

Дослідження біомеханічних параметрів кікбоксерів із різним стажем тренувань

Подрігало Л.В.¹, Ші Ке^{1,2}¹ Харківська державна академія фізичної культури² Інститут Неусофт

Анотація. Мета: здійснити порівняльний аналіз біомеханічних показників кікбоксерів із різним стажем тренувань. **Матеріал та методи.** Дослідження проведено за участю 23 кікбоксерів, які були розподілені на 2 групи. 1 група – 11 спортсменів, середній вік ($14,00 \pm 0,56$) років, стаж тренування ($0,65 \pm 0,18$) років. 2 група – 12 спортсменів, середній вік ($13,75 \pm 1,04$) років, стаж тренування ($5,00 \pm 0,58$) років. Антропометричні дослідження включали визначення довжини та маси тіла. Розрахунок основних біомеханічних параметрів здійснено згідно спеціальних рівнянь регресії. Визначали масу окремих сегментів кінцівок, положення центрів мас на повздожній осі сегментів та головні центральні моменти інерції відносно основних осей тіла людини (сагітальної, фронтальної та повздожньої). Визначали медіану, 1 і 3 квартилі. Вірогідність відмінностей в групах оцінювали за допомогою непараметричного критерію Розенбаума (Q). **Результати:** встановлено значущі відмінності всіх визначених параметрів. Спортсмени 1 групи мали більші показники маси стопи (Q=7), гомілки (Q=7), стегна (Q=6), кисті (Q=8), передпліччя (Q=6) та плеча (Q=6). У 1 групі розташування центру мас на повздожній осі сегменту було далі від проксимального кінця. Це стверджено для стопи (Q=8), гомілки (Q=7), стегна (Q=6), кисті (Q=7), передпліччя (Q=6) та плеча (Q=6). При порівняльному аналізі головних центральних моментів інерції у 1 групі ці показники були значно більші, ніж у 2 групі. Для сагітальної осі це доведено для стопи (Q=7), гомілки (Q=7), стегна (Q=8), кисті (Q=8), передпліччя (Q=8), плеча (Q=7). Для фронтальної осі: стопа (Q=7), гомілка (Q=7), стегно (Q=8), кисть (Q=7), передпліччя (Q=8), плече (Q=8). Для повздожньої осі: стопа (Q=8), гомілка (Q=7), стегно (Q=6), кисть (Q=8), передпліччя (Q=6), плече (Q=6). **Висновки.** Проведений порівняльний аналіз виявив наявність відмінностей біомеханічних показників у кікбоксерів різної кваліфікації. Більш досвідчені спортсмени характеризувалися меншими значеннями всіх визначених показників. Менша величина маси сегментів відбиває більшу швидкість за рахунок зменшення інертності. Зростання головних центральних моментів інерції по всіх осях у менш досвідчених спортсменів доводить більшу інерцію, що повинно бути оцінено як свідчення меншої технічної підготовленості. Використання біомеханічних закономірностей при аналізі техніки кікбоксингу дозволяє виділити головні і провідні ланки, які забезпечують високий результат, а оцінка якості виконання рухів дозволяє удосконалити спортивну техніку. Розраховані біомеханічні критерії можуть використовуватися у якості інструменту оцінки технічної підготовленості спортсменів кікбоксингу. Їх практичне застосування зможе оптимізувати підготовку, удосконалити моніторинг функціонального стану кікбоксерів.

Ключові слова: кікбоксинг, стаж тренувань, біомеханічні показники, осі, сегменти.

Вступ. Спортивна біомеханіка – дисципліна, що поєднує дослідження принципів механіки і біології, та вивчає сукупність складних форм рухів і змін тіла в спорті. Вона сприяє правильному розумінню, тренуванню та засвоєнню техніки рухів. Вивчення біомеханічних

аспектів окремих видів спорту дозволяє удосконалювати спортивну техніку спортсменів, оптимізувати їх загальну фізичну підготовку та сприяє підвищенню успішності спортивних виступів (Лапутин, 1976; Лапутін, та ін., 2001).

