

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УДАРНОЙ И ЗАЩИТНОЙ ТЕХНИКИ В ЕДИНОБОРСТВАХ



ВИКТОР СТЕПАНОВИЧ МУНТЯН, кандидат наук по физическому воспитанию и спорту, доцент, Doctor of Philosophy, Ph.D., Physical Training and Sports Sciences, I Дан по рукопашному бою, КМС по специальному многоборью

Проблема повышения эффективности учебно-тренировочного процесса и соревновательной деятельности на основе знаний законов биомеханики и учета биомеханических характеристик движений при выполнении ударных и защитных действий в единоборствах является особенно актуальной.

При обучении физическим упражнениям (техническим действиям) необходимо руководствоваться законами биомеханики, а не «чистой» механики, которая не учитывает сложность механизмов формирования движений, биомеханических процессов управления движениями и другие особенности.

Оптимизация процесса обучения технике ударных и защитных движений предусматривает определение индивидуально-оптимальной позы спортсмена при выполнении конкретного технического действия / приема.

Известно, что чем длиннее плечо силы, расстояние от оси вращения до места ее действия, тем больше вращающий момент, равный произведению силы на ее плечо. Поэтому, чем дальше спортсмен отводит руку или ногу в сторону для выполнения удара, тем больше он увеличивает момент инерции руки (ноги), хотя их масса остается той же.

Согласно второму закону Ньютона, ускорение, приобретаемое телом, прямо пропорционально воздействующей силе и обратно пропорционально массе этого тела (его инертности). Для увеличения скорости выполнения удара необходимо увеличивать и радиус вращения. При этом необходимо во столько же раз увеличить и прикладываемую силу, которая приводит к увеличению энергозатрат.

Большинство движений (в биомеха-

нике) являются составными, так как в них одновременно присутствуют и поступательные и вращательные компоненты. При поступательном движении в «чисто» механическом движении все точки тела перемещаются по одинаковым траекториям, таким образом, это не влияет на момент инерции.

Однако часто возникает вопрос: почему скорость передвижения и выполнения технических действий у тяжеловесов хуже, чем у легковесов, почему они более инертны даже тогда, когда выполняют преимущественно поступательные движения (вперед-назад)?

Результаты собственных исследований биомеханических характеристик движений и проведенного эксперимента с целью определения степени влияния роста-весовых показателей на момент инерции при выполнении преимущественно поступательных движений позволили найти ответ на эти вопросы и обосновать степень влияния антропометрических показателей спортсменов на момент инерции при выполнении преимущественно поступательных движений.

В первом случае спортсмены выполняли защиту уклоном назад от удара рукой в голову и контратаку – «ответный» прямым рукой в голову.

Во втором варианте – защиту шагом назад – в сторону от удара ногой в туловище и контрудар рукой в голову.

Используя известные данные табли-

цы определения массы звена тела по его относительной массе в процентах к массе всего тела, мной были оценены индивидуальные массы звеньев тела спортсменов экспериментальной группы (n=16).

Выявлено, что показатели отличаются достоверно: в весовой категории до 75 кг по сравнению с категорией 80 кг и выше: (t = 4,29; P < 0,01) в первом тесте и (t = 3,7; P < 0,01) во втором. Здесь очевидны отличия по временным показателям и их зависимость от весовой категории, длины тела в целом и его сегментов.

Во время выполнения уклона назад и контратаки происходят вращательные движения вокруг пяти фронтальных осей вращения: одна – через тазобедренные суставы (в пояснице); и по две (менее значительные вращения) – через коленные и голеностопные суставы впередстоящей и сзади стоящей ног. В это же время происходят вращательные движения вокруг вертикальной и сагитальной осей вращения.

Таким образом, при исследовании вопроса влияния роста-весовых показателей на момент инерции в биомеханическом движении выявлено, что преимущественно поступательные движения (назад-вперед) при выполнении защиты уклоном назад и нанесении ответного удара можно рассматривать как вращательные вокруг фронтальной оси (рис 1).

