

**ПЛАН**  
семинара для тренеров-преподавателей по тяжелой атлетике

01.10.2023

г. Сочи

«Мастер-класс для тренеров – преподавателей детско- юношеских спортивных школ г. Сочи».

Тема: «Рациональное соотношение кинематики суставных перемещений с траекторией движения штанги».

**Кинематическая структура двигательных действий**

Современная биомеханика рассматривает тело человека как движущуюся систему, а сами процессы движений - как развивающиеся системы движений. Всякая система характеризуется наличием определенного состава (элементов, из которых состоит система) и структуры (сложившихся закономерностей взаимосвязи отдельных элементов). Понятие о структуре движений, пожалуй, главное в изучении двигательных действий. Если выделить части, элементы системы движений иногда сравнительно не трудно, то изучать закономерности связей между этими элементами, закономерности объединения этих элементов движения в единое целое, то есть изучать структуру системы движений, - намного сложнее.

Тренеру для целенаправленного воздействия движений (то есть на спортивную технику) своего ученика с целью ее совершенствования подчас важнее знать закономерности взаимосвязи отдельных элементов, то есть структуру системы, чем даже ее состав.

Лишь познав закономерности связей и отношений между элементами системы движений, то есть ее структуру, можно понять принципы и особенности процесса управления движениями, можно научиться правильно находить пути и методы целенаправленного воздействия на систему движений, то есть на спортивную технику, с целью ее совершенствования. Изучение структуры движений - это есть путь познания и совершенствования спортивной техники.

Наиболее простые, легко поддающиеся регистрации связи между элементами системы движений - это механические. Эти связи выражены законами механики. Таким образом, закономерности взаимосвязи отдельных элементов системы (то есть ее структура) могут рассматриваться на основе изучения различных механических характеристик системы движений. В первую очередь, наиболее легко поддается нашему наблюдению внешняя

картина движения, его кинематика. Поэтому и изучать движение мы обычно начинаем с регистрации и изучения его кинематических характеристик.

По кинематическим характеристикам (пространственным, временным, пространственно - временным) можно установить кинематическую структуру движения - как закономерность взаимосвязи частей движения в пространстве и во времени.

Для изучения кинематической структуры вначале необходимо зарегистрировать кинематические характеристики изучаемого движения. Обычно кинематические характеристики регистрируются с помощью кинофототелевизионной техники, позволяющей запечатлеть внешнюю картину (кинематику) движения. Кинематикой называется раздел механики, изучающий механическое движение тел, то есть изменение их взаимного положения в пространстве с течением времени, без учета массы тел и действующих сил.

### **Кинематика точки**

Системы отсчета расстояний и времени. Механическое движение всегда принято изучать по отношению к какому-то телу отсчета, относительно которого в любой момент времени определяют положение движущегося тела. Если систему отсчета связывают с "неподвижным", неускоряемым (инерциальным) телом отсчета (Земля и все тела, неизменно с ней связанные), такая система отсчета называется инерциальной. Например, если мы будем изучать параметры движения ноги бегуна по отношению к опоре (беговой дорожке), то данное изучение мы будем проводить в инерциальной системе отсчета.

Если систему отсчета связывают с телом, которое само движется с ускорением (неинерциальное тело), то такая система отсчета называется неинерциальной. Например, если мы будем изучать параметры движения ноги бегуна относительно его туловища (которое тоже движется), то данное изучение мы будем проводить в неинерциальной системе отсчета. Выбор той или другой системы отсчета определяется целью исследования. В выбранной системе отсчета кинематика движения изучается на основе регистрации или расчета кинематических характеристик движения. Среди кинематических характеристик мы различаем: пространственные, временные, пространственно - временные характеристики. В любой данный момент времени точка может занимать только одно положение на траектории, поэтому ее расстояние  $S$  от начала отсчета есть некоторая однозначная

функция времени:  $S = S(t)$ .

Это уравнение, выражающее функциональную зависимость пройденного точкой пути от времени, называется законом движения точки. Закон движения - это как бы расписание движения точки по траектории. Закон движения может быть задан аналитически (в виде уравнения), графически (график) или в виде таблицы.

Зависимость  $X = X(t)$  выражает закон движения точки вдоль оси  $x$ . Зависимость  $Y = Y(t)$  выражает закон движения точки вдоль оси  $y$ .

### **Кинематика тела**

Тело человека - это не материальная точка, а очень сложная биомеханическая система переменной конфигурации. При изучении кинематики движений человека мы можем исследовать движение отдельных точек его тела (например, ОЦТ или центров суставов) и производить анализ и оценку их движений с помощью рассмотренных ранее кинематических характеристик. При изучении движения отдельных звеньев тела человека мы можем вычлнить и наблюдать наиболее простые формы движения тела - поступательное и вращательное.

