

ДИНАМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СЛОЖНЫХ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ

Вставшие во весь рост проблемы координации произвольных движений человека потребовали в первую очередь изучения динамического механизма сложных двигательных действий, или, по меткому выражению Н. А. Бернштейна, углубленного внимания к тому, как выглядит движение «изнутри».

Специальное изучение характера развития и способа взаимосвязи активных (мышечных) и реактивных (отраженных) сил в двигательных действиях, требующих проявления значительных нервно-мышечных напряжений в минимальное время, позволило выявить некоторые характерные черты динамического механизма двигательных действий и проследить процесс его формирования в связи с ростом спортивного мастерства. В качестве экспериментальной модели были выбраны опорно-толчковые фазы в ряде прыжковых легкоатлетических упражнений.

На рис. 1 приведены типичные для начинающего и квалифицированного спортсменов графики вертикального ускорения масс маховых звеньев тела и угла сгибания опорной ноги в коленном суставе при отталкивании в тройном прыжке с разбега. Эти данные позволяют опосредованно судить о характере развития и величине вертикальной составляющей реактивных сил, возникающих при ускоренном перемещении маховых звеньев тела, и их взаимодействии с усилиями мышц опорной ноги. Из сравнения приведенных материалов можно заключить, что у квалифицированного спортсмена максимумы вертикального ускорения масс маховых звеньев тела больше по абсолютной величине и, что особенно важно подчеркнуть, совпадают во времени. Разгибание опорной ноги более активно и начинается сразу же после кратковременной концентрированной нагрузки на мышцы-разгибатели за счет реактивной динамики махов.

У начинающего спортсмена максимумы вертикального ускорения масс маховых звеньев тела не согласованы между собой, и поэтому дополнительная нагрузка на опорную ногу за счет реактивных сил хотя и меньше по абсолютной величине, но действует более длительно. В результате разгибание опорной ноги затруднено и начинается значительно позднее при менее активном переключении от уступающей работы мышц к преодолевающей.

Исходя из этого, динамический механизм отталкивания можно представить в общих чертах следующим образом. С началом опоры в мышцах-разгибателях развивается напряжение, которое к концу фазы уступающей работы достигает максимума и уравновешивает динамический вес тела. Дополнительная кратковременная нагрузка, возникающая в этот момент за счет

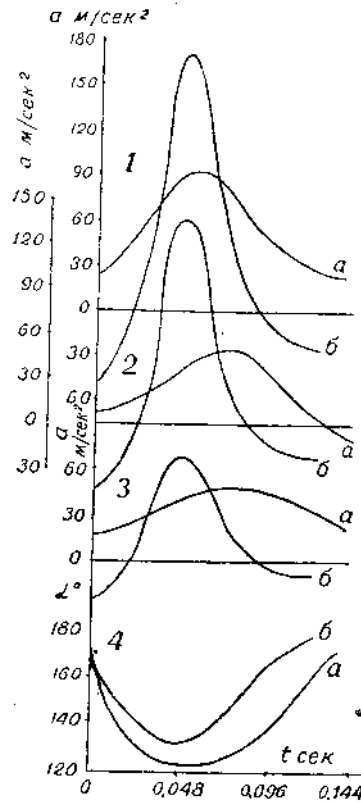


Рис. 1. Зависимость между вертикальным ускорением ЦТ маховых звеньев тела (1 и 2 — левая и правая руки, 3 — маховая нога) и изменением угла опорной ноги в коленном суставе (4), во втором толчке тройного прыжка с разбега (a — начинающий, б — квалифицированный спортсмен).

реактивной динамики, создает в мышцах избыточный потенциал напряжения, что обеспечивает более энергичное переключение их на преодолевающую работу. В результате тело получает большее ускорение в необходимом направлении и рабочий эффект отталкивания возрастает.

