_{\text{кин 1}} = \frac{m}{2} (V_2^2 - V_1^2) ;$$

где: $P_{\text{средн}}$ — средняя величина усилий, развиваемая спортсменом при взаимодействии с опорой; S — путь ОЦТ тела спортсмена, определяемый разницей его положений относительно опоры в период отталкивания: а) согнутое положение, б) почти выпрямленное.

Скорость полета и, следовательно, высота вылета тела спортсмена будет максимальной, если обе величины — $P_{\text{средн}}$ и S будут как можно большими.

Автор отмечает, чем ниже исходное положение ОЦТ тела относительно опоры, т. е. чем больше путь приложения силы, тем результативней работа при отталкивании, а следовательно, и больше высота вылета.

Однако при глубоком приседании углы между звеньями тела (стопой и голенью, голенью и бедром, бедром и туловищем) могут быть настолько малы, что оси вращения суставных углов удаляются от линии нагрузки собственного веса и мышцам разгибателям вокруг суставов приходится преодолевать максимальные нагрузки собственного веса.

Наряду с этим чисто механическим препятствием нужно считаться также и с биологическими.

Автор, ссылаясь на экспериментальные данные А. Хилла о механике мышечного сокращения, подчеркивает, что процесс напряжения—растяжения обнаруживает максимум тетанически раздраженного изолированного мышечного волокна. Этому максимальному напряжению соответствует оптимальное мышечное растяжение.

Следовательно, при глубоком приседании происходит сильное растяжение мышц и тем самым уменьшается успех большого пути приложения силы.

Однако, G. Pochmuth отмечает, что выигрыш от удлиненного пути окупает потери, связанные с затруднением усилий (механические и биологические условия), только до определенного предела.

Одной из задач нашего исследования было уточнить зависимость между глубиной приседания и высотой вылета в прыжках в художественной гимнастике и тем самым определить роль оптимизации глубины приседания на высоту вылета.

Правомочность поставленной задачи подтверждается одним из ведущих положений теории функциональной системы, разработанной академиком П. К. Анохиным о том, что результат действия сложной биологической системы играет доминирующую роль в ее формировании и совершенствовании.

Глубина приседания (положение ОЦТ тела относительно опоры, соответствующее самому низкому значению при выпрыгивании) определялась как функция от углов между звеньями тела и горизонталью (Ю. А. Ипполитов, 1969).

Предварительные исследования прыжка вверх с места толчком двумя ногами, руки на поясе (скоростно-силовой тест) показали у гимнасток различной квалификации достоверное различие углов в коленных суставах при выпрыгивании (критерий Q Розенбаума, $Q=11$, при $P<0,01$).

Средняя величина угла в коленных суставах для гимнасток младших разрядов составляет 104 градуса, для гимнасток высокой квалификации—116 градусов. При большем числе измерений можно утверждать, что 95% всех измерений этого угла попадает в интервал 99—109 градусов (для гимнасток низкой квалификации) и в интервал 111—121 градус (для гимнасток старших разрядов), т. е. глубина приседания

у гимнасток низкой квалификации больше, чем у гимнасток старших разрядов.

Исследования, проведенные на гимнастках МОПИ им П. К. Крупской показали, что глубина приседания у гимнасток низкой квалификации в среднем составляет 42% от роста, у гимнасток высокой квалификации 50% от роста. Анализ антропометрических данных испытуемых не показал достоверных различий в их росте.

Следовательно, можно сделать предположение, что глубина приседания в основном определяется степенью квалификации спортсменок (совершенством техники, скоростно-силовыми возможностями).

Таким образом, результаты нашего исследования подтверждают ранее полученные данные Э. В. Ветешкиной (1968), свидетельствующие о том, что гимнастки низкой квалификации при выпрыгивании приседают ниже, по сравнению с гимнастками старших разрядов.

Однако независимо от степени квалификации гимнастки при выпрыгивании все же приседают меньше оптимального.

Корреляционный анализ позволил выявить исключительно высокую связь между глубиной приседания и высотой вылета ($r=0,98$).