Поступательным движением тела называется такое движение, при котором всякая прямая, проведенная в этом теле, перемещается, оставаясь параллельной самой себе.

Поступательное движение не стоит смешивать с прямолинейным. При поступательном движении тела траектории его точек могут быть как прямолинейными, так и криволинейными (например, траектория полета ядра или траектория ОЦТ тела человека в полной фазе бегового шага). При поступательном движении тела все его точки движутся по одинаковым и параллельно расположенным траекториям и имеют равные скорости и равные ускорения. Поэтому поступательное движение тела вполне определяется движением какой-либо одной его точки, а значит, задача поступательного движения тела сводится к изучению движения любой его точки. Вращательным движением тела называется такое движение, при котором какие-либо две его точки остаются все время неподвижными. Прямая, проходящая через эти точки, называется осью вращения. Траекторией движения любой точки тела при вращательном движении будет окружность.

Мерой перемещения тела при вращательном движении является угол поворота  $\varphi$ . Чтобы знать положение тела во вращательном движении в любой момент времени, надо знать зависимость угла поворота  $\varphi$  от времени  $t$ :  $\varphi = \varphi(t)$ . Данное уравнение выражает закон вращательного движения тела.

Основными кинематическими характеристиками вращательного движения тела является его угловая скорость  $\omega$  и угловое ускорение  $\varepsilon$ . Угловая скорость тела в данный момент времени численно равна первой производной от угла поворота по времени:

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt}$$

Направлен вектор угловой скорости вдоль оси вращения в ту сторону, откуда вращение кажется происходящим против часовой стрелки. Угловое ускорение тела характеризует быстроту изменения угловой скорости по времени. Угловое ускорение тела в данный момент времени численно равно первой производной от угловой скорости по времени:

$$\varepsilon = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt}$$

Вектор углового ускорения также направлен вдоль оси вращения. Если направление векторов угловой скорости и углового ускорения совпадают, то вращение - ускоренное. При вращательном движении тела разные его точки будут иметь различные линейные скорости и ускорения. Линейная скорость точки вращающегося тела численно равна произведению угловой скорости на радиус вращения и направлена по касательной к окружности вращения (перпендикулярно радиусу вращения)  $V = \omega * r$ .

Таким образом, линейные скорости точек вращающегося тела пропорциональны их расстояниям от оси вращения (чем дальше удалена точка от оси вращения, тем большую линейную скорость она имеет).

Пример плоскопараллельного движения - качение гимнастического обруча по горизонтальной плоскости. Все точки обруча движутся в плоскости параллельной неподвижной вертикальной плоскости. Любая точка обода обруча (например, точка М) движется по отношению к земле по кривой ММ<sub>1</sub>, М<sub>2</sub>, М<sub>3</sub>, М, которая называется циклоидой. Это движение можно считать состоящим из двух простых движений:

- 1) вращение точки М вместе с ободом относительно центра обруча О;
- 2) движения точки М вместе с поступательно движущимся обручем. Поэтому скорость любой точки М обруча будет равна геометрической сумме двух скоростей:

- 1) скорости поступательного движения обруча  $V_0$ ;
- 2) линейной скорости вращательного движения точки М относительно центра О -  $V_M(O)$ .

Линейная скорость вращения точки М относительно центра О равна произведению угловой скорости вращения  $\omega$  на радиус вращения  $V_M(O) = \omega * OM$ . Таким образом, скорость любой точки тела, движущегося плоскопараллельно, определяется по формуле:

$$\vec{V}_M = \vec{V}_0 + \vec{V}_M(O) = \vec{V} + \omega * OM$$

Пример. Гимнаст выполняет сальто. Обозначим ОЦТ тела гимнаста точкой С, центр тяжести головы - точкой А, голеностопный сустав - точкой В. Вращение происходит по часовой стрелке. Известны: скорость ОЦТ тела гимнаста -  $V_C$ , угловая скорость вращения тела гимнаста относительно ОЦТ -  $\omega$ , а также линейные размеры гимнаста АС и ВС. Требуется определить скорость точки А и точки В. Скорость точки А равна:

$$\vec{V}_A = \vec{V}_C + \vec{V}_{AC};$$

Вектор скорости  $V_{AC}$  направлен перпендикулярно радиусу вращения АС и по величине равен:

$$\vec{V}_{AC} = \omega * AC.$$

## Составное движение

Тело человека - подвижная, изменяемая биомеханическая система, в которой одни звенья движутся по отношению к другим, а все тело в целом тоже совершает движение в пространстве. Движение, обусловленное движением ряда звеньев, в биомеханике называют составным. Когда в составном движении принимают участие два звена, то обычно составляющие этого движения называют переносными или относительными. Например, в беге движение туловища по отношению к опоре (неподвижной системе отсчета) называется переносным. Движение бедра по отношению к туловищу (подвижной системе отсчета) называется относительным. Движение же бедра по отношению к опоре (неподвижной системе отсчета) называется абсолютным. При составном движении абсолютная скорость точки равна геометрической сумме относительной и переносной скоростей:

$$\vec{V}_{abs} = \vec{V}_{пер} + \vec{V}_{отн}$$

Например, абсолютная скорость коленного сустава ноги в беге будет равна геометрической сумме скорости тазобедренного сустава (переносная скорость) и линейной скорости коленного сустава во вращательном движении бедра относительно туловища (относительная скорость):

$$\vec{V}_k = \vec{V}_{тб} + \vec{V}_{л(тб)},$$

где  $V_k$  - искомая абсолютная скорость коленного сустава по отношению к опоре;  $V_{тб}$  - переносная скорость тазобедренного сустава (в поступательном движении туловища);

$V_{л(тб)}$  - относительная скорость коленного сустава во вращательном движении бедра относительно туловища.

При этом  $V_{л(тб)} = \omega_b * l_b$ ,

где  $\omega_b$  - угловая скорость вращения бедра относительно туловища;  $l_b$  - расстояние от тазобедренного до коленного сустава (длина бедра), то есть радиус вращения коленного сустава относительно тазобедренного.

Если угол между  $V_{отн}$  и  $V_{пер}$  равен  $\beta$ , то строя параллелограмм скоростей, можем рассчитать модуль (величину) абсолютной скорости по формуле:

$$|V_a| = \sqrt{V_{отн}^2 + V_{пер}^2 + 2 V_{отн} * V_{пер} \cos \beta}$$

Скорость тазобедренного сустава  $V_{тб}$  и угловую скорость вращения бедра относительно туловища  $\omega_b$  рассчитывают по промеру движения. Графическое определение абсолютной скорости коленного сустава позволяет выявить

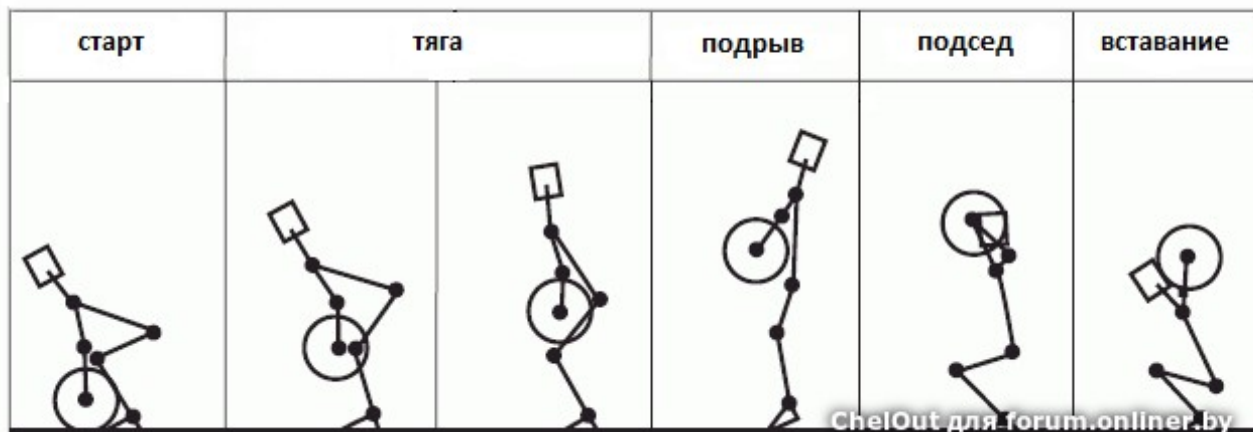
составляющие, из которых она складывается, а следовательно, направленно влиять на параметры движения, формирующие эту скорость.

Для анализа и корректировки спортивной техники необходим набор биохимических характеристик, изучение взаимосвязи которых позволяет тренеру получить объективные данные о структуре движения спортсмена. В процессе анализа и оценки техники движения изучение его кинематики имеет самостоятельное и очень важное значение. Это вызвано тем, что кинематические показатели техники, как наиболее изученные, часто являются предметом сложившихся представлений о технике того или иного движения, которые можно рассматривать в качестве критериев технического мастерства.