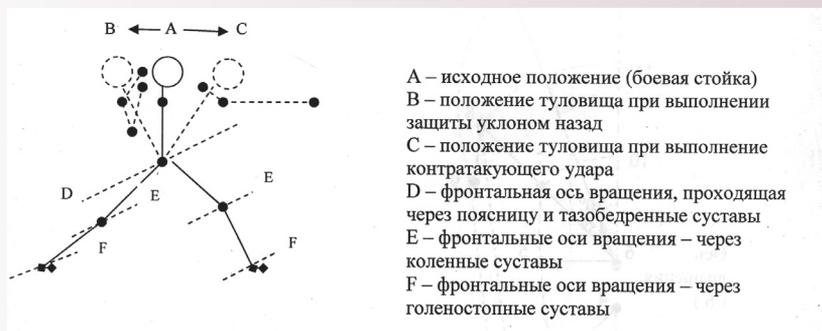


Рис 1. Схема движения туловища при выполнении защиты уклоном назад и контратаки

Оценка момента инерции туловища спортсменов (по весовым категориям) при выполнении движения назад–вперед определена по формуле $I = \frac{1}{3} m\ell^2$ и были получены следующие результаты:

$$I(64\text{кг}) = 8,47 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad I(67\text{кг}) = 9,28 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad I(73\text{кг}) = 10,11 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \\ I(78\text{кг}) = 11,45 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad I(85\text{кг}) = 13,00 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad I(91\text{кг}) = 13,92 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Результаты собственного эксперимента подтверждают, что имеется выраженная корреляция между ростом, длиной конечностей, амплитудой ударов и моментом инерции. Разница между результатами в весовой категории 64 кг и 91 кг составляет $5,45 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. То есть, антропометрические данные спортсменов / их рост-весовые показатели влияют на момент инерции, который, в свою очередь, влияет на скорость выполнения преимущественно поступательного движения.

Целью очередного эксперимента являлось определение биомеханической характеристики кругового удара ногой с учетом индивидуальных особенностей спортсменов и оценка момента инерции ноги при выполнении данного технического действия.

Известно, что при круговом (вращательном) движении точки тела (звена) перемещаются по круговым траекториям, центры которых лежат на оси вращения, и чем больше плечо силы (радиус вращения), тем больше момент инерции (рис. 2).

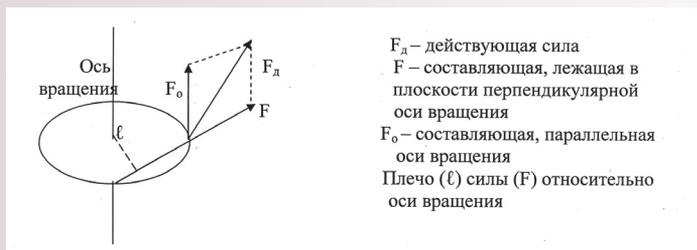


Рис. 2 Составляющие силы, действующие на вращающееся тело

На биомеханическую структуру и энергетическую «стоимость» движения влияют как индивидуальные антропометрические, так и индивидуальные психофизиологические факторы. При выполнении вращательных движений необходимо учитывать индивидуальную технику выполнения приемов (оптимальную траекторию выполнения удара и др.). Круговые удары выполняются по-разному, однако большинство участников эксперимента подтвердили гипотезу, что в зависимости от внешних и внутренних условий, дистанции и уровня (верхний, средний, нижний), а также силы нанесения ударов, техника их выполнения имеет определенные закономерности.

Так, при выполнении кругового удара ногой (раунд-кик) участники эксперимента ($n=16$) «выносили» колено (бедро) для выполнения удара и осуществляли поворот на опорной ноге под различными углами. «Вынос» бедра колебался от 90 до $5-0^\circ$, а поворот стопы опорной ноги от 45 до 180° .

