

Таким образом, вышеизложенное исследование актуализирует необходимость всестороннего изучения и осмысления данной проблемы по причине того, что спорт высших достижений представлен юношами и девушками, чьи возрастные границы и психологические новообразования личности едва достигают социально-психологической зрелости.

Контактная информация: lada.swetlana@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 26.11.2020

УДК 796.853.23

**ОЦЕНКА МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ АТАКУЕМОГО СПОРТСМЕНА
ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ ВРАЩЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ВЫПОЛНЕНИЯ БРОСКА
SUMI-OTOSHI В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ**

Алексей Григорьевич Левицкий, доктор педагогических наук, профессор, Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург; Дмитрий Александрович Матвеев, кандидат педагогических наук, доцент, Анатолий Антонович Поципун, кандидат педагогических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет, Сергей Александрович Краев, кандидат педагогических наук, доцент, Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала А.В. Хрулева, Санкт-Петербург

Аннотация

Авторы предлагают на основе использования двенадцатизвенной модели оценить моменты инерции атакуемого спортсмена относительно оси вращения в процессе выполнения броска sumi-otoshi. Величина момента инерции головы, правого плеча, правого предплечья, правого бедра убывает. Величина момента инерции остальных сегментов тела колеблется. Общий момент инерции атакуемого спортсмена относительно оси вращения также имеет колебательный характер. Различные значения моментов инерции можно использовать при поиске индивидуальной техники спортсмена и разработки новых технических действий. Колебания момента инерции можно использовать при построении тактического плана схватки.

Ключевые слова: момент инерции, биомеханика дзюдо, биомеханика спортивной борьбы.

DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2020.11.p305-309

**ESTIMATION OF THE MOMENTS OF INERTIA OF THE ATTACKED ATHLETE
RELATIVE TO THE AXIS OF ROTATION DURING THE SUMI-OTOSHI THROWS
IN THE CONDITIONS OF THE ABSENCE OF RESISTANCE**

Alexey Grigoryevich Levitsky, the doctor of pedagogical sciences, professor, Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, Russia, St. Petersburg; Dmitry Alexandrovich Matveev, the candidate of pedagogical sciences, senior lecturer, Anatoly Antonovich Potsipun, the candidate of pedagogical sciences, senior lecturer, Saint Petersburg State University; Sergey Aleksandrovich Kraev, the candidate of pedagogical sciences, senior lecturer, Military Educational Institution of Logistics named after General of the Army A.V. Khrulev, St. Petersburg

Abstract

The authors propose, based on the use of a twelve-bar model, to estimate the moments of inertia of the attacked athlete relative to the axis of rotation during the execution of the sumi-otoshi throw. The magnitude of the moment of inertia of the head, the right shoulder, right forearm, right hip decreases. The magnitude of the moment of inertia of the remaining body segments fluctuates. The general moment of inertia of the attacked athlete relative to the axis of rotation is also oscillatory. Different values of the moments of inertia can be used when searching for an individual athlete's technique and developing new technical actions. Oscillations in the moment of inertia can be used when building a tactical battle plan.

Keywords: moment of inertia, biomechanics of judo, biomechanics of wrestling, sumi-otoshi.

На сегодняшний день известны исследования, которые посвящены оценке и расчету таких механических величин как моменты сил, крутящие моменты. Однако в работах по спортивной борьбе такие исследования отсутствуют, несмотря на то, что на их основе можно делать выводы об наиболее оптимальном варианте выполнения приема, его механической структуре, а также вести речь о конструировании новых технических действий [1, 2].

Цель исследования. Определить общие формулы расчета моментов инерции атакуемого спортсмена относительно оси вращения. Вычислить в условных единицах моменты инерции сегментов тела спортсмена и общий момент инерции.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения эксперимента была предложена двенадцатизвенная модель человеческого тела. Голова была смоделирована шаром радиусом $r_{\text{шара}}$, массой $m_{\text{шара}}$. Остальные сегменты тела были смоделированы цилиндрами с соответствующими радиусами и массами: туловище ($r_{\text{тул}}$, $m_{\text{тул}}$), плечо ($r_{\text{плеча}}$, $m_{\text{плеча}}$), предплечье ($r_{\text{предпл}}$, $m_{\text{предпл}}$), бедро ($r_{\text{бедр}}$, $m_{\text{бедр}}$), голень ($r_{\text{гол}}$, $m_{\text{гол}}$).

