

ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ ПРОСТРАНСТВО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА

EDUCATIONAL SPACE OF PHYSICAL TRAINING AND SPORTS

УДК 796.012

ББК 75.00

К 93

В.Н. Курьсь

Доктор биологических наук, профессор кафедры гимнастики Ставропольского государственного университета; E-mail: vladimirkurys@mail.ru

БИОМЕХАНИКА ПРИЗЕМЛЕНИЯ В СПОРТЕ

(РЕЦЕНЗИРОВАНА)

Аннотация. Статья носит двухчастный, но органически взаимосвязанный характер. В первой части даются общетеоретические биомеханические особенности приземления как завершающей фазы упражнений прыжкового характера. Приземление рассматривается в двух аспектах: с формально биомеханической точки зрения, как момент контакта спортсмена с опорой после полётной части упражнения; как биомеханическая совокупность части прыжка, состоящая из амортизации, уравнивания тела и сохранения его устойчивости.

Вторая часть работы посвящена системно-структурному познанию приземления как части упражнения на модели гимнастики. На основе применения комплекса биомеханических методов уточнена фазовая структура приземлений с введением новых понятий.

Даны качественные педагогические и биомеханические особенности двигательных действий в процессе приземления на основе качественного биомеханического анализа. Представлены результаты исследования кинематической и динамической структуры приземления в соревновательной и предполагаемых подготовительных упражнениях.

Ключевые слова: биомеханика, приземление, системно-структурный анализ, фазовая структура упражнения, кинематическая структура, динамическая структура, микрофаза переходных процессов.

V.N. Kurys

Doctor of Biology, Professor of Gymnastics Department of the Stavropol State University; E-mail: vladimirkurys@mail.ru

BIOMECHANICS OF THE LANDING IN SPORTS

Abstract. The paper consists of two interconnected parts. The first part describes general-theoretical biomechanical features of a landing as a finishing phase of jump-character exercises. The landing is considered in two aspects: from formally biomechanical point of view, as the moment of contact of the sportsman with a support after a flight part of exercise and as biomechanical set of a part of the jump, consisting of amortization, an equilibration of a body and preservation of its stability.

The second part of work is devoted to system-structural knowledge of a landing as to an exercise portion basing on the gymnastics model. On the basis of application of a complex of biomechanical methods the phase structure of landings with introduction of new concepts is specified.

Qualitative pedagogical and biomechanical features of movements in the course of a landing are given on the basis of the qualitative biomechanical analysis. Results of research of kinematic and dynamic structure of a landing in competitive and proposed preparatory exercises are presented.

Keywords: biomechanics, a landing, the system-structural analysis, phase structure of exercise, kinematic structure, dynamic structure, a microphase of transients.

Приземлением в спорте принято считать часть упражнения, связанную с контактом спортсмена с опорой после полётной части упражнения. С формальной биомеханической точки зрения приземление есть момент контакта спортсмена с опорой после полетной части упражнения. После этого контакта следует амортизация, уравнивание тела и сохранение его устойчивости, если упражнение заканчивается статической позой, характерной для вида спорта. В случае, если после приземления упражнение продолжается, то уравнивание и сохранение устойчивости носит мгновенный характер.

Амортизация дословно есть погашение, в нашем случае погашение динамического удара как взаимодействие падающего с механической точки зрения тела спортсмена и поверхности опоры, которая тормозит движущееся с отрицательным ускорением тело. При этом возникают силы инерции тела с направленностью по ходу движения. Их действие заключается в том, что силы инерции вышерасположенных частей и звеньев тела действуют на нижерасположенные. Навстречу силам инерции действуют равные им динамические силы реакции опоры. В картину силового взаимодействия в момент приземления включаются силы тяжести и равная ей статическая реакция опоры. Действие всех этих сил со встречных сторон приводит к деформации тела спортсмена, сгибанию в опорных суставных сочленениях, к растягиванию мышц в уступающем (замедляющем) режиме работы. В целом это приводит к замедлению движения тела вниз, и, в конечном счёте, к остановке перемещения ОЦТ тела спортсмена.

В дальнейшем будем называть приземлением, как это принято в широкой практике, все действия спортсмена от начального контакта конечностями опоры, фиксацию позы, обусловленную характерным стилем вида спорта и действия, завершающие в целом упражнение.