Зростання популярності єдиноборств, що триває на цей час в Україні, обумовлює важливість наукового супроводу цих видів спорту. Одним із провідних наукових напрямків в єдиноборствах є оптимізація моніторингу стану спортсменів за рахунок обрання найбільш інформативних та адекватних показників. До таких показників можуть бути віднесені біомеханічні параметри, за допомогою яких можливо оцінювати технічні навички спортсменів, визначати їх потенціал та, певною мірою, прогнозувати успішність (Лапутин, 1976; Лапутін, та ін., 2001).

Використання біомеханіки в єдиноборствах триває з 60-70 років минулого сторіччя (Neto, 2011). Переважна більшість досліджень була спрямована на вивчення біомеханічних особливостей ударів руками, за рахунок чого досягалося підвищення ефективності та профілактика травматизму. Основними напрямками досліджень визнані кінетика, кінематика та електроміографія конкретних ударів руками, ногами, кидками та технікою падіння, певні аспекти моторної поведінки та перцептивних здібностей, які мають значення для ефективних та успішних виступів у бойових мистецтвах та єдиноборствах (наприклад, повторність рухів, час реакції).

В деяких роботах здійснено аналіз впливу спортивної біомеханіки на бойове мистецтво і комплексний нервово-м'язовий контроль. Стверджено, що елітні єдиноборці мали кращі показники руху нижніх кінцівок порівняно із групою звичайних спортсменів (Zhang, et. al., 2022).

В інших дослідженнях спортивна біомеханіка була використана в якості інструменту розробки методу оцінки результативності в бойовому мистецтві Пенчак Силат. Отримані результати дозволили розробити шкалу оцінки ефективності ударів ногами та довести її вірогідність та ефективність (Nariono, Rahayu, & Sugiharto, 2017).

Інші автори біомеханічні підходи застосовували для стандартизації рухів у

бойовому мистецтві патол. Отримані результати дозволили обґрунтувати принципи, на підставі яких створюються базові рухи патол, здійснити класифікацію основних рухів цього бойового мистецтва шляхом ідентифікації та наступного аналізу цих рухів (Kutniawan, et. al., 2022).

Також була обґрунтована та розроблена методика прогнозування успішності в кикбоксингу, яка побудована на підставі послідовного аналізу за Вальдом. До складу комплексу прогностичних показників входили критерії, що описують фізичні, гоніометричні, біомеханічні та функціональні показники (Volodchenko, and et. al., 2018).

Об'єктивізація виконання технічних елементів кикбоксингу була проведена за допомогою кінематографічного аналізу (Deliu, et. al., 2023). Використана технологія дозволила виміряти основні біомеханічні елементи ударних технік кикбоксингу. Отримана інформація є корисною для покращання підготовки спортсменів.

Цікавим є дослідження в якому авторами було проаналізовано взаємозв'язки між моторними та сенсорними компонентами функціонального стану професійних кикбоксерів (Kogobeunikov, et. al., 2020). Зроблено висновок, що біомеханічні параметри, показники рухових дій суб'єктно-особистісних якостей, критерії психофізіологічного стану спортсменів, рівня їхньої постуральної стійкості є дуже перспективними для дослідження у галузі психофізіології та фізіології рухів.

Зв'язок дослідження з науковими програмами, планами і темами. Дослідження проводилося відповідно до теми науково-дослідної роботи Харківської державної академії фізичної культури «Оптимізація тренувального процесу в єдиноборствах» (номер державної реєстрації 0121U112873).

Мета дослідження – здійснити порівняльний аналіз біомеханічних показників кикбоксерів із різним стажем тренувань.

Матеріал та методи дослідження. Дослідження проведене за участю 23 кікбоксерів, які були розподілені на 2 групи. 1 група – 11 спортсменів, середній вік (14,00±0,56) років, стаж тренування (0,65±0,18) років. 2 група – 12 спортсменів, середній вік (13,75±1,04) років, стаж тренування (5,00±0,58) років. Значущі відмінності за віком відсутні, стаж тренувань 2 групи був суттєво більший, ніж у першій ($p < 0,05$). Батьки учасників надали інформовану згоду на участь у дослідженнях відповідно до міжнародних біоетичних вимог.

