

УДК 796.81

Подригало Л.В., Володченко О.А.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ БІОМЕХАНІЧНИХ АСПЕКТІВ КІК-БОКСУ ТА ІНШИХ ОДНОБОРСТВ

У статті проведено аналіз кик-боксинга з позицій біомеханіки, наведено відомості щодо біомеханічних особливостей спортсменів, які займаються різними видами одноборств. Встановлена близькість результатів ударних одноборств (кік-боксу, карате, теквандо тощо) відбиває особливості цих видів спорту. Результати борців і інших одноборств ілюструють певні відмінності цих видів спорту. Співставлення розрахованих біомеханічних показників у спортсменів доводить їх важливість при оцінці якості підготовки у одноборствах та дає змогу підвищити функціональні можливості спортсменів.

Ключові слова: біомеханіка, кик-бокс.

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями.

Загально відомо, що вивчення біомеханічних аспектів окремих видів спорту дозволяє удосконалювати спортивну техніку спортсменів, оптимізувати їх загальну фізичну підготовку та сприяє підвищенню успішності спортивних виступів [1]. Водночас, застосування біомеханіки в підготовці є важливим чинником запобігання спортивного травматизму, що дозволяє зберегти здоров'я спортсменів і, в свою чергу, відбивається на їх результативності.

На цей час в Україні триває зростання популярності одноборств серед широких шарів населення, і, насамперед, серед молоді, обумовлене як вираженою силовою спрямованістю, так і характером одноборства. Суттєве місце серед цих видів займає кик-бокс, що є проміжним між боксом, рукопашним боєм та східними одноборствами. Наявні відомості дозволяють вважати кик-бокс перспективним з позицій рекреації, заняття яким застосовуються для відновлення та підвищення працездатності пересічних громадян [2].

Однак в цьому виді спорту ще недостатньо комплексних наукових досліджень, переважна кількість публікацій носять суто практичний характер, містять рекомендації тренерів щодо застосування окремих фізичних вправ і комплексів, тобто присвячені підготовці спортсменів. Між іншим, саме у кик-боксінгу важливого значення набуває дотримання закономірностей біомеханіки, яка дозволяє виявити умови, що сприяють зростанню ефективності дій спортсмена, визначають, як краще пристосуватися до наявних умов та їх застосовувати для отримання результату. Саме це й обумовило актуальність нашого дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливість дослідження ударних дій в одноборствах доводять Адашевський В.М., Єрмаков С.С., Грицюк С.О. [3]. Проведений біомеханічний аналіз техніки рухів дозволив визначити кінематичні характеристики ударної дії. На підставі отриманих результатів показано шляхи збільшення сили удару за допомогою показників швидкості й прискорення ланок та представлено напрямки вдосконалювання технічної майстерності висококваліфікованих спортсменів.

Ахметов Р.Ф., аналізуючи сучасні біомеханічні технології в практиці підготовки спортсменів, доводить, що на сьогоднішній день висока значимість їх використання в спорті вищих досягнень обумовлена підвищенням вимог до підготовки спортсменів, пов'язаних з постійним пошуком найбільш ефективних шляхів, здатних призвести до зростання результативності [4].

Потоп В.А., Град Р., Болобан В.М. використовували біомеханічні технології при аналізі показників кінематичної і динамічної структур вузлових елементів спортивної техніки базових вправ, виконаних гімнастками у віці 12 – 14 років на опорних стрибках і на брусах різної висоти, на основі реалізації методу позних орієнтирів рухів [5]. Вивчені вузлові елементи спортивної техніки є підставою для вимірювання, аналізу та оцінки кінематичної і динамічної структур та інших вправ видів гімнастичного багатоборства.

Бужинский А. В., Павлов П. В. пропонують застосовувати комп'ютерні технології для біомеханічного аналізу атакуючого удару в пляжному волейболі [6]. Використана технологія відеозахвату використовується у якості інструменту для спостереження і вимірів параметрів ударних дій як основної ефективної змагальної дії. Параметри рухів, що визначаються, є найбільш важливими для керування швидко-силовою, швидко-силовою і технічною підготовкою спортсменів.

Однак у кік-боксі біомеханічні підходи ще не тримали достатньою розповсюдженості, що й обумовило актуальність дослідження.

Формулювання мети та завдань роботи. Виходячи із наведеного, метою роботи було дослідження біомеханічних особливостей спортсменів кік-боксу порівняно із іншими видами одноборств.