Приземленное положение тела спортсмена характерно и определяется позой, ориентацией тела, местоположением в пространстве и отношением к опоре. Для сохранения положения тела спортсмену следует фиксировать позу путём нейтрализации сил, которые могут сместить его с площади контура приземления. Равновесие тела в задаче устойчивого приземления обеспечивается условием равенства нулю главного вектора и главного момента внешних сил. При этом сохранение заданной позы приземления обеспечивается внутренними (мышечными) силами спортсмена.

Для видов спорта, связанных с искусством движений, характерно в ходе приземления и восстановление при необходимости стилизованной позы, достижения устойчивости путём уравнивания тела как биомеханической системы. Для приземления с позиций критериев качества его выполнения главным является именно устойчивость тела в стилизованной позе приземления.

Сохранение заданной позы приземления осуществляется уравнивающими силами при компенсаторных, амортизирующих и восстанавливающих движениях. В этом случае спортсмен стремится к тому, чтобы проекция его ОЦТ при колебаниях оставался в зоне сохранения такого положения или возвращался в неё из зоны возможного восстановления равновесного положения тела. То есть управление устойчивостью тела осуществляется посредством расположения вертикальной проекции ОЦТ в пространственном поле устойчивости или в контуре овала площади приземления. При этом, чем ближе проекция ОЦТ к центру пространственного поля, тем более устойчиво приземление.

Предметом особого внимания в спорте являются приземления, так называемые останавливающим равновесием. Особенностью таких равновесий является то обстоятельство, что в момент начального контакта с опорой тело спортсмена обладает определенным запасом количества движения и кинетического момента. Задачей спортсмена является сведение количества этих показателей к нулю. Именно такие приземления и такой характер движения позного равновесия типичны для приземлений в спортивных видах гимнастики. Именно эти виды спорта представляют собой широкое

поле для осуществления приземлений из великого множества полётных и предполётных действий. А, следовательно, гимнастика обладает широкими прикладными возможностями овладения техникой самых разнообразных по характеру приземлений с последующим применением освоенного в различных сферах двигательной деятельности человека.

Преамбула, содержащая общетеоретические биомеханические особенности приземления как завершающей части упражнений прыжкового характера, не случайна. Она служит, по замыслу автора, введением в проблему системно-структурного познания двигательных действий в приземлении как неперемного условия профессионального представления не только его внешней, но и внутренней сущности. Ибо приземлениям в спорте надо учить не только и не столько на уровне эмпирики, а на основе биомеханического обоснования и подбора средств, способов тренирующего воздействия на обучаемого.

Мы полагаем, что приземление как таковое в спортивных видах гимнастики является в определенной степени обобщенной, интегрированной моделью для углубленного познания особенностей двигательных действия спортсмена при завершении прыжковых упражнений, которые могут служить основаниями для научно обоснованного подбора средств тренировки.

Общеизвестным и, к сожалению, распространенным явлением в спортивной гимнастике, других видах спорта, связанных с искусством движений, является неудачное завершение соревновательных комбинаций некачественным приземлением и, как следствие, потерей драгоценных долей оценочного балла, часто необходимых для общей победы. В этом смысле свежи и показательны ситуации, возникшие у лучших гимнастов России на Олимпийских играх в Греции и Китае, в частности, драматичное выступление Алексея Немова на перекладине, где незначительная ошибка при приземлении в конце комбинации позволила судьям-дельцам от спорта лишиться замечательного спортсмена золотой олимпийской медали.

При изучении проблемных вопросов, связанных с приземлением как завершающей частью множества упражнений гимнастики, выявилось значимое противоречие, сущность которого, с одной стороны, заключается в непреходящей важности приземления как завершающей части соревновательного гимнастического упражнения и влияния его качества на конечный результат, хронических для отечественной спортивной гимнастики ошибок спортсменов в ходе приземления, а с другой стороны, отсутствие в теории и методике спортивных видов гимнастики достаточно стройных систематизированных знаний о биомеханической сущности двигательных действий в приземлении, способствующих созданию эффективных технологий подготовки гимнастов к успешному завершению соревновательных упражнений. Отмеченное противоречие и его разрешение легло в основу проведенных нами исследований, а их результаты – в сущность данной статьи.