Бросок, который был выбран для анализа – sumi-otoshi (рисунок 1).



Рисунок 1 – Sumi-otoshi (<https://www.youtube.com/watch?v=tpPXqnF6hJs>; дата обращения 2.10.2020)

Масса Уке была принята равной 1, т.е. численно значение m_1 можно было принять в приближении равным проценту от массы тела [3]. Момент инерции для шара определялся по формуле: $J_{\text{шара}} = \frac{2}{5}mr^2$, где m – масса шара, r – радиус шара.

Моменты инерции цилиндра определялся по формулам:

$J_{\text{цил.}} = \frac{1}{4}m_{\text{цил.}}r_{\text{цил.}}^2 + \frac{1}{12}m_{\text{цил.}}l_{\text{цил.}}^2$, где m – масса цилиндра, r – радиус цилиндра, l – длина цилиндра для вращения вокруг поперечной оси, и по формуле $J_{\text{цил.}} = \frac{1}{2}m_{\text{цил.}}r_{\text{цил.}}^2$, для вращения вокруг продольной оси. Поскольку ось вращения была удалена от центров масс сегментов использовалась теорема Гюйгенса –Штейнера: $J = J_0 + md^2$, где J_0 – момент инерции тела, при прохождении оси вращения через его центр масс, d – расстояние от оси вращения до центра масс сегмента, для которого вычисляется момент

инерции. Квадрат расстояния d^2 определялся по формуле:

$d^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$, где x_2, y_2 – координаты точки на оси вращения, относительно которой считается момент инерции, а x_1, y_1 – координаты центра масс сегмента тела.

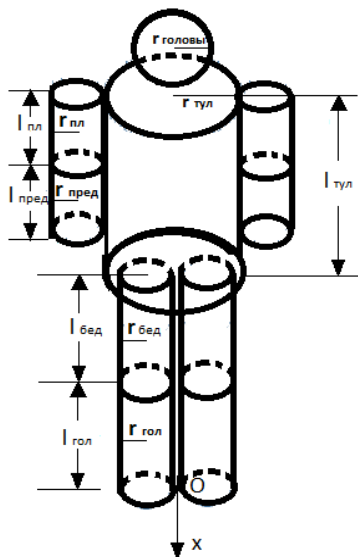


Рисунок 2 – Модель, используемая для оценки моментов инерции

Таким образом, были получены формулы момента инерции для каждого сегмента тела:

$$J_{\text{головы}} = 0,028r_{\text{головы}}^2 + 0,07d^2$$

$$J_{\text{тул}} = 0,1075r_{\text{тул}}^2 + 0,0358l_{\text{тул}}^2 + 0,43d^2$$

Для плеча и предплечья в случае вращения вокруг поперечной оси:

$$J_{\text{плеча}} = 0,075r_{\text{плеча}}^2 + 0,0025l_{\text{плеча}}^2 + 0,03d^2,$$

$$J_{\text{предпл}} = 0,005r_{\text{предпл}}^2 + 0,0017l_{\text{предпл}}^2 + 0,02d^2$$

Для плеча и предплечья в случае вращения вокруг продольной оси:

$$J_{\text{плечапр.}} = 0,015r_{\text{плеча}}^2 + 0,03d^2$$

$$J_{\text{предплпр.}} = 0,01r_{\text{плеча}}^2 + 0,01d^2.$$

Для бедра и голени:

$$J_{\text{бед}} = 0,03r_{\text{бед}}^2 + 0,01l_{\text{бед}}^2 + 0,12d^2$$

$$J_{\text{гол}} = 0,0125r_{\text{гол}}^2 + 0,0545l_{\text{гол}}^2 + 0,05d^2$$

Общая формула момента инерции всего спортсмена относительно оси вращения Ox будет: $J_{\text{Уке}} = J_{\text{головы}} + J_{\text{тул}} + 2(J_{\text{плеча}} + J_{\text{предпл}} + J_{\text{бед}} + J_{\text{гол}})$

РЕЗУЛЬТАТЫ

В основе броска sumi-otoshi лежит механизм рычага. Схематически он изображен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Схематическое изображение рычага в броске sumi-otoshi (<https://www.youtube.com/watch?v=tpPXqnF6hJs>)

Неоправданное уменьшение длины рычага приведет к уменьшению момента силы, что будет являться технической ошибкой. Примером такой ошибки будет захват правой рукой за пояс. Это приведет уменьшению длины рычага в почти в два раза. Кроме того, такой захват будет ограничивать движение Уке в гораздо меньшей степени. На рисунке 4 представлены смоделированные положения тела атакуемого спортсмена.

