

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ ДЕЙСТВИЙ В ЕДИНОБОРСТВАХ

Мунтян Виктор Степанович

Национальный университет «Юридическая академия Украины
им. Ярослава Мудрого»

Аннотация. Рассмотрены вопросы повышения эффективности учебно-тренировочного процесса и соревновательной деятельности на основе учета законов биомеханики и индивидуальных антропометрических характеристик спортсменов. В эксперименте принимали участие 16 квалифицированных спортсменов 19–25 лет, занимающихся рукопашным боем. Выявлено, что движение туловища назад-вперед (защита уклоном назад и нанесение прямого *контратакующего* удара рукой) следует рассматривать как *вращательно поступательное движение*, при котором длина и масса звеньев тела влияют на момент инерции. Подчеркнуто, что с целью определения уровня технико-тактического мастерства спортсменов следует проводить исследования в *реальных*, а не искусственно созданных условиях. Установлено влияние роста-весовых показателей, длины и масс звеньев тела на момент инерции и, следовательно, на скорость выполнения *преимущественно* поступательных и вращательных движений, на временные параметры и энергозатраты выполнения технических действий.

Ключевые слова: биомеханическое, поступательное, вращательное, движение, звено, тело.

Анотація. Мунтян В. С. **Визначення біомеханічних показників технічних дій в єдиноборствах.** Розглянуто питання підвищення ефективності навчально-тренувального процесу та змагальної діяльності на основі врахування законів біомеханіки та індивідуальних антропометричних характеристик спортсменів. В експерименті брали участь 16 кваліфікованих спортсменів 19–25 років, що займаються рукопашним боем. Виявлено, що рух тулуба назад-вперед (захист ухилом назад і нанесення *контратакующого* прямого удару рукою) слід розглядати як обертально-поступальний рух, при якому довжина і маса ланок тіла впливають на момент інерції. Підкреслено, що з метою визначення рівня техніко-тактичної майстерності спортсменів слід проводити дослідження в *реальних*, а не штучно створених умовах. Встановлено вплив росту-вагових показників, довжини і мас ланок тіла на момент інерції і, в зв'язку з цим, на швидкість виконання *переважно* поступальних і обертальних рухів, на тимчасові параметри і енерговитрати виконання технічних дій.

Ключові слова: біомеханічний, поступальний, обертальний, рух, ланка, тіло.

Abstract. Muntian V. S. **Defining indicators biomechanical technical action in Martial Arts.** Questions of efficiency of the training process and the competitive activities by taking into account the laws of biomechanics and anthropometric characteristics of individual athletes. The experiment involved 16 qualified athletes 19-25 years engaged in hand to hand combat (fighting). Revealed that body movement back and forth (back slope protection and application of *counter-attack* direct impact by hand) should be considered as rotationally forward motion such that the length and weight of parts of the body affect the moment of inertia. Emphasized that in order to determine the level of technical and tactical skills of athletes should be studied in real, not artificial conditions. The effect of the height-weights, length and masses of parts of the body at the moment of inertia and hence the speed of the *predominantly* translational and rotational movements, the timing and energy performance of technical activities.

Keywords: biomechanical, translational, rotational, motion, human body.

Постановка проблемы. Практические задачи спортивной деятельности следует решать путем определения размеров тела и его сегментов, а также их масс и положения центра масс [2, 6, 4]. При определении биомеханических характеристик спортивных движений необходимо учитывать, что на тело спортсмена действуют: *внутренние силы*, создаваемые собственно мышцами и *внешние силы* (гравитационная сила и сила реакции опоры) [2, 3, 7].

На биомеханическую структуру и энергетическую «стоимость» движения влияют как индивидуальные антропометрические (рост, масса, пропорции тела), так и индивидуальные психофизиологические факторы [1, 3, 7, 12]. Оптимизация процесса обучения технике ударных и защитных движений предусматривает *определение индивидуально-оптимальной позы спортсмена* при выполнении конкретного технического действия [2, 3, 7, 13]. В процессе совершенствования техники выполнения приемов необходимо определить оптимальную (резонансную) частоту движений и

использовать силу упругой деформации мышц (рекуперированную энергию) – переход потенциальной энергии в кинетическую и обратно [4, 7, 9].