В исследовании особенностей техники приземления нами выделено 2 этапа: первый – с 1938 по 1969 год и второй – 1970 и по настоящее время. Первый этап отличается приблизительными оценками качественных сторон техники приземления. Второй ознаменовался единичным применением математического моделирования и ограничено инструментальными биомеханическими методами исследования с получением количественных характеристик движений.

Имеющиеся исследования биомеханических особенностей техники приземления не отличались, за единичным исключением (Ю.А. Гагин, 1969), системным подходом. В связи с этим остались без достаточного научного внимания ряд важных, на наш взгляд, вопросов. До настоящего времени не разработана классификация приземлений, что затрудняет как развитие биомеханических исследований спортивной техники, так и системный подход к обучению приземлению в видах спорта, связанных с искусством движений и, в частности, во всех видах гимнастического многоборья. Фазовая структура

приземления требует более полного раскрытия особенностей исходя из многогранной специфики приземлений как заключительной части гимнастических упражнений. Важное прикладное значение может иметь определение особенностей статики стилизованной позы приземления, соответствующей окончанию фазы амортизации. Дополнение соответствующих представлений о биомеханических особенностях техники приземления посредством решения отмеченных выше проблемных вопросов может способствовать определению инновационных подходов к целенаправленному обучению этой части множества гимнастических упражнений.

Исследование современных представлений о биомеханической сущности приземления в гимнастике показало, что имеющимися трудами специалистов Д.Д. Донского, В.М. Зациорского, В.Б. Коренберга, Ю.А. Гагина, Н.Г. Сучилина, В.Н. Курьсы созданы достаточные базовые условия и предпосылки для исследования биомеханики приземления путем интерпретации имеющихся научных знаний применительно к гимнастике.

Наряду с кинематической, динамической, координационной и другими разновидностями структур системы двигательных действий особое значение при качественном и количественном биомеханическом анализе имеет фазовая структура. Представления о ней в литературе применительно к приземлениям мало информативны и требуют уточнения.

Полагаем, что важное практико-методическое значение может иметь качественный биомеханический анализ приземления в гимнастике с реализацией научных взглядов специалистов, развивающих этот подход (В.Б. Коренберг, 1979, 2005. В.Н. Курьса, 1998, 2009) с определением двигательного состава упражнения, его фазовой структуры, особенностей управляющих двигательных действий исполнителя, мышечного обеспечения двигательных действий, функций и режима работы мышц.

При познании особенностей построения двигательных действий, спортивной техники гимнастического приземления целесообразно учитывать биомеханический и эстетический критерии, а при возможности и физиологический, основанный на определении электромиографической картины двигательных действий. В процессе изучения, а затем и формирования двигательной структуры приземления в процессе тренировки приоритет целесообразно отдавать её динамической составляющей и, в частности, базисной динамической структуре, частным случаем чего является познание профилирующих базовых упражнений, а с педагогической точки зрения, видимо, и овладение ими.

На основе проведенных нами исследований фазового состава двигательных действий в приземлении с применением комплекса полученных биомеханических характеристик представилось возможным уточнить фазовую структуру двигательных действий спортсмена в контактном периоде приземления. Примененный системно-структурный подход позволил представить ударное по характеру приземление как систему взаимосвязанных во времени и пространстве динамических процессов. Каждая фаза рассматривалась как совокупность определенных изменений кинематических, динамических и электрофизиологических параметров (рис. 1).

Кинематические характеристики включали пространственно-временные компоненты взаимодействия опорных звеньев тела гимнаста с поверхностью опоры, подограмму, гониограмму коленных и тазобедренных суставов. В качестве динамических характеристик, отражающих силовое взаимодействие спортсмена с опорой, принимались силы реакции опоры, их вертикальная и горизонтальная составляющие. В качестве физиологических показателей рассматривалась электрическая активность отдельных мышц опорных звеньев тела.

Комплексное исследование полученных характеристик позволило представить фазовый состав системы движений гимнаста в контактной части приземления в виде макрофазы, состоящей из фаз амортизации, фиксации стилизованной позы приземления,

фазы конечного выпрямления тела в стойку, микрофаз начального контакта с опорой, мезофазы переключения с уступающей работы при амортизации к изометрическому напряжению мышц, связанному с фиксацией стилизованной позы приземления, и микрофазы перехода от статической работы к динамике выпрямления тела в стойку.