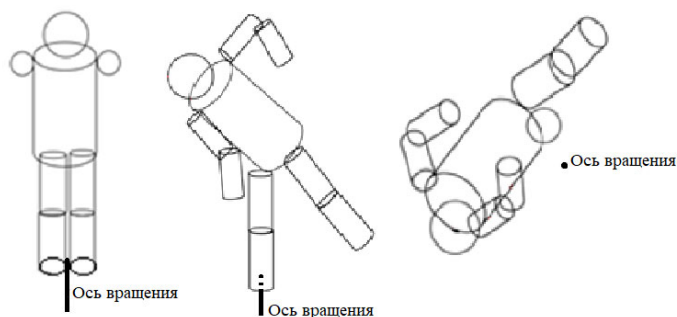


Рисунок 4 – Смоделированные положения тела атакуемого спортсмена для первой, второй и третьей циклограмм

На рисунке 5 приведены значения моментов инерции для первой, второй и третьей циклограмм для головы и туловища. Величина момента инерции указана в условных единицах.

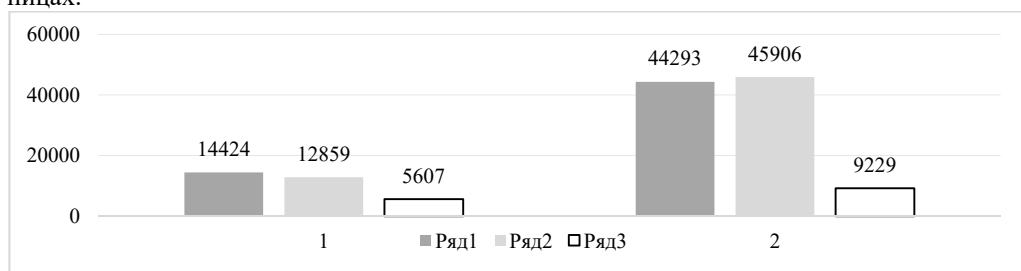


Рисунок 5 – Моменты инерции относительно оси вращения для головы (1) и туловища (2); Ряд 1 – первая циклограмма, Ряд 2 – вторая циклограмма, Ряд 3 – третья циклограмма

Из рисунка 5 видно, что момент инерции головы постепенно уменьшается от первой к третьей циклограмме. Момент инерции туловища на второй циклограмме несколько увеличивается, а на третьей уменьшается. Таким образом, можно говорить о том, что величина момента инерции туловища колеблется.

На рисунке 6 представлены моменты инерции для первой, второй и третьей циклограмм для остальных сегментов тела.

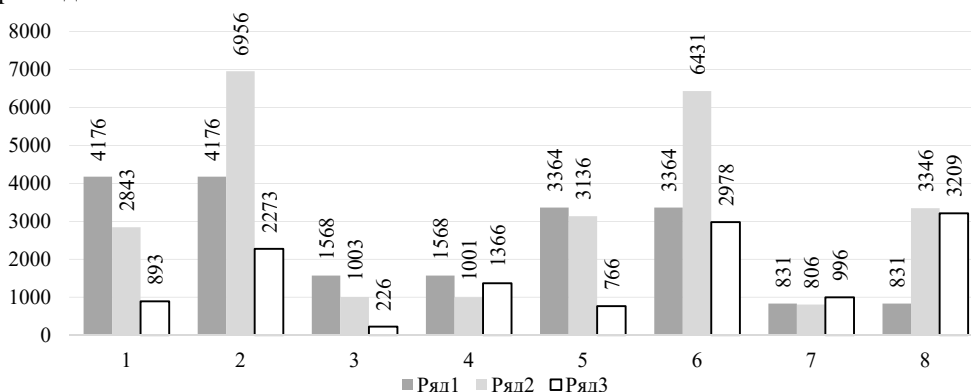


Рисунок 6 – Моменты инерции относительно оси вращения для правого плеча (1), левого плеча (2), правого предплечья (3), левого предплечья (4), правого бедра (5), левого бедра (6), правой голени (7), левой голени (8); Ряд 1 – первая циклограмма, Ряд 2 – вторая циклограмма, Ряд 3 – третья циклограмма