A priori тренерам в своей работе важно использовать результаты реальных исследований, так как их усилия в конечном итоге направлены на повышение результативности выступления спортсменов в соревнованиях. Исследования следует проводить на основе анализа биомеханических систем «спортсмен–внешняя предметная среда» (С. С. Ермаков, 1991–1996), в том числе и с позиций эргономики [1], в условиях обычной спортивной практики, а не в искусственно созданных ситуациях и «надуманных позах» [8, 11]. А. А. Кадочников рассматривает рукопашную схватку как взаимодействие «человек-человек», то есть, двух механизмов, имеющих по 258 степеней свободы и позволяющих им осуществлять различные движения в пространстве, которые имеют логическое обоснование с точки зрения законов механики и любая ситуация имеет множество правильных решений (Ермаков С.С., 2004), [http://asrusstyle.hut.ru/info3_1.html].

Физическое упражнение или прием, должен иметь четко выявленную целевую направленность, согласованную с двигательными возможностями и требованиями конкретного спортсмена, этапом учебно-тренировочного процесса и перспективой их реализации в соревнованиях [10; lib.sportedu.ru/books/xxpi/2001n2/p3-8.htm].

Чем длиннее плечо силы, расстояние от оси вращения до места ее действия, тем больше вращающий момент, равный произведению силы на ее плечо. При круговом (вращательном) движении точки сегментов тела перемещаются по круговым траекториям, центры которых лежат на оси вращения, и чем больше плечо силы (радиус вращения), тем больше момент инерции. Отсюда следует, что *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* [2, 4, 7].

Таким образом, проблема повышения эффективности учебно-тренировочного процесса и соревновательной деятельности на основе знаний законов биомеханики в современном спорте является достаточно актуальной и требует особого внимания [2, 4, 5, 10].

Цель исследования: выявить биомеханические характеристики преимущественно (авт.) поступательных и вращательных движений (атакующих и контратакующих ударов в единоборствах); обосновать степень влияния антропометрических данных на момент инерции, скоростные и временные показатели.

Методы исследования: анализ и обобщение научно-методической литературы и источников информации сети Интернет, педагогические наблюдения, антропометрические измерения, хронометраж, методы математической статистики.

Результаты исследования. Большинство движений (в биомеханике) являются составными и складываются из поступательных и вращательных компонентов. *В единоборствах часто возникает вопрос: почему скорость передвижения и выполнения технических действий у тяжеловесов хуже, чем у легковесов и они более инертны даже тогда, когда выполняют преимущественно поступательные движения (вперед-назад)?*

В результате проведенного эксперимента с целью определения степени влияния роста-весовых показателей на момент инерции при выполнении преимущественно поступательных движений выявлено, что перемещение веса тела назад-вперед при выполнении защиты уклоном назад и контратаки (ответного удара) можно рассматривать как *вращательные* вокруг пяти фронтальных осей вращения: одна – через тазобедренные суставы (в пояснице); и по две (менее значительные вращения) – через коленные и голеностопные суставы впереди стоящей и сзади стоящей ног. В это же время происходит вращательное движение вокруг вертикальной оси (рис. 1).

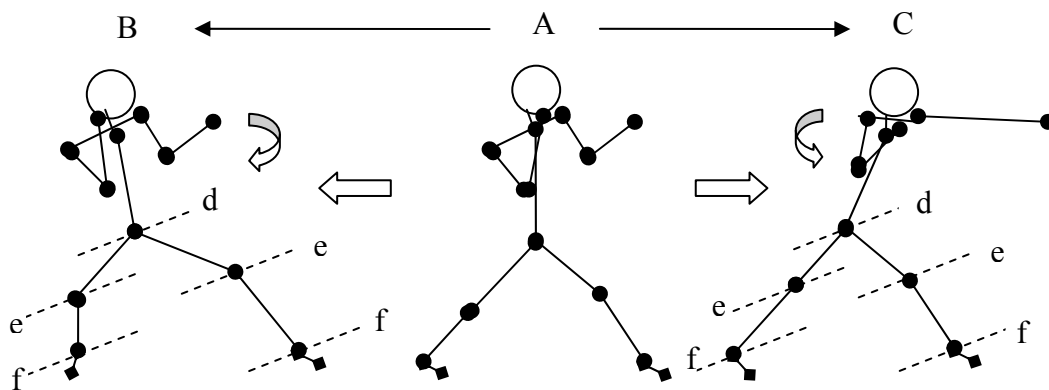


Рисунок 1. Схема движения (перемещения веса) туловища при выполнении защиты уклоном назад и контратаки (swaying away and counter attack of straight punch) (стоя на месте)