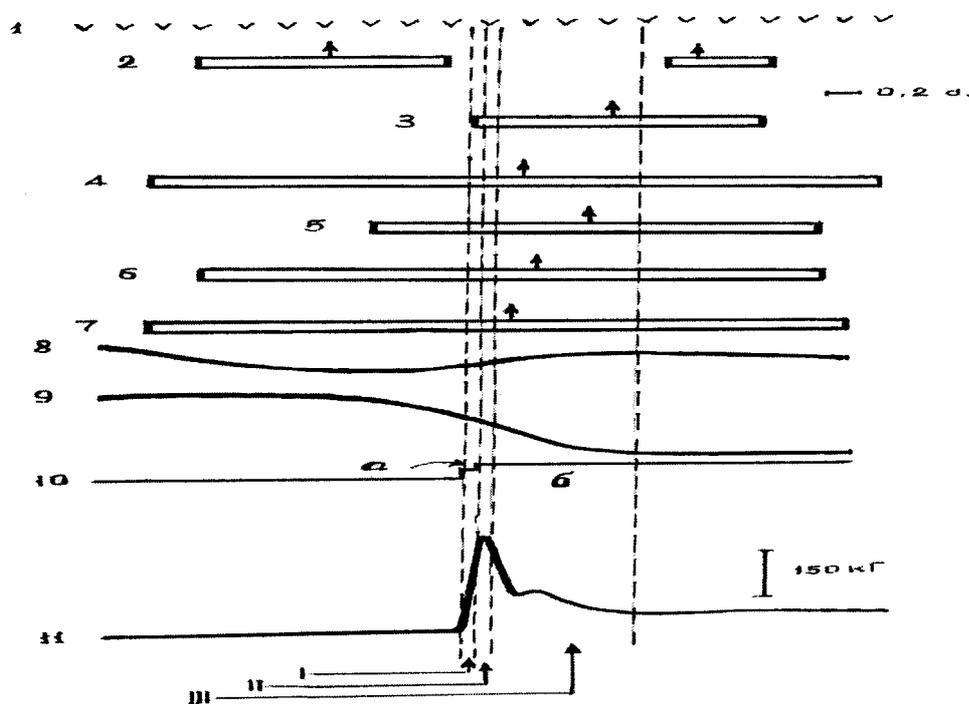


Рис. 1. Комплекс синхронизированных в динамике биомеханических характеристик фазового состава двигательных действий гимнаста в процессе приземления

I – микрофаза начального контакта; II – фаза амортизации; III – фаза переключения от уступающего режима работы мышц к изометрическому (удержание позы приземления);

1 – отметка времени; 2 – передняя часть дельтовидной мышцы; 3 – широчайшая мышца спины; 4 – крестцово-остистая мышца; 5 – прямая мышца бедра; 6 – икроножная мышца (внутренняя головка); 7 – камбаловидная мышца (максимальная электрическая активность обозначена стрелкой); 8 – изменение угла в тазобедренных суставах; 9 – изменение угла в коленных суставах; 10 – подограмма (а – опора на носок, б – опора на всю стопу); 11 – вертикальная составляющая силы реакции опоры.

Границы амортизации и фиксации стилизованной позы (углов в голеностопных, коленных и тазобедренных суставах) рассматривались как переходные процессы, имеющие определенные временные интервалы, но не как разграничительные мгновения. В частных случаях, как мы полагаем в образцовых выполнениях приземлений, эти временные интервалы приближаются к нулевому значению. Исследование показало, что еще до касания ногами опоры с мышц-сгибателей стопы и в крестцово-остистой мышце проявляется опережающая электрическая активность. Отмечено, что у спортсменов более высокой квалификации время опережающей электрической активности ног заметно меньше. Эта особенность подтверждает существующие представления о наличии более совершенной программы двигательных действий у спортсменов старших разрядов.

Выявленные особенности фазовой структуры, электрической активности мышц нижних конечностей позволяют судить о наличии у спортсмена созданной в процессе тренировки смысловой программы действий в контактной части приземления, обеспечивающей успешное завершение упражнения. Достаточно сложная фазовая структура контактной части приземления дает основание утверждать о целесообразности применения специального тонкого технологического подхода по наполнению структуры двигательных действий в упражнении силовым компонентом и формированию технико-

силовой готовности спортсмена как одного из определяющих условий качественного, в том числе, стилизованного приземления.