Матеріали й методи дослідження. В дослідженні прийняли участь 45 спортсменів, розподілених на три групи: 1 – спортсмени кік-боксу ($n=17$), середній вік ($17,88\pm 0,58$) років, 2 – спортсмени, що займаються боротьбою, ($n=11$), середній вік ($18,45\pm 0,39$) років, 3 – спортсмени, представники, так званих "ударних" одноборств (карате, теквандо, ММА тощо) ($n=17$), середній вік ($18,12\pm 0,26$) років. Рівень спортивної майстерності був не нижче 1 розряду.

Виклад основного матеріалу дослідження. Застосування у біомеханіці понять геометрії мас обумовило необхідність визначення маси окремих сегментів тіла, біомеханічної довжини положення центру мас на поздовжній вісі сегменту та центральних моментів інерції відносно різних осей тіла [7,8]. За допомогою рівнянь регресії, наведених у [7], та на підставі результатів проведеного антропометричного дослідження спортсменів у учасників дослідження були визначені зазначені показники. Отримані результати наведені у таблицях 1-5.

Таблиця 1

Маси окремих сегментів тіла спортсменів одноборств

Показник	1 група	2 група	3 група
Маса стопи, кг	$0,96\pm 0,03$	$1,05\pm 0,05$	$0,99\pm 0,04$
Маса гомілки, кг	$2,92\pm 0,09$	$3,32\pm 0,19$	$3,02\pm 0,13$
Маса стегна, кг	$9,37\pm 0,33^1$	$11,03\pm 0,70$	$9,76\pm 0,43$
Маса кисті, кг	$0,43\pm 0,01$	$0,47\pm 0,02$	$0,44\pm 0,01$
Маса передпліччя, кг	$1,07\pm 0,03^1$	$1,23\pm 0,06$	$1,10\pm 0,04$
Маса плеча, кг	$1,75\pm 0,06^1$	$2,09\pm 0,13$	$1,83\pm 0,08$

Примітка. 1- відмінності з 2 групою вірогідні ($p<0,05$)

Необхідність визначення маси окремих сегментів кінцівок (таблиця 1) обумовлена специфікою одноборств. Так, маса оцінюється як кількісна міра інертності тіла відносно до сили, яка на нього діє. Тобто, чим більше маса, тим тіло інертніше, і тим важче вивести його із стану спокою або змінити його рух [8,9]. У контексті одноборств це повинно бути оцінено як умова збільшення м'язової маси сегментів кінцівок (кисті, передпліччя, плеча, стопи, стегна, гомілки) для зростання успішності.

Звертає на себе увагу, насамперед, той факт, що результати 1 і 3 груп не мають суттєвих відмінностей. Тобто, маса сегментів кінцівок представників ударних одноборств є близькою, що обумовлено особливостями цих видів спорту, дозволяє припустити близькість біомеханічних аспектів цих видів спорту. Водночас, у спортсменів – борців встановлено значуще перебільшення мас стегна, передпліччя та плеча ($p<0,05$) відносно кік-боксерів. На наш погляд, це може бути пояснено з позицій властивостей цих видів спорту. Збільшення маси кінцівок відбиває відмінності їх функцій у боротьбі та ударних одноборствах. Здійснення кидка робить як загальну, так і масу окремих сегментів важливим чинником забезпечення успішності. Водночас для нанесення ударів більш важливою є швидкість цієї дії, з якою маса знаходиться у зворотній залежності.

Результати визначення положення центру мас на поздовжній вісі сегментів кінцівок спортсменів одноборств наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Положення центру мас на поздовжній вісі сегменту спортсменів одноборств

Показник, см	1 група	2 група	3 група
Стопа	$13,86\pm 0,18$	$14,58\pm 0,36$	$14,05\pm 0,25$
Гомілка	$16,10\pm 0,18^1$	$15,57\pm 0,19$	$16,09\pm 0,30$
Стегно	$23,90\pm 0,28$	$24,25\pm 0,45$	$24,08\pm 0,44$
Кисть	$7,89\pm 0,10$	$8,17\pm 0,18$	$7,98\pm 0,15$
Передпліччя	$14,77\pm 0,12^1$	$14,40\pm 0,12$	$14,75\pm 0,20$
Плече	$13,17\pm 0,14$	$13,48\pm 0,24$	$13,28\pm 0,21$

Примітка. 1 – відмінності з 2 групою вірогідні ($p<0,05$).