Контрольный лабораторный эксперимент убедительно подтвердил эту гипотезу. На осциллограммах (рис. 2) отчетливо видно, что у опытного исполнителя активное разгибание ног в коленных суставах при прыжке вверх с места начинается только после передающегося на опору «всплеска» реактивной динамики махов (пример 1), зались 2 и 4). Этого «всплеска», естествен-

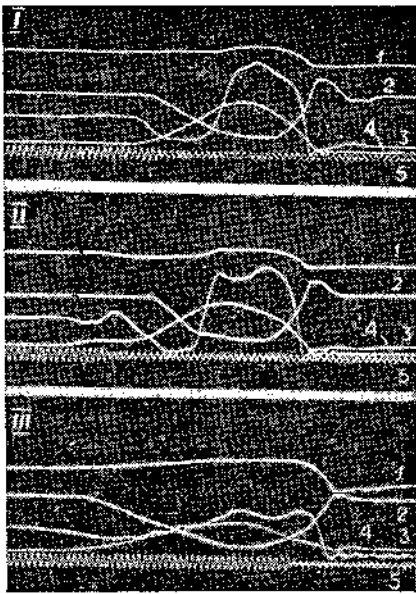


Рис. 2. Регистрация двигательных характеристик при прыжке вверх с места без маховых движений (I) и с махом руками (II и III).

1, 2 и 3 — гониограммы движения в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах, 4 — динамограмма усилия на опоре, 5 — отметка времени (0,02 сек.). Читать слева направо

но, нет, если прыжок выполняется без маховых движений (пример I, запись 4). Иная и уже знакомая нам картина наблюдается у неопытного исполнителя (пример III). У него реактивный акцент (запись 4) развивается после того, как началось разгибание ног в коленном суставе (запись 2), что отрицательно сказывается на быстроте этого движения и величине рабочего эффекта в целом.

Таким образом, биомеханическая сущность эффекта маховых движений при отталкивании связана с созданием избыточного потенциала напряжения рабочих групп мышц за счет реактивной динамики в тот момент, когда они готовы начать разгон тела при переключении на преодолевающую работу. В общих чертах это было известно и ранее. Однако выявленные нами факты раскрывают новые стороны динамической организации двигательного комплекса при отталкивании, важные для поднимания механизма координации движений прыгуна. Оказывается, что решающее значение для повышения рабочего эффекта отталкивания играет факт вполне определенного в пространстве и времени акцентирования и согласования активной и реактивной динамики. Этот вывод представляет несомненный, на наш взгляд, практический интерес для тренировки прыгунов, но в данном случае является лишь частным вопросом, который позволяет перейти к обсуждению понятия динамической структуры сложного двигательного действия и её организации.

Изучение сдвигов в динамической организации движений прыгунов в связи с ростом их спортивного мастерства (на примере прыгунов в высоту и тройным прыжком) позволяет утверждать, что овладение сложным двигательным действием начинается с активного приспособления организма к тем условиям, которые сопутствуют процессу решения двигательной задачи. В силовом поле, возникающем при этом как результат взаимодействия внешних и внутренних по отношению к человеку сил, отмечаются фазы концентрации активной и реактивной динамики. Вначале эти составляющие или акцентированные элементы силового поля выражены слабо и располагаются в нем неупорядоченно, хаотично (рис. 3). При повторном воспроизведении движения их количественные значения и временные отношения варьируют в довольно широком диапазоне. Двигательное действие в целом динамически неустойчиво, его конечный эффект еще невысок и не стабилен.

Затем, по мере приспособления к условиям взаимодействия с внешним окружением, спортсмен находит пути более эффективного решения двигательной задачи. Это связано с дифференциацией и усилением динамических элементов, четкой локализацией их в рамках двигательного комплекса и объединением в определенную, отчетливо прослеживаемую у квалифицированных исполнителей систему (рис. 3). При повторном воспроизведении двигательного действия диапазон вариативности в количественном значении и временном отношении между ее элементами уменьшается. Одновременно происходит «сжатие», концентрация такой системы во времени, она обретает устойчивость и обладает всеми признаками целостной структуры с определенными логическими связями между ее элементами.