Качественные педагогические биомеханические особенности двигательных действий в процессе приземления. Системно-структурный подход к познанию физического упражнения должен основываться на интеграции естественнонаучных и гуманитарных знаний (С.В. Дмитриев, 1997, В.Н. Курьсь, 1998). Такой подход предполагает изучение упражнения с позиций биомеханики, анатомии, физиологии, педагогики, теории и методики вида спорта, к которому относятся познаваемые упражнения. Этому в достаточной мере отвечает качественный педагогический биомеханический анализ, который был осуществлен с целью установления общего и частного в биомеханических особенностях соревновательного упражнения «прыжок ноги врозь через коня» и предполагаемого тренировочного упражнения сопряженного воздействия – прыжок в глубину. При этом решалась важная образовательная задача, связанная с приобретением испытуемыми основ интегративного познания физического упражнения. Педагогический биомеханический анализ предполагает ряд шагов в качественном познании приземления: 1) создание общего представления об упражнении как системе движений и двигательных действий; 2) выявление основных элементов системы двигательных действий; 3) создание общего представления о структуре системы двигательных действий; 4) установление фазового состава упражнения; 5) выявление общих особенностей управления движениями с определением программы положения тела, состоящей из общей программы двигательных действий и программы поз, главных, вспомогательных и корректирующих управляющих двигательных действий; 6) определение мышечного состава движений, функций и режима работы мышц; 7) выявление направленности воздействия упражнения, его прикладности, а в нашем случае – его сопряженного характера.

Отмеченные шаги познания были реализованы в процессе качественного педагогического биомеханического анализа опорного прыжка ноги врозь через коня и прыжка в глубину с целью обоснования последнего как подготовительного упражнения сопряженного воздействия. Исследования показали идентичность качественных биомеханических сторон соревновательного и модельного тренировочного упражнений, что дает основание на качественном уровне сравнения принять прыжки в глубину как упражнения сопряженного воздействия при подготовке гимнастов к успешному приземлению.

Анализ кинематических и динамических особенностей приземления в соревновательном и предполагаемых подготовительных упражнениях осуществлялся с целью углубления представлений об их сущности с позиций количественного биомеханического анализа и подтверждения результатов их познания на качественном уровне. В ходе биомеханических экспериментов был установлен новый факт, имеющий для гимнастики важное теоретико-методическое и практическое значение.

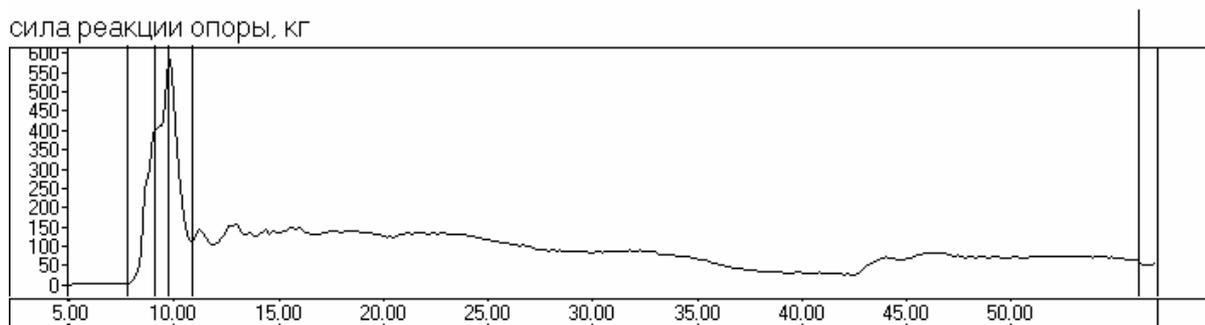


Рис. 2. Тензодинамограммы взаимодействия гимнаста с опорой при приземлении в опорном прыжке ноги врозь через коня на платформу без дополнительного покрытия