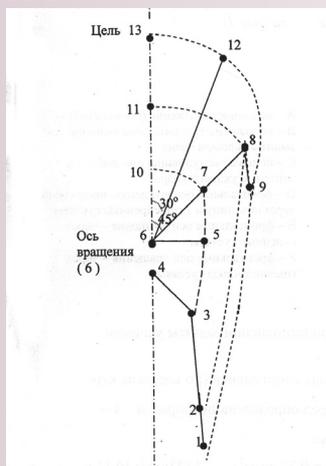


Рис. 3. Схема выполнения кругового удара ногой в туловище из исходного положения (и.п.) – левосторонняя боевая стойка (вид сверху).

тазобедренного сустава) при, преимущественно, вращательном движении; 8 – 11 – траектория движение бедра при вращательном движении; 9 – 12 – 13 – траектория движения голени и стопы при вращательном движении.

1 – стопа правой (сзади стоящей ноги); 2 – колено правой ноги; 3 – тазобедренный сустав правой ноги; 4 – тазобедренный сустав левой ноги; 3– 4 – положение таза (туловища) под 45° относительно прямой линии; 5 – 6 – положение таза – вес тела перемещается полностью на левую (опорную) ногу и она становится осью вращения. Заканчивается поступательное и начинается преимущественно вращательное движение; 6 – исходное положение стопы левой (впередстоящей) ноги; 6 – 7 – положение таза; 7 – 8 – положение бедра; 8 – положение колена правой ноги («стоп кадр», когда колено находится в «верхней мёртвой точке» для выполнения удара на заданном уровне); 8 – 9 – положение голени; 9 – положение стопы в момент «выноса» (подъёма) колена для удара; 1 – 9 – траектория движения стопы при поступательно-вращательном движении; 1 – 8 – траектория движения колена при поступательно-вращательном движении; 3 – 5 – 7 – траектория движения таза (правого тазобедренного сустава) при, преимущественно, поступательном движении; 7 – 10 – траектория движения таза (правого тазобедренного сустава) при, преимущественно, вращательном движении; 8 – 11 – траектория движение бедра при вращательном движении; 9 – 12 – 13 – траектория движения голени и стопы при вращательном движении.

В результате анализа техники круговых ударов ногами спортсменами экспериментальной группы была построена модель наиболее оптимальной траектории их выполнения. Так, выявлено, что оптимальный угол между положением бедра, когда колено находится в верхней «мертвой точке» для выполнения «сильного» удара по заданной траектории (в туловище, средний уровень) составляет $45 \pm 10^\circ$.

При выполнении кругового удара движение ноги рассматривалось как вращательное движение стержня. Момент инерции бедра спортсменов оценен, используя конкретные данные длины и массы звеньев тела в каждой весовой категории по формуле: $I = \frac{1}{3} m\ell^2$. На участке движения $30^\circ \leq \varphi \leq 45^\circ$ $I = \frac{1}{3} m_b\ell_b^2$ (где, m_b – масса бедра, ℓ_b – длина бедра), так как можно считать, что в это время движение голени и стопы, расположенных параллельно оси вращения, существенно не влияет на момент инерции бедра.

На следующем участке $0^\circ \leq \varphi \leq 30^\circ$ во вращательном движении участвует бедро, голень и стопа. Поэтому момент инерции ноги определялся по формуле: $I = \frac{1}{3} (m_b + m_g + m_{ст.}) (\ell_b + \ell_g + \ell_{ст.})^2 = \frac{1}{3} m_{ноги} \cdot \ell_{ноги}^2$
 $I(64\text{кг}) = 3,25 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad I(67\text{кг}) = 3,61 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad I(73\text{кг}) = 4,07 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \\ I(78\text{кг}) = 4,45 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad I(85\text{кг}) = 5,28 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad I(91\text{кг}) = 5,30 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$

Анализ полученных результатов показывает, что момент инерции ноги при выполнении кругового удара достоверно отличается в зависимости от длины и массы ее звеньев. Минимальный показатель в весе 64 кг, где длина и масса бедра наименьшие, и максимальный в весе 85 кг, где наибольшая длина бедра. Когда в движении участвует вся нога, мы также получили наименьший показатель в весе 64 кг – $3,25 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ и наибольший в весе 91кг – $5,30 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Отсюда очевидно влияние длины и массы ноги на момент инерции при выполнении кругового удара.