Наши результаты не расходятся с данными, полученными в исследованиях под руководством проф. G. Stiehler (1971), в которых была выявлена гиперболическая зависимость высоты вылета от пути приложения силы.

Таким образом, предварительный анализ техники прыжков и теоретические исследования позволили сделать предположение о возможности повышения эффективности их выполнения.

Предполагалось, что это может быть достигнуто следующими путями:

— посредством оптимизации условий отталкивания (обучение отталкиванию с применением средств корректирующей информации);

— путем использования комплексной методики скоростно-силовой подготовки гимнасток, как одного из факторов, определяющих условия отталкивания в прыжках.

Предварительное исследование повышения эффективности прыжков путем оптимизации условий отталкивания с использованием гониометра со звуковой индикацией было проверено на модельном прыжке (прыжок вверх толчком двумя ногами, руки на пояс).

Прибор имеет следующую конструкцию.

Две металлические шины, соединенные шарнирно с помощью ремней крепятся соосно суставу к звеньям тела испытуемого. На верхней шине прикреплена изолирующая шайба на которой крепятся шкала, градуированная в градусах, и пластинка из фольгированного текстолита, разделенная на три сектора. На оси, вокруг которой перемещаются шины, размещена стрелка с контактным устройством на конце. К нижней шине крепится спусковое устройство в виде пружины. Пластинка, разделенная на три сектора, соединяется проводами со спусковым устройством и электрической схемой.

Устройство работает следующим образом.

Перед началом прыжка пружина закрепляется за стрелку. При приседании пружина отодвигает стрелку на максимальный суставной угол, достигаемый гимнасткой в движении. При выпрямлении пружина, возвращаясь назад, выходит из зацепления со стрелкой и замыкает контакт, включая питание звукового генератора.

В зависимости от того, как присела гимнастка перед выпрыгиванием — меньше оптимального уровня или больше, прибор генерировал с определенной частотой колебаний. При попадании в оптимальную зону звук отсутствовал.

Первые контрольные испытания показали, что результат высоты вылета зависит от точности попадания гимнастки при выпрыгивании в оптимальную зону. Чем точнее было попадание, тем больше высота вылета.

Гимнастки при выпрыгивании приседали меньше оптимального уровня в среднем на 9 градусов. Уточнение условий отталкивания (имеется в виду глубина приседания, определяемая величиной угла в коленных суставах) с помощью устройства корректирующей информации позволило, на основе ограничения вероятности отклонения двигательной тактики по направлению к менее рациональному выполнению, т. е. к ошибке, увеличить высоту вылета в среднем на 5 см.

Эффективность такой информации особенно существенна потому, что испытуемые, находясь под впечатлением выполненного прыжка, сразу же могли проконтролировать правильность своих действий при выпрыгивании и сопоставить их с результатом (высотой вылета).

Анализ результатов предварительных исследований позволяет сделать следующие выводы:

— высота вылета при выполнении модельного прыжка зависит от глубины приседания;

— наиболее информативным показателем глубины приседания является изменение угла в коленных суставах;

— независимо от степени квалификации, глубина приседания у гимнасток, как правило, меньше оптимальной (в среднем на 10%);

— глубина приседания при выполнении прыжков зависит от скоростно-силовых качеств спортсменов (чем выше скоростно-силовая подготовка, тем меньше они приседают при выпрыгивании);

— применение средств корректирующей информации позволяет значительно увеличить высоту вылета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Верхошанский Ю. В. Прыгучесть спортсмена, ее скоростно-силовая структура и специфичность. «Теор. и практ. физ. культ.», 1970, № 10, стр. 2.

2. Ветошкина Э. В. Исследование прыгучести и прыжковой выносливости у занимающихся художественной гимнастикой. Тезисы доклада научной конференции. Минск, 1968.

3. Дьячков В. М. О взаимосвязи силы мышц, скорости, силовых показателей и их влияние на результаты в высоту с разбега. Материалы итоговой научной сессии за 1962 г. ЦНИИФК, 1963.