Посредством тензодинамометрии установлено, что в процессе приземления в опорном прыжке на платформу со смягчающим покрытием вертикальная составляющая силы реакции опоры находилась в пределах от 175 до 203 кг, при приземлении на платформу без покрытия – от 610 до 790 кг (рис.2, 4). Выявленный факт возможности более чем в три раза «смягчения» приземления посредством специального гимнастического мата, во-первых, учитывался нами в процессе биомеханических исследований, а во-вторых, открыл перспективу дальнейшего изучения особенностей различных покрытий снарядов как для качественного приземления, так и для обучения ему. Анализировались отдельно аналогичные кинематические и динамические характеристики модельных упражнений (рис. 3, 4) и комплекс таких характеристик в каждом из упражнений. Установлена идентичность характера изменения угла в коленном суставе, его величины в соревновательном и подготовительных упражнениях в контактный период приземления. Форма кривой графика изменения угла во всех вариантах прыжков в глубину и в опорном прыжке достаточно схожи, с некоторыми отличиями в последнем, где активность выпрямления ног при завершении упражнения значительно выше. Это выдвигает необходимость обязательного требования активного выпрямления ног после фиксации стилизованной позы приземления в прыжке в глубину как тренировочном упражнении. Ритмические структуры модельных упражнений как закономерности соотношений длительности частей двигательных действий в упражнениях характерны схожестью. Так, в опорном прыжке ритмическая структура имеет следующий вид: мезофаза опоры на напряженный носок – 20 мс; мезофаза восприятия удара всей стопой – 15 мс; мезофаза амортизации – 15 мс; фиксация позы полуприседа – 61 мс. Ритмическая структура в принятом для сравнения прыжке в глубину с высоты 0,4 м выглядит следующим образом: мезофаза опоры на напряженный носок – 24 мс; мезофаза восприятия удара всей стопой – 20 мс; мезофаза амортизации – 20 мс; фиксация позы полуприседа – 100 мс.

Длительность сгибания ног в фазе амортизации до фиксации позы полуприседа в среднем на 1 мс меньше в соревновательном упражнении по сравнению с прыжками в глубину, что можно объяснить проявлением уже сформированной ранее программы мышечной активности и проявления спортсменом способности за более короткое время в последней трети фазы амортизации создать «мышечный корсет» вокруг коленных суставов. Отмеченное обстоятельство позволяет сформулировать методическое требование о постепенном, но не форсированном уменьшении времени создания «мышечного корсета» в избранных тренировочных упражнениях. Общей особенностью в динамической картине двигательных действий является установленный ударный характер взаимодействия спортсмена с опорой как в опорном прыжке, так и в прыжках в глубину. Более ярко выраженный характер такого взаимодействия проявился в опорном прыжке (рисунок 2).

В ходе исследования выявились оптимальные величины возвышений для прыжков в глубину, величины тренирующих отягощений, приложенных к центрам масс звеньев и частей тела, их соотношения, за рамками которых появлялись заметные отклонения в кинематической и динамической картине двигательных действий в соревновательном и подготовительном упражнениях.

Осуществленный комплексный биомеханический анализ приземления в опорном прыжке и опускания на полную стопу в позу полуприседа из стойки на носках в условиях тренажера-машины управляющего воздействия в режимах переменных сопротивлений позволил выявить схожесть кинематической картины двигательных действий в подготовительном и соревновательном упражнениях с безусловной поправкой на более длительное время опускания на полную стопу в отмеченном упражнении по сравнению с приземлением в опорном прыжке и прыжках в глубину. Следует предположить, что применение выбранного тренировочного упражнения в условиях машины управляющего

воздействия наиболее ценно на начальном этапе подготовки гимнастов, так как позволяет целенаправленно формировать структуру двигательных действий одновременно с тонко дозированным силовым ее наполнением в условиях более длительного протекания фазы амортизации.