Наведені відомості стверджують зроблене раніше припущення про близькість біомеханічних особливостей кік-боксу та інших ударних одноборств. Це ілюструється відсутністю значущих

відмінностей у положення центру мас на повздовжній вісі сегментів кінцівок у спортсменів 1 і 3 груп. Водночас порівняння спортсменів кік-боксу та борців з'ясувало вірогідне зрушення центру мас на гомілці та передпліччі у спортсменів 1 групи. Це може бути пояснено двома чинниками. З одного боку, більш низький центр мас у борців ілюструє його приближення до землі, тобто спортсмени стають більш стійкими, можуть зручніше опиратися діям супротивника у сутичці, виконувати дії з більшою амплітудою, але не втрачаючи сталості. Крім того, це може бути оцінено як непряме свідчення більшого рівню розвитку м'язів кінцівок борців порівняно з кік-боксерами. З іншого боку, зростання цієї відстані у спортсменів кік-боксу відображає можливість нанесення більш сильного удару за рахунок відносного зростання важелів. При чому останнє припущення однозначно доводиться тим, що відмінності встановлено саме в сегментах, які і здійснюють удар у кік-боксі – передпліччям і гомілкою.

Як відомо, момент інерції – це міра інертності тіла при обертальному русі. Момент інерції тіла відносно вісі рівний сумі добутків мас всіх його частин на квадрати їх відстані від даної вісі обертання [8,9]. Тобто, момент інерції зростає, коли його частини далі від вісі обертання, а кутове прискорення тіла під впливом того є моменту сили менше; якщо частини ближче до вісі, то кутове прискорення більше, а момент інерції менше. Значить, якщо приблизити тіло до вісі, то легше викликати кутове прискорення, розігнати тіло у обертанні і зупинити його. Таким чином, значення моментів інерції має суттєве значення для успішності в одноборствах, чим і обумовлено визначення цих показників у учасників дослідження.

Ваго-інерційні характеристики сегментів тіла, розраховані за допомогою рівнянь регресії [7,8], наведені у таблицях 3-5.

Результати таблиці 3 свідчать про наявність деякі відмінностей у ГЦМІ відносно сагітальної вісі спортсменів одноборств.

Таблиця 3

**Головні центральні моменти інерції (ГЦМІ)
відносно сагітальної вісі спортсменів одноборств**

Показник, кг*см ²	1 група	2 група	3 група
Стопа	41,98±1,86	48,08±3,40	43,63±2,80
Гомілка	366,32±18,71	414,71±33,85	382,49±28,40
Стегно	1808,13±90,63	2157,57±180,11	1902,22±129,10
Кисть	12,13±0,51	14,00±1,00	12,65±0,73
Передпліччя	58,36±2,43 ¹	68,96±4,99	61,04±3,36
Плече	118,53±5,28	135,39±10,02	123,55±7,80

Примітка. 1 – відмінності з 2 групою вірогідні (p<0,05).

Встановлено суттєво меншу величину показника для передпліччя спортсменів кік-боксу порівняно із борцями (p<0,05). На наш погляд, це може бути пояснено більшим арсеналом технічних прийомів, що здійснюються верхніми кінцівками у кік-боксі.

Дії спортсменів одноборств відносно фронтальної вісі є близькими, що й обумовило близькість результатів ГЦМІ, наведених у таблиці 4.

Таблиця 4

**Головні центральні моменти інерції (ГЦМІ)
відносно фронтальної вісі спортсменів одноборств**

Показник, кг*см ²	1 група	2 група	3 група
Стопа	38,44±1,71	42,80±3,09	39,91±2,60
Гомілка	352,23±18,99	400,56±34,24	368,53±28,88
Стегно	1807,31±92,13	2160,03±182,77	1902,64±131,45
Кисть	8,33±0,31	9,28±0,58	8,62±0,46
Передпліччя	54,58±2,28	64,08±4,62	57,04±3,19
Плече	105,11±4,97	121,67±9,53	109,93±7,29

Примітка. 1 – відмінності з 2 групою вірогідні (p<0,05).

Але найбільш суттєві відмінності між групами з'ясовані при аналізі ГЦМІ відносно повздовжньої вісі спортсменів одноборств, наведених у таблиці 5.