Антропометричні дослідження включали визначення довжини та маси тіла згідно міжнародної уніфікованої методики (Marfell-Jones, et. al., 2012). Для визначення довжини тіла використовували медичний антропометр, для маси тіла – монітор маси тіла OMRON BF-511 (Японія).

Розрахунок основних біомеханічних параметрів здійснено згідно рівнянь

регресії. Визначено масу окремих сегментів кінцівок, положення центрів мас на повздовжній осі сегментів та головні центральні моменти інерції (ГЦМІ) відносно основних осей тіла людини (сагітальної, фронтальної та повздовжньої).

Статистичний аналіз отриманих результатів проведено за допомогою ліцензованих пакетів електронних таблиць Excel. Враховуючи розмір вибірки та характер розподілу даних, для їх характеристики визначали медіану (Me), 1 (25 %) і 3 (75 %) квартилі. Вірогідність відмінностей в групах оцінювали за допомогою непараметричного критерію Розенбаума (Q), відмінності вважали вірогідними при $p < 0,05$.

Результати дослідження та їх обговорення. Основні біомеханічні параметри тіла кікбоксерів різної кваліфікації наведено в таблицях 1, 2.

Таблиця 1

Основні біомеханічні параметри тіла кікбоксерів різної кваліфікації

Показники	1 група, (n=11)			2 група, (n=12)		
	25 %	Me	75 %	25 %	Me	75 %
Маси окремих сегментів тіла						
Маса стопи, кг	0,71	0,90*	1,03	0,55	0,67	0,80
Маса гомілки, кг	2,09	2,60*	3,19	1,52	2,01	2,32
Маса стегна, кг	6,61	8,07*	10,46	5,05	6,29	7,20
Маса кисті, кг	0,34	0,40*	0,46	0,27	0,33	0,37
Маса передпліччя, кг	0,84	0,95*	1,17	0,72	0,80	0,88
Маса плеча, кг	1,28	1,50*	1,97	1,04	1,21	1,37
Положення центру мас на повздовжній осі сегменту						
Стопа, см	12,17	13,29*	14,36	11,04	11,98	12,71
Гомілка, см	15,13	15,81*	16,11	13,51	14,87	15,33
Стегно, см	21,34	23,63*	24,03	19,63	20,42	22,15
Кисть, см	10,63	11,43*	11,85	10,06	10,47	11,02
Передпліччя, см	13,86	14,38*	14,53	12,89	13,80	14,08
Плече, см	11,81	12,93*	13,42	10,99	11,49	12,31

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

Результати таблиці 1 свідчать про значущі відмінності всіх визначених параметрів. Спортсмени 1 групи мали більші показники маси стопи (Q=7), гомілки (Q=7), стегна (Q=6), кисті (Q=8), передпліччя (Q=6) та плеча (Q=6). У

1 групі розташування центру мас на повздовжній осі сегменту було далі від проксимального кінця. Це стверджено для стопи (Q=8), гомілки (Q=7), стегна (Q=6), кисті (Q=7), передпліччя (Q=6) та плеча (Q=6).