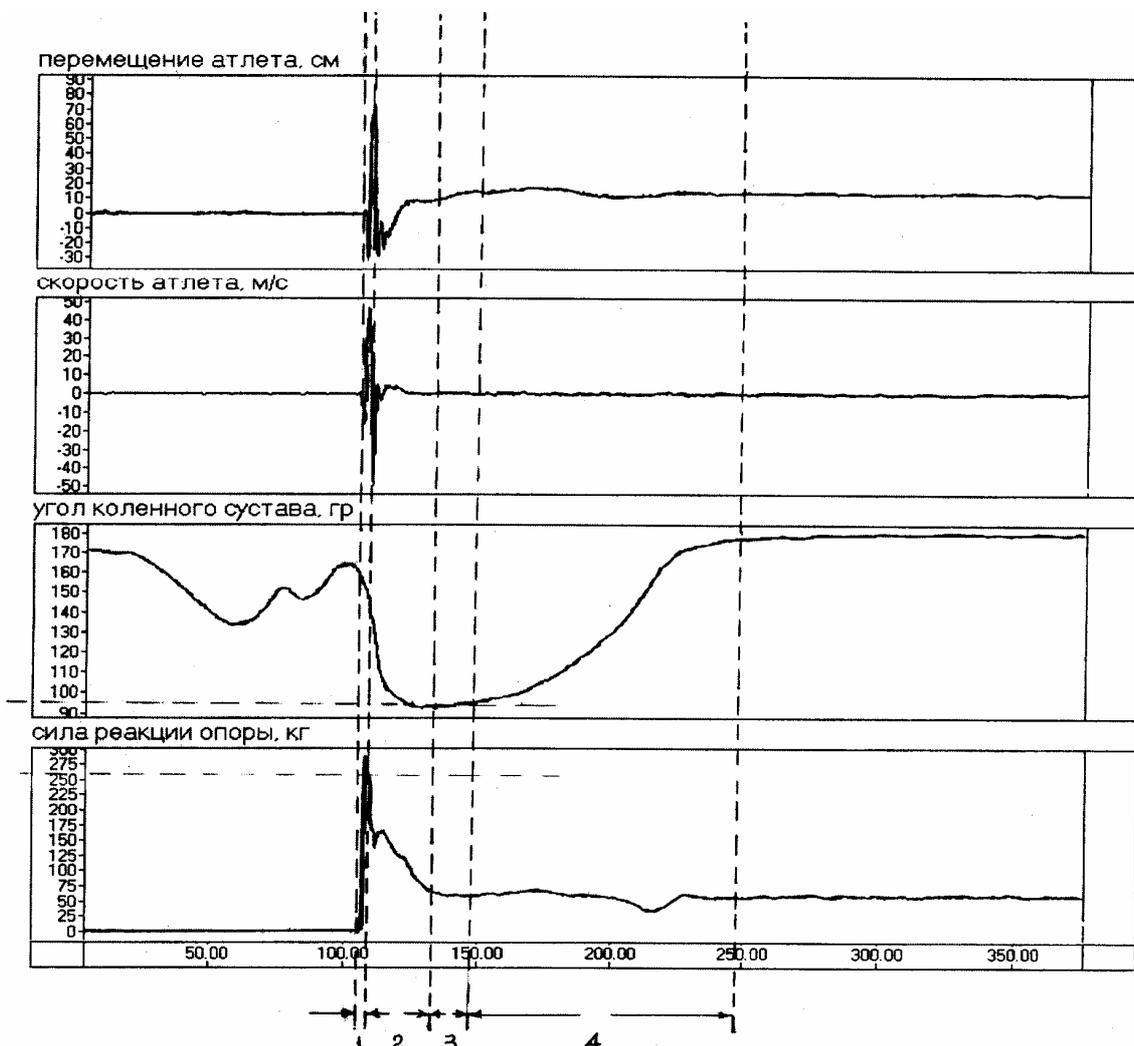


Рис. 3. Графики изменения кинематических и динамических характеристик двигательных действий спортсмена при выполнении приземления в прыжке в глубину с высоты 0,4 м.

Изучение кинематических и динамических особенностей двигательных действий в соревновательном и тренировочных упражнениях сопряженного воздействия показало их достаточную схожесть и незначительные отличия, что позволяет сделать предположение о целесообразности применения последних в подготовке гимнастов к успешному приземлению.

Таким образом, систематизированные общетеоретические представления о биомеханической сущности приземления в спорте создают предпосылки для углубленного профессионального познания этой части множества упражнений и могут служить основанием для целенаправленного изучения кинематической и динамической структур приземлений в отдельных видах спорта. Этот подход может быть вполне эффективным и при обосновании подготовительных и специальных физических упражнений для обучения качественному приземлению.