4. Дьячков В. М. Прогнозирование путей повышения двигательного потенциала прыгунов в высоту. «Теор. и практ. физ. культ.», 1967, № 6, стр. 6.

5. Зацпорский В. М., Смирнов Ю. И., Михеев А. И. Влияние изометрической тренировки при разных углах в суставах на силу и скорость движения. «Теор. и практ. физ. культ.», 1967, № 11, стр. 24.

6. Зацпорский В. М., Као Ван Тхы. Дискриминативные признаки эффективности спортивной техники (введение понятия и экспериментальное исследование на примере прыжков для нападающего удара в волейболе). «Теор. и практ. физ. культ.», 1971, № 9.

7. Зинковский А. В. и Сидху Л. С. Скоростно-силовые способности гимнастов и техника толчковой фазы в прыжках с места. «Теор. и практ. физ. культ.», 1971, № 4.

8. Ипполитов Ю. А. Исследование биомеханических характеристик гимнастических упражнений и путей изменения их структуры. Канд. дисс., 1969.

9. Као Ван Тзы. Исследование факторов, определяющих высоту прыжка у волейболистов. Канд. дисс., 1971.

10. Кузнецов В. А. и Головин В. С. Биомеханические характеристики отталкивания в прыжках на лыжах с трамплина и в имитации. «Теор. и практ. физ. культуры», 1971, № 12.

11. Масланов Б. В. Исследование методов развития прыгучести и воспитание навыков правильного отталкивания в спортивной гимнастике. Материалы научной конф. по итогам научно-исследовательской работы за 1969 г., часть 2. Киев, 1970.

12. Приступа Е. С. Исследование изменений суставных углов и усилий отталкивания на модели регулируемого взаимодействия с опорой. Ученые записки МОПИ им. Н. К. Крупской, том 284, выпуск 10.

13. Ратов И. П., Мирский М. Л. Комплексное изучение мышечных напряжений при разных режимах внешнего сопротивления. Материалы итоговой научной сессии института за 1966. М., 1967.

14. Северцев Н. С. Основные условия эффективного использования мышц в скоростных упражнениях. «Теор. и практ. физ. культуры», 1971, № 3, стр. 10.

15. Сильченко Б. Г., Лифарь В. Д. и Ткачук В. Г. Зависимость техники выполнения опорных прыжков от уровня развития некоторых скоростно-силовых качеств гимнастов. Материалы научной конф. по итогам научно-исследовательской работы за 1969 г., часть 2. Киев, 1970.

16. G. Hochmuth. Biomechanik sportlicher Bewegungen. Sportverlag Berlin, 1967.

17. G. Stiehler. Studienmaterial Zum Komplex Allgemeine Trainingslehre. Deutsche Hochschule für Körperkultur. Leipzig, 1971.

18. H. Thys, T. Faraggiana, R. Margaria. Utilization of muscle elasticity in exercise. Journal of Applied Physiology, 1972.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Ратов И. П. Противоречия совершенствования в движениях и пути их преодоления	5
Кузнецов В. В., Попов Г. И. О проблеме целенаправленного изменения спортивного движения вязко-упругими связями	26
Ратов И. П., Муравьев В. Н. Изучение особенностей биодинамики основных локомоций методом вектординамографии	37
Комаров А. И. Биомеханический и электромиографический анализ работы стопы в беге на средние дистанции	54
Макарова Г. Я. Исследование зависимости высоты вылета в прыжках от глубины приседания	58

Редактор Н. А. Ларионова-Андреева.

Техн. редактор Л. С. Кремер.

Корректор И. В. Жандарова.

Сдано в набор 28.6 1976 г.

Подписано в печать 9.XII 1976 г.

Л-118691

Уч.-изд. л. 3,7

Печ. л. 4,2

Бумага типогр. № 1

Формат 60×84/16

Тираж 1000 экз.

Заказ 1237.

Цена 37 коп.

Редакционно-издательский отдел ВНИИФК. Москва К-64, ул. Казакова, 18.

Уч.-пр. тип. ВНИИФК при шк.-инт. № 24.