Таблиця 2

Головні центральні моменти інерції відносно основних осей тіла кікбоксерів

Показники, кг*см ²	1 група, (n=11)			2 група, (n=12)		
	25 %	Me	75 %	25 %	Me	75 %
Сагітальна ось						
Стопа	23,16	38,02*	45,87	12,51	20,10	30,32
Гомілка	178,31	328,76*	403,81	70,15	143,53	249,36
Стегно	4497,43	5087,80*	5606,10	3924,67	4392,88	4784,00
Кисть	7,22	10,67*	13,45	4,06	6,60	8,90
Передпліччя	36,16	50,05*	65,58	20,92	33,90	42,59
Плече	65,57	105,02*	130,53	34,13	58,05	84,72
Фронтальна ось						
Стопа	21,11	34,84*	41,54	11,24	17,82	27,55
Гомілка	161,65	314,51*	389,55	51,67	125,30	233,44
Стегно	926,95	1531,01*	2054,54	344,83	819,57	1220,17
Кисть	5,25	7,59*	9,03	3,44	4,80	6,39
Передпліччя	33,41	47,13*	61,11	19,00	31,10	39,92
Плече	55,94	92,18*	117,11	25,92	49,12	73,53
Повздовжня ось						
Стопа	5,52	8,26*	10,62	2,89	5,03	6,85
Гомілка	32,18	46,90*	65,44	16,08	29,90	38,77
Стегно	163,87	240,74*	408,41	90,80	150,78	207,38
Кисть	2,96	4,20*	5,45	1,66	2,75	3,55
Передпліччя	5,96	8,35*	12,44	4,48	6,01	7,45
Плече	22,05	28,33*	39,16	15,41	20,60	24,54

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

Аналогічна залежність стверджена при порівняльному аналізі ГЦМІ. У 1 групі ці показники були значно більше, ніж у 2 групі. Для сагітальної осі це доведено для стопи (Q=7), гомілки (Q=7), стегна (Q=8), кисті (Q=8), передпліччя (Q=8), плеча (Q=7). Для фронтальної осі: стопа (Q=7), гомілка (Q=7), стегно (Q=8), кисть (Q=7), передпліччя (Q=8), плече (Q=8). Для повздовжньої осі: стопа (Q=8), гомілка (Q=7), стегно (Q=6), кисть (Q=8), передпліччя (Q=6), плече (Q=6).

Актуальність дослідження біомеханічних параметрів єдиноборців, як чинників, що мають вплив на успішність та зростання спортивної майстерності, не викликає сумнівів. Доволі часто ці показники аналізуються у кікбоксингу та у подібних видах єдиноборств. Було досліджено біомеханічні параметри ніг кікбоксерів та тхеквондистів (Szafranski, & Boguszewski, 2015). Порівнювались

моменти м'язової сили розгиначів та згиначів колінного суглобу, які вимірювались у статичних та ізокінетичних умовах. Кікбоксери характеризувалися більш великими значеннями пікового значення сили м'язів розгиначів. Стверджено наявність подібної структури біомеханічних показників нижніх кінцівок, що може відбивати наслідки їх підготовки.

Подібний дизайн використано у дослідженні інших авторів, де аналізували ефективність рухів колінного суглобу кікбоксерів та тхеквондистів (MacHado, et. al., 2010). Доведено, що кращі результати мали спортсмени із більшим досвідом. Стверджено важливість не тільки потужності, але й координації рухів для збільшення м'язів.

Обраний дизайн дослідження передбачав порівняльний аналіз стану спортсменів, що мали близький вік, але

відрізнялися стажем тренувань. Важливість останнього критерію достатньо велика, оскільки він дає змогу визначати рівень підготовленості спортсменів. Подібну мету мало дослідження, у якому з'ясовувалися зв'язки між рівнем підготованості кікбоксерів і особливостями техніко-тактичної підготовки (Rydzik, et. al., 2021). У якості критеріїв оцінки обрано саме тренувальний стаж і спортивний рівень. Зроблено висновок, що існує кореляція між ефективністю, результативністю та активністю дій кікбоксерів і швидкістю рухів верхніх кінцівок, вибуховою силою.

Біомеханічний аналіз обумовлює пошук спеціальних показників, що також співпадає з наявними результатами. Дослідження інших авторів довело, що для кікбоксингу характерні специфічні рухи спортсменів (Ambroży, et. al., 2016). Це обумовило необхідність впровадження тестів, які представляють собою удари руками та ногами, у батарею випробувань, які використовуються для оцінки спеціальної підготованості у цьому виді спорту.