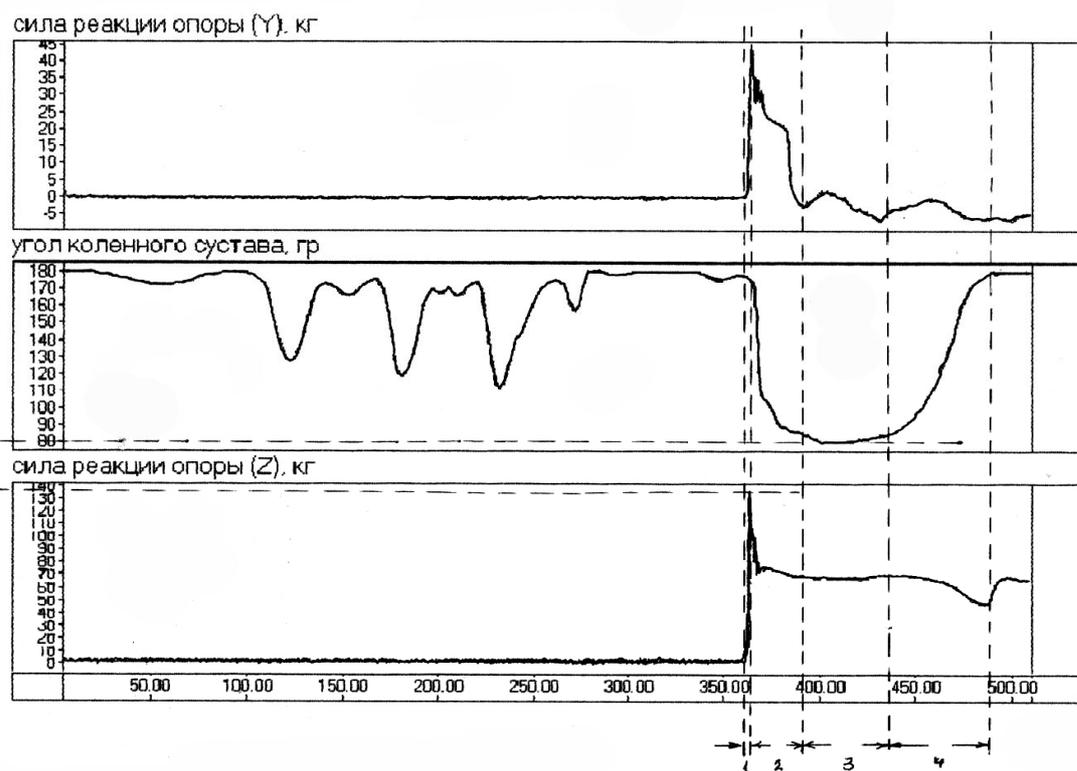


Рис. 4. Графики изменения кинематических и динамических характеристик двигательных действий гимнаста при выполнении приземления в опорном прыжке ноги врозь через коня на тензометрическую платформу с набивным матом

Примечания:

1. Гагин Ю.А. Аналитическое исследование положения стопы при приземлении гимнаста // Сборник научных работ молодых ученых ГДОИФК им. П.Ф. Лесгафта. Л., 1969. С. 24-25.
2. Донской Д.Д., Зациорский В.М. Биомеханика: учебник для ин-тов физ.культуры. М.: ФиС, 1979. 264 с.
3. Коренберг В.Б. Основы качественного биомеханического анализа. М.: ФиС, 1979. 208 с.
4. Коренберг В.Б. Основы спортивной кинезиологии: учеб. пособие. М.: Сов. спорт, 2005. 232 с.
5. Сучилин Н.Г. Гимнаст в воздухе (соскоки прогрессирующей сложности). М.: ФиС, 1978. 12 с.
6. Курьсь В.Н. Основы познания физического упражнения: учеб. пособие. Ставрополь, Изд-во СГУ, 1998. 130 с.
7. Курьсь В.Н., Баршай В.М., Павлов И.Б. Гимнастика: учебник. Ростов н/Д: Феникс, 2009. 314 с.
8. Дмитриев С.В. Предисловие научного редактора // Проблемы интеграции естественно научного и гуманитарного знания в теории деятельности и двигательных действий / отв. ред., сост. С.В. Дмитриев. Н. Новгород: НГПУ, 1997. С. 3-9.