С целью минимизации энергозатрат при выполнении кругового удара ногой и повышения эффективности его использования можно практиковать «вынос» бедра бьющей ноги вперед, прямо в цель. Так как момент инерции тела определяет сумма моментов инерции материальных точек, составляющих это тело, и выражается через массу тела и его размеры, то, направляя бедро вперед, в цель, происходит его поступательное движение, которое, практически, не влияет на момент инерции.

Для повышения эффективности удара ногой необходимо использовать энергию, передающуюся от одного звена тела к другому. Например, хлестобразное движение стопы и голени происходит за счет энергии, накопленной при махе бедра, вращательного движения туловища (ротации) и использования силы реакции опоры с поворотом на опорной ноге.

Эффективность выполнения удара также зависит от того, насколько спортсмен остается в выгодном для

себя положении после его нанесения. Это: сохранение вертикального положения туловища; сгибание ноги в коленном суставе сразу же после попадания или не попадания в цель. То есть «забирать» ногу для: сохранения равновесия, недопущения ее захвата соперником и минимизации энергозатрат.

Оптимальную энергетическую стоимость удара можно обеспечить за счет участия в его выполнении небольших мышечных групп (например, стопы и голени) и более позднего «включения» в работу мощных мышц бедра и туловища, а также использования энергии всей биокинетической цепи.

Если для «погашения» силы удара необходимо повернуться под определенным углом, то, естественно, что выполняя удар «по касательной» боец снижает силу (пробивную силу) собственного удара. Поэтому при выполнении защитных действий основной задачей является уклонение от удара, отведение удара по касательной, а задача атакующего состоит в том, чтобы «попасть» перпендикулярно ударной поверхности.

На рисунке 4 представлена схема выполнения бокового удара правой рукой в голову.

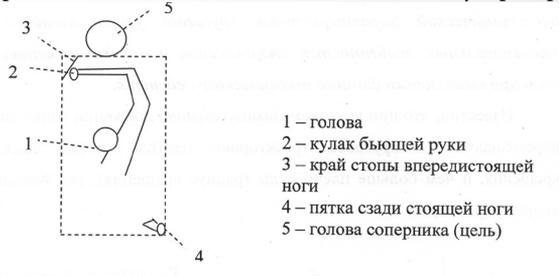


Рис. 4 Схема выполнения бокового удара рукой (вид сверху)

Кулак бьющей руки спортсмена (2) не должен «выходить» за линию края стопы передстоящей ноги (3) и вообще за пределы границ воображаемого прямоугольника, так как это может привести к потере равновесия и затруднению выполнения защитных и атакующих действий.

На рисунке 5 представлено крайнее возможное положение головы и других частей тела спортсмена, выполняющего защиту уклоном в сторону. «Выход» головы за пределы воображаемого прямоугольника без изменения положения ноги чреват потерей устойчивости.

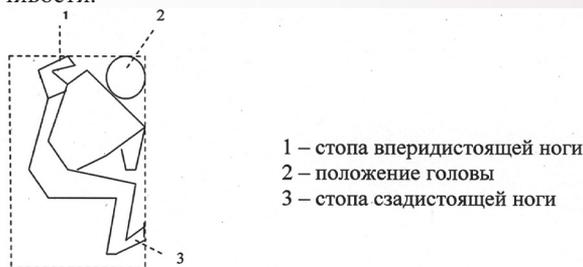


Рис. 5 Схема выполнения уклона вправо-вперед (вид сверху)

На рисунке 6 изображено крайнее возможное положение защиты уклоном назад, при котором спортсмен может сохранить устойчивое положение своего тела. «Выход» головы или плеча за вертикальную линию, проецируемую через пятку сзади стоящей ноги, приводит к потере равновесия и другим, нежелательным для спортсмена последствиям.