Измерение и воздействие непосредственно на динамические характеристики движения на практике весьма затруднительно. В то же время изучение кинематических характеристик (в виду относительной простоты их регистрации и расчетов), управление которыми позволяет изменять динамику движения, является весьма перспективным направлением в изучении и совершенствовании техники движений.

Судить о рациональной технике тяжелоатлетических упражнений можно только на основе знаний их кинематической структуры, то есть наиболее устойчивых закономерностей связей отдельных элементов в системе движений тяжелоатлета (линейных и угловых перемещений, скоростей и ускорений отдельных звеньев и суставов). Старт, тяга, подрыв, подсед, вставание - это структурные элементы системы движений.

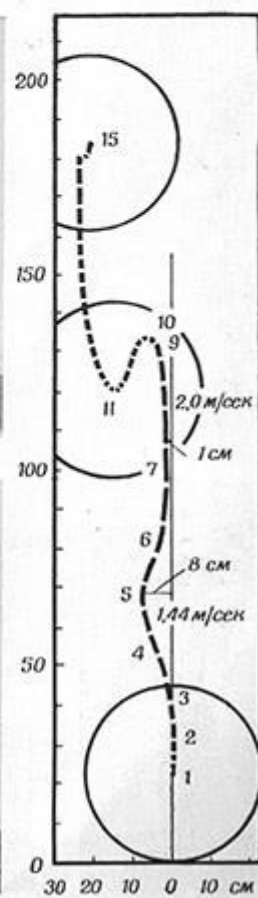
Кинематическая, динамическая и ритмическая структура рывка и подъема штанги на грудь для толчка.

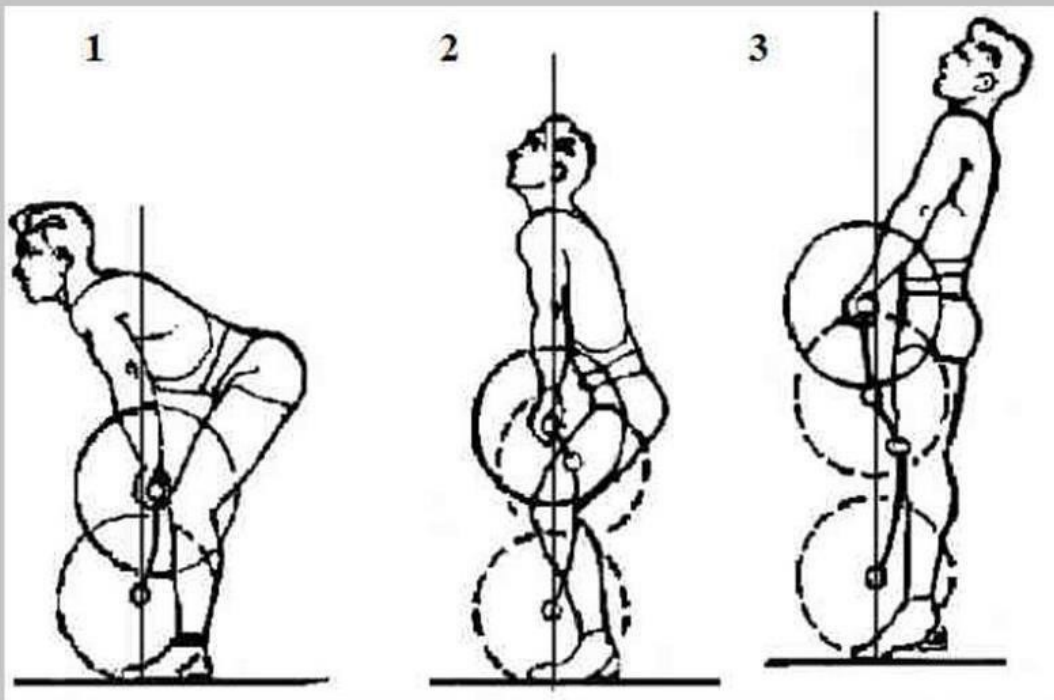


Взаимодействие атлета со штангой до момента отделения ее от помоста (МОШ). Создание жесткой связи между звеньями кинематической цепи в этой фазе и сохранение ее в процессе движения – один из важнейших факторов, определяющих успешное выполнение всех фаз упражнения.