Розрахунок біомеханічних параметрів у єдиноборствах доволі часто застосовується у наукових дослідженнях. Так, існують дослідження де розраховували кінематичні параметри удару кікбоксерів, виходячи з положення сегментів тіла. Розраховані параметри були використані задля аналізу та порівняння особливостей удару (Vaitel, et. al., 2016).

В дослідженні використано регресійні рівняння, доведено їх правомірність та вірогідність, невелику помилку порівняно із результатами, отриманими радіоізотопним методом. Рівняння базуються на основних антропометричних показниках – довжині та масі тіла, що ще раз стверджує поєднання структури і функції організму спортсменів кікбоксингу.

Це співпадає з наявними результатами досліджень (Brito, et. al., 2020). В роботі була визначена важливість антропометричних показників при

проведенні біомеханічного та техніко-тактичного аналізу у спортсменів дзюдо. Зроблено висновок, що рівень розвитку сили є найважливішим біомеханічним показником. При аналізі потрібно враховувати вагові категорії спортсменів, тобто масу спортсменів.

Схожі результати отримані в роботі іншого автора, метою якої був аналіз ударів в тхеквондо із застосуванням біомеханічних підходів (Yao, 2023). Спортсмени різних вагових категорій виконували удари ногою, траєкторія яких аналізувалася. З'ясовані суттєві відмінності у біомеханічних параметрах залежно від маси спортсменів. Зроблено висновок, що чим вища вага спортсмена, тим нижча спритність тіла, хоча відстань удару достатньо велика, вплив на швидкість рухів відносно незначний.

Задіяння маси під час удару та її співвідношення з силою є одним із провідних чинників успіху спортсмена в єдиноборствах (Wąsik, et. al., 2023). Метою цього дослідження був розрахунок кількісної питомої ваги ефективної маси спортсмена, який виконує удар. Найбільша сила була встановлена при боковому ударі, найменша – при ударі вперед. Запропоновані показники будуть корисними в якості критеріїв підготовки спортсменів до змагань.

Специфіка єдиноборств обумовлює необхідність визначення маси окремих сегментів кінцівок. У біомеханіці маса оцінюється як кількісна міра інертності тіла відносно до сили, яка на нього діє. Тобто, чим більше маса, тим тіло інертніше (Лапутін, та ін., 2001; Козубенко, & Тупєєв, 2015). Специфіка ударних єдиноборств передбачає, навпаки, залежність успіху від швидкості нанесення ударів. Тому менша величина маси сегментів у більш досвідчених спортсменів повинна бути оцінена як відбиття більшої швидкості. Це стверджує результати, отримані при порівнянні біомеханічних параметрів спортсменів кікбоксингу, боротьби та східних єдиноборств Подрігало, & Володченко, 2016).

Як відомо, момент інерції – це міра інертності тіла при обертальному русі. Момент інерції тіла відносно осі рівний сумі добутків мас всіх його частин на квадрати їх відстані від даної осі обертання (Лапутин, 1976; Лапутін, та ін., 2001; Козубенко, & Тупеев, 2015). Тобто, момент інерції зростає, коли його частини далі від осі обертання, а кутове прискорення тіла під впливом того є моменту сили менше; якщо частини ближче до осі, то кутове прискорення більше, а момент інерції менше. Значить, якщо приблизити тіло до осі, то легше викликати кутове прискорення, розігнати тіло у обертанні і зупинити його. Таким чином, значення моментів інерції має суттєве значення для успішності в однокорствах, чим і обумовлено визначення цих показників у учасників дослідження.

Отримані результати, доводять важливість основних осей у кикбоксингу, оскільки саме у цих площинах здійснюються основні рухи. Зростання ГЦМІ у менш досвідчених спортсменів доводить більшу інерцію, що повинно бути оцінено як свідчення меншої технічної підготовленості.

Це ще раз доводить правильність обрання стажу тренувань у якості критерію порівняння учасників. Збільшення стажу означає збільшення тривалості оволодіння основними технічними прийомами, ефективність яких і обумовлює досягнення успіху.