Следует отметить, что состав и количественное значение элементов, равно как и композиция динамической структуры дви-

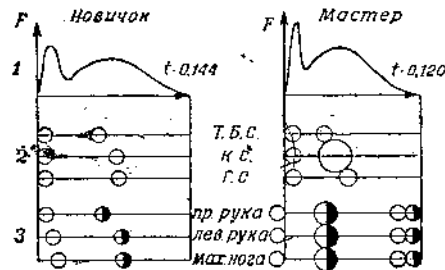


Рис. 3. Схема расположения акцентов активной и реактивной динамики в двигательном комплексе (2-й толчок тройного прыжка).

1. Результирующая динамограмма взаимодействия спортсмена с опорой. 2. Динамические акценты в напряжении мышечных групп, обслуживающих тазобедренный (Т.Б.С.), коленный (К.С.) и голеностопный (Г.С.) суставы опорной ноги. 3. Акценты активной (круг) и реактивной (получерный круг) динамики махов.

гательного действия в целом, детерминированы конкретными условиями, в которых решается двигательная задача. В качестве основного фактора, стимулирующего процесс формирования динамической структуры, выступает изменение характера взаимодействия с объектами внешнего окружения по мере активного приспособления организма к данным условиям. Поэтому динамическая структура не является застывшим, раз и навсегда сформированным механизмом, и затруднительно сказать, имеет ли вообще предел процесс ее формирования. Проявившись в общих чертах при первых же попытках решения двигательной задачи, она совершенствуется в дальнейшем в направлении количественного усиления отдельных элементов, уточнения их расположения во времени и пространстве и, наконец, образно говоря, за счет выяснения отношений между элементами, т. е. установления их соподчиненности. Естественно, что не последнюю роль при этом играют повышение уровня физической подготовленности и работоспособности организма, накопление двигательного опыта и представлений об изучаемом движении и, наконец, инструкция со стороны педагога-тренера.

Таким образом, динамическая структура сложного двигательного действия — это рациональный, устойчивый способ связи акцентированных фаз активной и реактивной динамики, который формируется в процессе упражнения и обеспечивает наиболее целесообразное использование возможностей человека для успешного решения конкретной двигательной задачи. Материалы наших исследований позволяют проследить в отношениях между акцентированными фазами активной динамики характерные для структуры черты связи по типу корреляции и субординации. Так, было отмечено, что отношение между динамическими акцентами при отталкивании в тройном прыжке характеризуется не простой функциональной связью, а статистической зависимостью. Каждый элемент детерминирован не только непосредственно связанным с ним элементом, но и другими элементами динамической структуры, с которыми он имеет лишь опосредованную связь, что было отмечено и Н. А. Бернштейном. Например, количественное изменение ударного акцента в самом начале опорного периода в прыжке отражается в той или иной мере и на далеко отстоящих в пространстве и времени структурных элементах. Чрезмерное усиление ударного акцента может привести к разрушению динамической структуры.

Взаимосвязь элементов динамической структуры, выступающая в форме субординации, проявляется в отчетливо выраженной доминантной роли отдельных динамических акцентов и подчинении всей их совокупности смысловой сущности двигательного комплекса. Так, смысл отталкивания при прыжках с разбега сводится к повороту вектора начальной скорости тела на необходимый угол. Поэтому доминантное значение приобретает акцентированный момент динамического усилия, связанного с разгибанием опорной ноги в коленном

суставе (рис. 3). Остальные акценты активной и реактивной динамики играют подчиненную вспомогательную роль. Они обеспечивают создание благоприятных условий для количественного усиления главного акцента и, следовательно, повышения рабочего эффекта отталкивания в целом. В этом положении нетрудно видеть практическое отражение учения А. А. Ухтомского о доминанте, как о господствующем в данный момент возбуждении совокупности нервных центров, определяющих течение событий в нервной системе.

Подводя итог вышесказанному, можно утверждать следующее:

1. Для двигательного действия, выполняемого на высоком уровне мастерства, характерно вполне определенное, только ему присущее, акцентирование и согласование активной и реактивной динамики.

2. Система отношений динамических акцентов в рамках двигательного комплекса, или его динамическая структура, определяется конкретными условиями взаимодействия человека со всей совокупностью объектов внешнего окружения в процессе решения двигательной задачи.