# РЫВОК

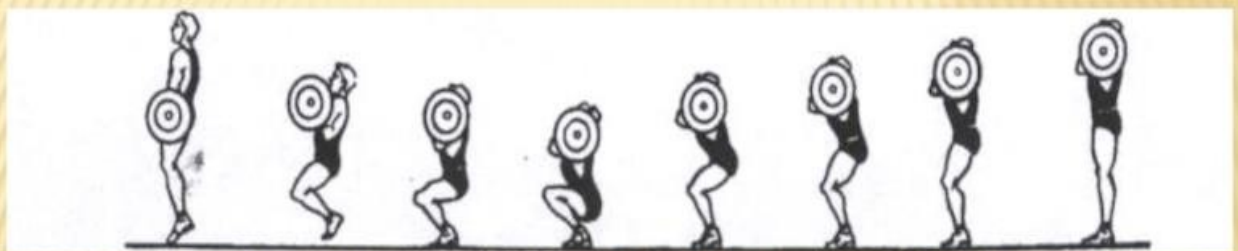
А. КАЛИНИЧЕНКО (полутяжелый вес), рекордсмен СССР  
и мира





*Траектория движения штанги и позы тяжелоатлета в основной части (1 тяга, 2 подведение коленей, 3 подрыв)*

## ТОЛЧОК ШТАНГИ



а б в г д е ж з

Подсед и вставание.



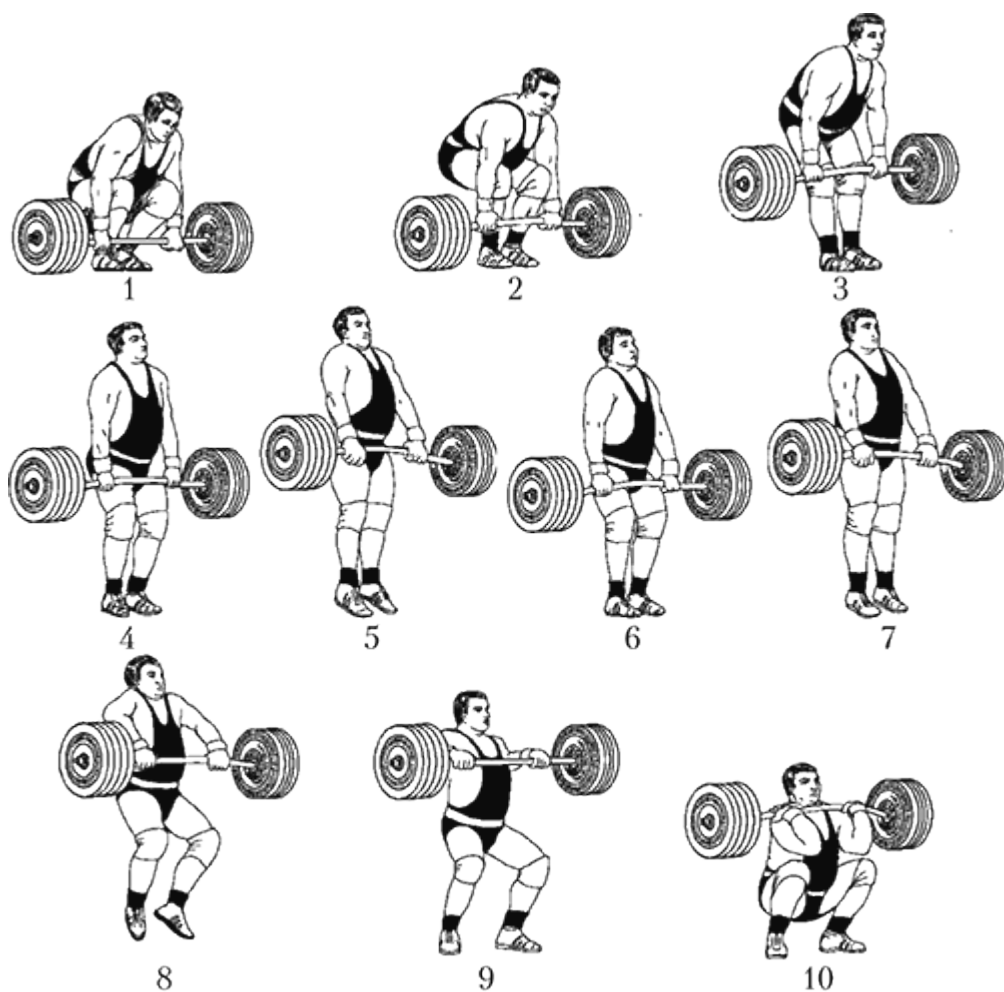


Рис. 32. Техника подъема на грудь в подсед способом «разножка»

Приложение: План-конспект учебно-тренировочного занятия по тяжелой атлетике.