А – исходное положение (боевая стойка)

В – положение туловища при выполнении защиты уклоном назад

С – положение туловища при выполнении контратакующего удара

d – фронтальная ось вращения, проходящая через поясницу и тазобедренные суставы

e – фронтальная ось вращения, проходящая через коленный сустав (лев., прав.)

f – фронтальная ось вращения, через голеностопный сустав (лев., прав.)

На рисунке 1 показано три положения спортсмена: А – боевая стойка (ожидание атаки, удара); В – выполнение защиты перемещением веса тела (уклоном) назад на правую ногу с поворотом туловища вправо; С – выполнение прямого удара рукой в голову с перемещением веса тела вперед и поворотом туловища влево.

Когда спортсмен выполняет уклон назад с одновременным поворотом туловища в сторону и перемещением веса тела назади стоящую ногу, тем самым он повышает эффективность защиты и, что очень важно, эффективность выполнения контратакующего действия, используя силу упругой деформации мышц, согнутой в коленном суставе ноги, туловища, а также силу реакции опоры.

Используя известные данные таблицы определения массы звена тела по его относительной массе в процентах к массе всего тела, были оценены индивидуальные массы звеньев тела спортсменов экспериментальной группы (n=16). Спортсмены выполняли защиту уклоном назад от удара рукой в голову и контратаку – ответный прямой рукой в голову. Выявлено, что результаты отличаются достоверно в трех весовых категориях (до 60, 70 и 75 кг) по сравнению с тремя категориями (до 80, 85 кг и выше) ($t = 3,7$; $P < 0,01$). Здесь очевидны отличия по временным показателям и их зависимость от весовой категории, длины тела в целом и его сегментов.

Оценка момента инерции туловища спортсменов (по весовым категориям) при выполнении движения назад–вперед определена по формуле: $I = \frac{1}{2} m l^2$ и были получены следующие результаты: I (64кг) = 8,47 кг м²; 67кг – 9,28 кг м²; 73кг – 10,11 кг м²; 78кг – 11,45 кг м²; 85кг – 13,00 кг м²; 91кг – 13,92 кг м².

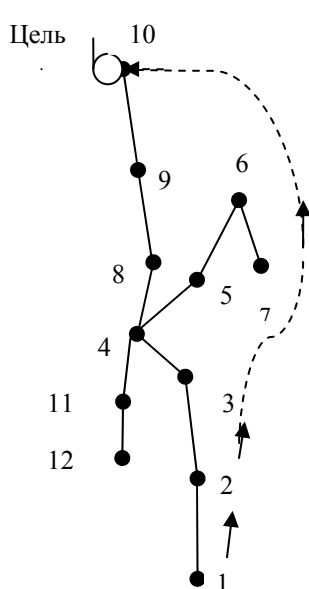
Результаты эксперимента подтверждают, что имеется выраженная корреляция между ростом, длиной конечностей, амплитудой ударов и моментом инерции. Разница между результатами в весовой категории 64 кг и 91 кг составляет 5,45 кг м². То есть, антропометрические данные спортсменов (их *росто-весовые показатели*) 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 антропометрических данных спортсменов и оценка момента инерции ноги. Так, при выполнении кругового удара ногой (*round kick*) участники эксперимента (n=16) поднимали колено (бедро) для выполнения удара и осуществляли поворот на опорной ноге под различными углами. «Вынос» бедра колебался от 90 до 5 – 0°, а поворот стопы опорной ноги от 45 до 180°.

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 $45 \pm 10^\circ$ (рис. 2).

Во время подъема правой ноги и, непосредственно, выполнения удара, вес тела переносится на левую (опорную) ногу и она вместе с туловищем становится осью, а стопа опорной ноги точкой вращения. На участке 1 – 7 (рис. 2), направляя бедро вперед, в цель, происходит его поступательное движение, которое, практически, не влияет на момент инерции и, когда колено достигает «верхней мертвой точки», заканчивается поступательное и начинается преимущественно вращательное движение.