Отримані відомості ілюструють важливість визначення ГЦМІ для прогнозу успішності та зростання спортивної майстерності в кикбоксингу. Це співпадає із наявними літературними відомостями. В роботі, що вже цитувалася, прогнозування успішності в цьому виді спорту запропоновано проводити на підставі методики, яка базується на комплексі морфофункціональних показників (Volodchenko, et. al., 2018).

До складу прогностичних показників увійшли такі біомеханічні критерії як ГЦМІ передпліччя відносно сагітальної та повздожньої осей, гомілки

відносно повздожньої осі, стегна відносно повздожньої осі, плеча відносно повздожньої осі. Це ілюструє важливість цих біомеханічних показників для нанесення ударів.

Висновки.

Проведений порівняльний аналіз ствердив наявність відмінностей біомеханічних показників у спортсменів кикбоксингу із різним терміном тренувань. Більш досвідчені спортсмени характеризувалися меншими значеннями всіх визначених показників. Менша величина маси сегментів відбиває більшу швидкість за рахунок зменшення інертності. Зростання головних центральних моментів інерції по всіх осях у менш досвідчених спортсменів доводить більшу інерцію, що повинно бути оцінено як свідчення меншої технічної підготовленості.

Використання біомеханічних закономірностей при аналізі техніки кикбоксингу дозволяє виділити головні і провідні ланки, які забезпечують високий результат, а оцінка якості виконання рухів дозволяє удосконалити спортивну техніку. Розраховані біомеханічні критерії можуть використовуватися у якості інструменту оцінки технічної підготованості кикбоксерів. Їх практичне застосування змогу оптимізувати підготовку, удосконалити моніторинг функціонального стану кикбоксерів.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямку. Отримані дані про біомеханічні параметри кикбоксерів будуть спрямовані для удосконалення підготовки та моніторингу в кикбоксингу за рахунок покращання техніки, оптимізації функціональних можливостей тощо.

Конфлікт інтересів. Автори відзначають, що не існує ніякого конфлікту інтересів.

Джерела фінансування. Ця стаття не отримала фінансової підтримки від державної, громадської або комерційної організації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Козубенко, О.С. & Тупєєв, Ю.В. (2015). *Біомеханіка фізичних вправ: навчально-методичний посібник*. Миколаїв: МНУ ім. В.О. Сухомлинського.
- Лапутин, А.Н. (1976). *Биомеханика физических упражнений*. Київ: Вища школа.
- Лапутін, А.М., Гамалій, В.В., Архипов, О.А., Кашуба, В.О., Носко, М.О., & Хабінець, Т.О. (2001). *Біомеханіка спорту: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів з фізичного виховання і спорту*. Київ: Олімпійська література.
- Подрігало, Л.В., & Володченко, О.А. (2016). Порівняльний аналіз біомеханічних аспектів кік-боксу та інших одноборств. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка*, 139(1), 145–149.
- Ambroży, T., Jarosław, O., Stanula, A., Kwiatkowski, A., Włach, W., Mucha, D., & Andrzej, K. (2016). A Proposal for Special Kickboxing Fitness Test. *Security dimensions International & National Studies*, 20, 96–110. DOI:10.24356/SD/20.5
- Baitel, I., Deliu, D., Cordun, M., & Angelescu, L. (2016). Comparative study of kinematic parameters of circular punch applied in semi-contact and full-contact system. *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences*, 447–454. DOI:10.15405/epsbs.2016.06.62
- Brito, C. J., Aedo-Muñoz, E., & Miarka, B. (2020). Judo performance: kinanthropometric importance for technical tactical and biomechanics. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 22, 1–7. DOI:10.1590/1980-0037.2020v22e76584
- Deliu, R., Stoica, M., & Dragomir, A. (2023). Possibilities to objectify the technical elements of martial arts - kickboxing with the help of kinematic analysis. *Human Movement: New Paradigms in a Changing World*, 23–35. DOI:10.51267/icehbm2022bp03
- Hariono, A., Rahayu, T., & Sugiharto. (2017). Developing a Performance Assessment of Kicks in the Competition Category of Pencak Silat Martial Arts. *The Journal of Educational Development*, 5(2), 224–237.
- Korobeynikov, G., Stavinskiy, Yu., Korobeynikova, L., Volsky, D., Semenenko, V., & Zhirnov, O. (2020). Connection between sensory and motor components of the professional kickboxers' functional state. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(5), 2701-2708. DOI:10.7752/jpes.2020.05368
- Kutniawan, P.B., Rahayu, T., Setyawati, H., & Hartono, M. (2021). Basic Movement Standardization of the Pathol Sarang Martial Sport. *Medico Legal Update*, 21(1), 1591–1600. DOI:10.37506/mlu.v21i1.2548
- MacHado, S.M., Osório, R.A.L., Silva, N.S., & Magini, M. (2010). Biomechanical analysis of the muscular power of martial arts athletes. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 48(6), 573–577. DOI:10.1007/s11517-010-0608-z
- Marfell-Jones M., Olds T., Stewart A., & Lindsay Carter, L.E.. (2012). ISAK manual, International standards for Anthropometric Assessment. *In International Society for the Advancement of Kinanthropometry*. The University of South Australia Holbrooks Rd, Underdale, SA: Australia.
- Neto, O.P. (2011). Biomechanics of martial arts and combative sports. *In Sports Medicine and Training Tools*, 89–108.
- Rydzik, Ł., & Ambroży, T. (2021). Physical fitness and the level of technical and tactical training of kickboxers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 1–9. DOI:10.3390/ijerph18063088
- Szafrański, K., & Boguszewski, D. (2015). Comparison of maximum muscle torque values of extensors and flexors of the knee joint in kickboxing and taekwondo athletes. *Journal of Combat Sports and Martial Arts*, 6(2), 59–62. DOI:10.5604/20815735.1193625