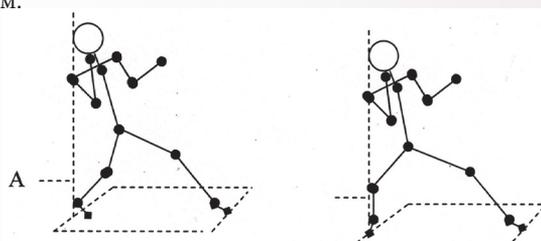


Рис. 6 Положение уклона назад.

Рис. 6а Положение уклона назад

А - «ограничительная» линия при выполнении уклона назад

В случае физического воздействия на спортсмена со стороны соперника данное положение (рис. 6) может привести к потере равновесия или падению.

Во втором случае (рис. 6а), когда спортсмен выполняет уклон назад с одновременным поворотом туловища в сторону и перемещением веса тела на сзади-стоящую ногу, тем самым он повышает эффективность защиты и, что очень важно, эффективность выполнения контратакующих действий.

Выводы. Результаты исследования и проведенного эксперимента показывают, что эффективность атакующих, защитных и контратакующих действий зависит от биомеханической структуры выполнения приемов и индивидуальных антропометрических особенностей спортсменов. Преимущественно поступательное движение туловища при выполнении защиты уклоном назад и контрудара рукой вперед необходимо рассматривать как вращательное движение вокруг фронтальной оси, которое оказывает влияние на момент инерции и время выполнения движения в зависимости от весовой категории спортсменов, от массы и длины тела (или звена).

Результаты исследований свидетельствует о том, что в биомеханике «чисто» поступательные движения практически не встречаются. Движения составные – вращательно-поступательные.

При совершенствовании техники выполнения приемов следует делать акцент на оптимальное использование силы реакции опоры, сил упругой деформации мышц (рекуперированной энергии, действующих по принципу сжатия-разжатия пружины) и последовательное вовлечение различных звеньев тела в колебательное движение.

Вращательное движение вокруг вертикальной, фронтальной и сагиттальной осей можно сравнить с действием сжатой и скрученной пружины, которая имеет больший потенциал как скоростно-силовой, так и энергетический. Данное обстоятельство необходимо использовать спортсменами для выполнения контрудара (контратаки).

Чем дальше находится материальная точка (кулак, стопа) от оси вращения (в нашем случае вертикальная ось тела бойца), тем больше момент инерции. То есть, увеличивая радиус инерции, автоматически увеличивается момент инерции, и, следовательно, тело бойца становится более инертным. При круговом движении инертное тело перемещать труднее, а значит тратиться больше сил и времени для выполнения удара.

Кинематическая цепь выполнения удара рукой: стопа (толчок) – голень – бедро – таз – туловище – плечо – предплечье – кисть, кулак (закрывает цепь). При ударе ногой: стопа – голень – бедро – таз – туловище – бедро (другой, «ударной» ноги) голень – стопа. Просматривается закономерность: при выполнении приема (удара) движения начинают и заканчивают более «мелкие» звенья и мышцы, а сильные группы мышц и звенья тела «подхватывают» и усиливают волновое движение за счет динамических и внутренних биохимических источников энергии.

При нанесении практически любого удара очень важно превратить мягкую кинематическую цепь в единый жесткий рычаг. В этом случае в ударе примет участие не только масса конечного звена биомеханической цепи, но и массы всех остальных звеньев, тем самым передает ударяемому предмету максимально возможное количество кинетической энергии. Удары необходимо наносить по наикратчайшему пути и с наименьшей амплитудой за счет работы ног и вращения туловища, за счет взрывной силы, использования силы реакции опоры и концентрации усилий мышц всего тела, то есть с наименьшими временными и энергетическими затратами.

Таким образом, выявление наиболее оптимальных биомеханических характеристик технических приемов с учетом индивидуальных особенностей спортсменов способствует совершенствованию их технико-тактического мастерства, повышению эффективности учебно-тренировочного процесса и соревновательной / практической деятельности.