- 1–10 – траектория движения стопы, ноги, выполняющей удара;**
 1 – стопа правой (сзади стоящей ноги);
 2 – колено правой ноги;
 3 – тазобедренный сустав (правый);
 4 – тазобедренный сустав (левый);
 4–5 – положение таза (туловища) под 45° относительно направления цели, в момент подъема согнутой ноги;
 5 – правый тазобедренный сустав в момент подъема ноги (бедра);
 5–6 – бедро правой ноги;
 6 – положение колена правой ноги в «верхней мертвой точке» для выполнения удара на заданном уровне;
 6–7 – положение голени и стопы;
 7 – положение стопы в момент подъема ноги (колена);
 4–8 – примерное положение таза в момент выпрямления ноги (нанесения удара);
 8–9 – бедро бьющей ноги;
 9–10 – голень и стопа бьющей ноги;
 4–12 – левая опорная нога (4–11 бедро; 11–12 голень и стопа);
 12 – стопа левой опорной ноги (точка вращения во время выполнения удара);

Рисунок 2. Примерная схема выполнения кругового удара ногой (round kick) (вид сверху-сзади).

При выполнении кругового удара движение ноги следует рассматривать как вращательное движение стержня. Момент инерции бедра спортсменов оценен, используя конкретные данные длины и массы звеньев тела в каждой весовой категории по формуле: $I = \frac{1}{3} m l^2$.

На участке движения $30^\circ \leq \varphi \leq 45^\circ$ $I_1 = \frac{1}{3} m_b l_b^2$ (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: $I = \frac{1}{3} (m_b + m_g + m_{cm}) (l_b + l_g + l_{cm})^2 = \frac{1}{3} m_{ноги} \cdot l_{ноги}^2$,

где: m_b – масса бедра; m_g – масса голени; m_{cm} – масса стопы; l_b – длина бедра; l_g – длина голени; l_{cm} – длина стопы.

Анализ полученных результатов показывает, что момент инерции ноги при выполнении кругового удара достоверно отличается в зависимости от длины и массы ее звеньев: $I(64\text{кг}) = 3,25 \text{ кг м}^2$; $67\text{кг} = 3,61 \text{ кг м}^2$; $73\text{кг} = 4,07 \text{ кг м}^2$; $I(78\text{кг}) = 4,45 \text{ кг м}^2$; $85\text{кг} = 5,28 \text{ кг м}^2$; $91\text{кг} = 5,30 \text{ кг м}^2$.

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, также получены наименьший показатель в весе 64 кг – $3,25 \text{ кг м}^2$ и наибольший в весе 91кг – $5,30 \text{ кг м}^2$. Отсюда очевидно влияние длины и массы ноги на момент инерции при выполнении кругового удара.

Для повышения эффективности удара ногой необходимо использовать энергию, передающуюся от одного звена тела к другому. Например, хлестообразное 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.

Выводы. Результаты исследования и проведенного эксперимента показывают, что эффективность атакующих, защитных и контратакующих действий зависит от биомеханической структуры выполнения приемов и индивидуальных антропометрических данных спортсменов. Преимущественно

поступательное движение туловища при выполнении защиты уклоном назад и контрудара рукой вперед следует 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 и его сегментов.

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 сил реакции опоры, упругой деформации мышц (рекуперированной энергии, действующих по принципу сжимания-разжимания 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. Спортсмены должны учитывать данное обстоятельство для выполнения контрудара (контратаки).

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.

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.

Перспективы дальнейших исследований направлены на определение биомеханических характеристик ударов ногами: прямого (*front kick*), в сторону (*side kick*) и защиты уклоном (*lean; turning aside*).