Спортсмени кік-боксу мали суттєво менші ГЦМІ гомілки, стегна, передпліччя і плеча, ніж борці (p<0,05). Такий же напрямок зрушень, але меншою виразністю з'ясовано при порівняльному аналізі відомостей борців і спортсменів ударних одноборств (3 група). В цьому випадку значуще меншими були ГЦМІ передпліччя та встановлено тенденцію до зменшення ГЦМІ стегна (p<0,1). Результати 1 і 3 груп не

мали суттєвих відмінностей, що ще раз доводить правильність зроблено раніше припущення про близькість біомеханічних особливостей так званих ударних одноборств.

Таблиця 5

**Головні центральні моменти інерції (ГЦМІ)
відносно повздожної вісі спортсменів одноборств**

Показник, кг*см ²	1 група	2 група	3 група
Стопа	9,50±0,42	11,09±0,82	9,93±0,59
Гомілка	56,88±2,77 ¹	69,59±5,76	60,01±3,78
Стегно	325,96±21,90 ¹	455,53±48,03	353,73±27,20 ²
Кисть	4,87±0,20	5,71±0,41	5,09±0,29
Передпліччя	10,22±0,57 ¹	13,74±1,26	10,95±0,69 ¹
Плече	34,24±1,46 ¹	41,73±3,12	35,98±1,93

Примітка. 1 – відмінності з 2 групою вірогідні ($p < 0,05$). 2 – тенденція до вірогідності відмінностей з 2 групою ($p < 0,1$).

Отримані результати, насамперед, доводять важливість саме повздожної вісі у одноборствах, саме у цій площині здійснюються основні рухи як у боротьбі, так і у ударних видах одноборств. Зростання ГЦМІ у борців доводить меншу інерцію у представників ударних одноборств, яка обумовлена специфікою техніки нанесення ударів. Водночас у боротьбі вмиле використання інерції під час здійснення кидків дозволяє виконувати технічні дії більш економно, тобто свідчить про вищий рівень адаптованості спортсменів до своєї діяльності.

Відсутність відмінностей ГЦМІ кисті і стопи при суттєвих відмінностях, виявлених для інших сегментів кінцівок, на наш погляд, повинна розглядатися з позицій ергономіки. Згідно біомеханічних та ергономічних підходів кінцівки представляються складними механічними системами, до складу яких входять декілька послідовних сегментів і зчленувань, пов'язаних між собою [9,10]. Такі системи отримали назву "кінестетичні ланцюги" (КЛ). В контексті ударних одноборств основним завданням КЛ кінцівок є нанесення ударів, причому їх швидкість є важливим чинником успішності. Водночас для боротьби основною дією є здійснення прийомів (кидки, товчки тощо), для чого спортсмен повинен мати достатню стійкість, яка залежить від інерції. Кінцівки у цьому контексті виступають у ролі системи важелів, що дозволяють здійснити необхідні технічні дії, а на кінцеві сегменти відводиться переважна функція стискання. Як при нанесенні ударів, так і при здійсненні прийомів роль кінцевих сегментів КЛ (стопи, кисті) відносно незначна, що й обумовило відсутність суттєвих відмінностей ГЦМІ.

Порівняльний аналіз результатів ГЦМІ по таблицям 3-5 ствердив схожість відомостей у досліджених групах. Результати зменшувалися у низці сагітальна – фронтальна – повздожна вісь. Суттєві відмінності між сагітальною та фронтальною віссю встановлені лише за ГЦМІ кисті, що, на наш погляд, ще раз доводить зроблені раніше припущення про роль цього сегменту у одноборствах.

Висновки і перспективи подальших розвідок у даному напрямі. Таким чином, проведений аналіз стверджує правочинність застосування біомеханічних підходів для оцінки одноборств. Встановлена близькість результатів ударних одноборств (кік-боксу, карате, теквандо тощо) відбиває специфічні особливості цих видів спорту. Результати борців і інших одноборств ілюструють певні відмінності цих видів спорту. Збільшення маси сегментів кінцівок у борців обумовлено їх різною функціональною роллю у боротьбі порівняно із ударними одноборствами. Порівняння положення центру мас на кінцівках спортсменів з'ясувало його вірогідне зрушення на гомілці та передпліччі у спортсменів кік-боксу порівняно із борцями. Ці результати є свідченням різних технік боротьби та ударних одноборств. Аналогічний висновок дозволяє зробити порівняльний аналіз головних центральних моментів інерції відносно різних площин.