3. Формирование динамической структуры переводит двигательное действие на новый, более высокий, качественный уровень, знаменующий увеличением его рабочего эффекта при рациональном и экономном использовании конкретных двигательных возможностей человека.

Следует подчеркнуть, что процесс решения двигательной задачи вовлекает в сложное взаимодействие все физиологические механизмы организма человека. Поэтому, рассмотренные нами в первом приближении качественные характеристики динамической структуры сложного движения отражают пока лишь одну, преимущественно, моторную, сторону его организации. Однако имеются все основания полагать, что структурные элементы динамики двигательного действия являются внешним отражением регулирующей деятельности центральной и нервной системы. Поэтому изучение динамической структуры, и особенно количественных закономерностей образующих ее связей, представляется весьма перспективным направлением в изучении механизма координации произвольных движений человека. Вместе с тем многие практические вопросы подготовки спортсмена могут получить дополнительный источник освещения при рассмотрении их с позиций динамической структуры спортивного упражнения.

В первую очередь имеется в виду обучение спортивной технике. Овладение ею осуществляется как через многократное воспроизведение основного упражнения, так и путем выполнения комплекса подготовительных, специальных и имитационных упражнений. Но так как формирование динамической структуры связано в первую очередь с целостным воспроизведением изучаемого упражнения, то обучающий эффект вспомогательных средств определяется степенью их приближенности к этому упражнению по динамическому механизму.

Вспомогательные средства играют, несомненно, большую, а иногда и решающую

роль при овладении техникой спортивного упражнения, ибо его целостное воспроизведение на высоком уровне мастерства вначале просто невозможно. Поэтому в идеальном случае методическая система должна содержать такие вспомогательные средства, которые уже на первом этапе обучения спортивному упражнению будут способствовать формированию его динамической структуры. В связи с этим представляется возможность говорить о принципе динамического соответствия, на который следует опираться при разработке методической системы обучения. Руководящая роль этого принципа заключается в том, чтобы при определении необходимого круга вспомогательных средств исходить из соответствия их основному упражнению как по способу связи между отдельными динамическими элементами, так и по природе их происхождения, характеру проявления и количественному значению. Реализация принципа динамического соответствия открывает перспективу значительного повышения эффективности процесса овладения спортивной техникой, но для этого требуются предварительные исследования, направленные в первую очередь на выявление динамической структуры конкретного спортивного упражнения.

И далее. Процесс формирования динамической структуры связан с количественным усилением составляющих ее элементов. Однако в ходе овладения движением последние развиваются, как нам удалось установить, гетерохронно, в зависимости от их происхождения и способа взаимосвязи. Можно выделить категорию динамических элементов, развитие которых детерминируется непосредственным взаимодействием с внешними объектами, и категорию элементов, взаимодействующих с ними опосредо-

ванно, а потому отстающих в темпах своего развития.

Указанное обстоятельство определяет второе направление, в котором понятие динамической структуры и вытекающий из него принцип динамического соответствия ориентирует течение творческой мысли педагога-тренера. Необходимость гармоничного развития элементов как неперемennого условия для успешного протекания процесса формирования динамической структуры спортивного упражнения ставит успех тренировочного процесса в зависимость от качества силовой или, точнее, специальной силовой подготовки спортсмена.

Средства специальной силовой подготовки должны способствовать гармоничному развитию мышечных групп спортсмена в соответствии со спецификой их деятельности при выполнении спортивного упражнения и той возможностью для качественного совершенствования, которая им при этом представляется. Научная разработка основ специальной силовой подготовки только начинается, и понятие о динамической структуре двигательных действий должно сыграть здесь решающую роль. В частности, имеющиеся исследования и опыт разработки средств специальной силовой подготовки для легкоатлетов-прыгунов с учетом динамики их движений при отталкивании уже дали обнадеживающие результаты.

Мы остановились только на двух практических вопросах, полнота разработки которых в значительной степени определяется уровнем наших представлений о динамической структуре. Однако несомненно, что они не исчерпывают всех возможностей для рационализации тренировочного процесса, которые предоставит дальнейшее изучение динамического механизма сложных двигательных действий.