ЛИТЕРАТУРА

1. Аруин А. С., Зацiorский В. М. Эргономическая биомеханика. М. : Машиностроение, 1989. – 256 с.
2. Ашанин В.С. Биомеханика. Часть 1. Общая биомеханика (курс лекций и метод. указания к решению задач): Учеб. пособие. – Х.: ХГИФК, 2000. – 65 с.
3. Біомеханіка спорту: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. з фізичн. виховання і спорту /А.М. Лапутін, В.В. Гамалій, О.А. Архипов, В.О. Кашуба и др.; заг. ред. А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – 320 с.
4. Дубровский В.И., Федорова В.Н. Биомеханика: Учебник – М.: ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. – 672 с.
5. Ермаков С. С. Навчання техніці ударних рухів у спортивних іграх на основі їх комп'ютерних моделей та нових тренажерних пристроїв. Автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – К., 1997. – 46 с.
6. Кадочников А. А. Динамика ударов ногами. – Ростов н/Д: Феникс, 2003. – 352 с.
7. Лапутін А. М., Носко М. О., Кашуба В. О. Біомеханічні основи техніки фізичних вправ. – К. : Науковий світ, 2001. – 201 с.
8. Мунтян В. С. Совершенствование технико-тактического мастерства спортсменов в единоборствах на основе учета биомеханических характеристик технических приемов // Актуальные проблемы современной биомеханики физического воспитания и спорта. – Чернигов: ЧДПУ, 2008. – С. 442–449.
9. Попов Г.И. Взаимосвязь волновых процессов управления и исполнения в движениях многосвязных биомеханических систем // Биофизика. – 1991. – Т. 36, вып. 2. – С. 344–347.
10. Практическая биомеханика / под ред. А. Н. Лапутина. – К. : Науковий світ, 2000. – 298 с.
11. Рид Э.С. Уроки по теории действия: [Физиологические исследования: ст. США] // Управление движениями. – М., 1990. – С. 7–9.
12. Antropologia. Akademia wychowania fizycznego Jozefa Pilsudskiego w Warszawie / Red. J. Charzewski. – Warszawa, 1999. – 291 s.

13. Huijing P. A. Mechanical Muscle Models // Strength and Power in Sport. – Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1992. – pp. 130–150.

References

1. Aruin A.S., Zatsiorskiy V.M. Ergonomicheskaya biomechanika [Ergonomically biomechanics]. Moscow, Mashinostroenie, 1989, 256 p.
2. Ashanin V.S. Biomechanica. Chasti 1. Obshaia biomechanica [Biomechanics. Part 1. General biomechanics]. Kharkiv, KHGIFK, 2000, 65 p.
3. Laputin A.M. Biomechanica sportu [Biomechanics of sports] Kyiv, Olimpiytska literatura, 2001, 320 p.
4. Dubrovskiy V.I., Fedorova V.N. Biomechanica: Uchebnic [Biomechanics: text-book]. Moscow, Vlado-press, 2003, 672 p.
5. Iermakov S.S. Navchannia techniti udarnykh ruhiv u sportivnykh igrah na osnovi ih compiuternykh modeley ta novykh trenagernykh pristroiv [Technical raining shock movements in sports games based on their computer models and new trainer devices]. Doct. Diss., Kyiv, Physical culture and sport, 1997, 46 p.
6. Kadochnikov A.A. Dinamica udarov nogami [Dynamics' of kicking techniques]. Rostov na Donu, Fenics, 2003, 352 p.
7. Laputin A.M., Nosco M.O., Kashuba V.O. Biomechanichni osnovy technichy fizichnykh vprav [Biomechanics basis of physical exercises techniques']. Kyiv, Naukovyi svit, 2001, 201 p.
8. Muntian V.S. Actualini problemy sovremennoy biomechanicy fizicheskogo vospitaniya i sporta [Actual problems of modern biomechanics of physical education and sport.], 2008, pp. 442–449.
9. Popov G.I. Biofizica [Biophysics]. 1991, T. 36, vol. 2 pp. 344–347.
10. Laputin A.N. Prakticheskaiya biomechanica [Practical biomechanics]. Kiev. Naukovyi svit, 2000, 298 p.
11. Rid E.S. Upravlenie dvizheniyami [operate (governing) movement], 1990, pp. 7–9.
12. Charzewski J. Antropologia. Akademia wychowania fizycznego Jozefa Pilsudskiego w Warszawie. Warszawa, 1999, 291 s.
13. Huijing P. A. Mechanical Muscle Models. Strength and Power in Sport. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1992, pp. 130–150.

Информация об авторе:

Мунтян В. С.

viktor_muntian@mail.ru

Национальный университет «Юридическая академия Украины

им. Ярослава Мудрого»,

ул. Пушкинская, 77, г. Харьков, 61024, Украина

Information about the author:

Muntian V. S.

viktor_muntian@mail.ru

National University «Legal academy of Ukraine»

Pushkinskaya str., 77, Kharkov, 61024, Ukraine