Використання біомеханічних закономірностей при аналізі техніки одноборств дозволяє виділити головні і провідні ланки, чим забезпечується високий результат, а оцінка якості виконання рухів дозволяє удосконалити спортивну техніку. Співставлення розрахованих біомеханічних показників у спортсменів доводить їх важливість при оцінці якості підготовки у одноборствах та дає змогу підвищити функціональні можливості спортсменів. Перспективним напрямком наукових досліджень є застосування біомеханіки для удосконалення підготовки в одноборствах за рахунок покращання техніки, оптимізації функціональних можливостей тощо.

Використані джерела

1. Лапутин А.Н. Биомеханика физических упражнений. Лабораторные занятия. / А.Н. Лапутин. – К.: Вища школа, 1976. – 88 с.

2. Beginners Should Use Care With Tae Bo and Other Kick-Boxing Workouts //Journal The Physician and Sportsmedicine. – 1999, Volume 27, Issue 6. – Page 28.
3. Адашевский В.М. Основные кинематические характеристики ударных действий в таэквондо / Адашевский В.М., Ермаков С.С., Грицук С.А. //Физическое воспитание студентов. – 2010. – № 4. – С. 3-5.
4. Ахметов Р.Ф. Сучасні біомеханічні технології в практиці підготовки спортсменів // Проблеми фізичного виховання і спорту. – 2011. – № 1. – С. 7-9.
5. Потоп В.А. Биомеханические показатели узловых элементов спортивной техники гимнастических упражнений / Потоп В.А., Град Р., Болобан В. М. // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. – 2013. – № 9 – С. 59-72. doi:10.6084/m9.figshare.751559.
6. Бужинский А. В. Использование видеозахвата для биомеханического анализа атакующего удара в пляжном волейболе / Бужинский А. В., Павлов П. В. //Ученые записки: электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2015.- № 2 (34).
7. Зациорский В.М. Биомеханика двигательного аппарата человека / Зациорский В.М., Аруин А.С., Селуянов В.Н. – М.: ФиС, 1981. – 144 с.
8. Уткин В.А. Биомеханика физических упражнений – М.: Просвещение, 1989. – 120 с.
9. Ламаш Б.Е. Лекции по биомеханике. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.dvgu.ru/meteo/book/BioMechan.htm>.
10. Шерпер Ж. Физиология труда (эргономия) – М.: Медицина, 1973. – 496 с.

Podrigalo L., Volodchenko O.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BIOMECHANICAL ASPECTS OF KICK-BOXING AND OTHER COMBAT SPORTS

Purpose: to study the biomechanical characteristics of kick-boxing athletes compared to other types combat sports. Materials: 45 athletes, which were involved at the study and divided into three groups: 1 – kick-boxing athletes (n = 17), mean age (17,88 ± 0,58) years; 2 – athletes engaged in the wrestling, (n = 11), mean age (18,45 ± 0,39) year; 3 – athletes, representatives of the so-called "percussion" combat sports (karate, taekwondo, MMA, etc.) (n = 17), mean age (18,12 ± 0 26) years. The level of sportsmanship was not below 1 level. Results: it was conducted the analysis kick-boxing from the standpoint of biomechanics, and includes information on biomechanical features athletes, who are engaged in different kinds combat sports. Installed results combat sports (kick-boxing, karate, taekwondo, etc.) reflect the characteristics of these sports. Results wrestlers and other combat sport's sportsmen illustrate some differences between these sports. Comparison of the calculated biomechanical parameters in athletes proved their importance in assessing the quality of training in combat sports and allows you to increase the functionality of the athletes. Conclusions: the use of the approved eligibility biomechanical approaches for assessing combat sports. The increase in mass segments limbs wrestlers reflect their different functional role in the wrestling compared to the percussion combat sports. Comparing the position of the center of mass in the limbs of athletes found out its probable developments in the shin and forearm athletes kick-boxing in comparison with wrestlers. These results are evidence of different techniques of wrestling and percussion combat sports. A similar conclusion allows you to make comparative analysis of the principal central moments of inertia about various axes. Using biomechanical patterns, when analyzing combat sports technology, can provide the main and top management, which ensures good results and quality assessment of movements allows improving sports equipment. Comparison of the calculated biomechanical parameters in athletes proved their importance in assessing the quality of training in combat sports and allows you to increase the functionality of the athletes.

Key words: biomechanics, kick-boxing.

Стаття надійшла до редакції 12.09.2016