Из рисунка 6 можно увидеть, что часть моментов инерции относительно оси вращения убывает от первой циклограммы к третьей. Это касается правого плеча, правого

предплечья, правого бедра. У второй части сегментов, а именно левое плечо, левое бедро, левая голень, момент инерции на второй циклограмме увеличивается, а затем уменьшается, т.е. величина момента инерции колеблется. У третьей части сегментов (левое предплечье, правая голень) величина момента инерции на второй циклограмме уменьшается, а на третьей увеличивается, т.е. также величина момента инерции колеблется.

На рисунке 7 приведены значения общего момента инерции относительно оси вращения.

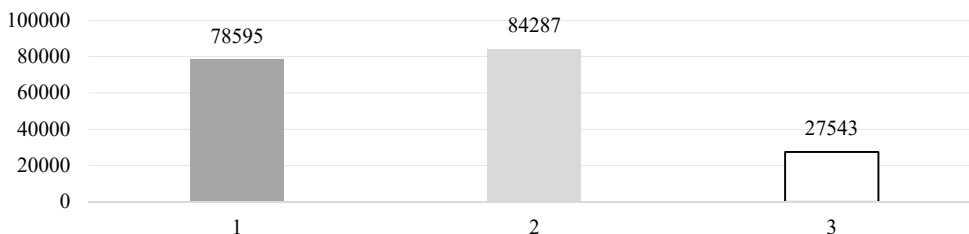


Рисунок 7 – Общий момент инерции для первой, второй и третьей циклограмм

ВЫВОДЫ

Таким образом, в процессе выполнения броска *sumi-otoshi* величины момента инерции относительно оси вращения у части сегментов тела и полный момент инерции носят колебательный характер. Следовательно, меняя положение оси вращения, можно вызывать изменение величины момента инерции, которая при вращении играет роль массы. В свою очередь, это можно использовать для коррекции индивидуальной техники конкретного спортсмена, а также для конструирования новых технических действий. Колебательный характер изменения момента инерции также можно использовать для подготовки проведения технических действий как в положении стоя, так и в положении лежа, как и колебания центра масс. Правда, это потребует более глубокой технико-тактической подготовки спортсмена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Покатилов, А.Е. Влияние снаряда на некоторые динамические параметры упражнения в спортивной гимнастике / А.Е. Покатилов, В.И. Загrevский // Ученые записки университета им. Лесгафта. – 2018 – № 4 (158) – С. 261–263.
2. Захаров, Г.Г. Современные тенденции в биомеханике отталкивания и начала полета в прыжках на лыжах с трамплина / Г.Г. Захаров, Н.Б. Новикова, Н.Б. Котелевская // Ученые записки университета им. Лесгафта. – 2020 – № 3 (181) – С.151–156.
3. Иванова, Г.П. Биомеханические методики анализа и оценки техники спортивных движений : учебно-методическое пособие / Г.П. Иванова, Н.Б. Кичайкина, А.В. Самсонова ; СПбГУФК им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург, 2007. – 62 с.

REFERENCES

1. Pokatilov, A.E., Zagrevsky V.I. (2018) "Influence of a shell on some dynamic parameters of exercise in gymnastics", *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafita*, No4, pp. 261–263.
2. Zakharov, G.G., N.B. Novikova, N.B. Kotelevskaya (2020) "Modern tendencies in the biomechanics of repulsion and the beginning of flight in ski jumping from a springboard", *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafita*, No. 3, pp. 151–156.
3. Ivanova, G.P., Kichaykina, N.B. and Samsonova, A.V. (2007), *Biomechanical methods of analysis and evaluation of sports movement techniques: teaching aid*, St. Petersburg.

Контактная информация: dmitrijmatveev@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 04.11.2020