- Volodchenko, A.A., Podrigalo, L.V., Rovnaya, O.A., & Podavalenko, O.V. (2018). The prediction of success in kickboxing based on the analysis of morphofunctional, physiological, biomechanical and psychophysiological indicators. *Physical education of students*, 22(1), 51–56. DOI:10.15561/20755279.2018.0108.
- Wąsik, J., Mosler, D., Góra, T., & Scurek, R. (2023). Conception of effective mass and effect of force – measurement of taekwon-do master. *Physical Activity Review*, 11(1), 11–16. DOI:10.16926/par.2023.11.02
- Yao, Y. (2023). Application of sports biomechanics in the technical analysis of taekwondo kicking. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 29. DOI:10.1590/1517-8692202329012022_0379
- Zhang, J., Qu, Q., An, M., Li, M., Li, K., & Kim, S. (2022). Influence of Sports Biomechanics on Martial Arts Sports and Comprehensive Neuromuscular Control under the Background of Artificial Intelligence. *Contrast Media and Molecular Imaging*, 14. DOI:10.1155/2022/9228838

Стаття надійшла до редакції: 01.12.2023 р.
Опубліковано: 09.02.2024 р.

Abstract. Podrigalo L., Shi Ke. *Study of biomechanical parameters of kickboxers with different training experience.* **Purpose:** to carry out a comparative analysis of biomechanical indicators of kickboxers with different training experience. **Material and methods.** The study was conducted with the participation of 23 kickboxing athletes, divided into 2 groups. Group 1 – 11 athletes, average age (14,00±0,56) years, training experience (0,65±0,18) years. Group 2 – 12 athletes, average age (13,75±1,04) years, training experience (5,00±0,58) years. Anthropometric studies included determination of body length and weight. The calculation of the main biomechanical parameters was carried out according to special regression equations. The mass of individual limb segments, the position of the centers of mass on the longitudinal axis of the segments, and the main central moments of inertia relative to the main axes of the human body (sagittal, frontal and longitudinal) were determined. The median, 1st and 3rd quartiles were determined. **Results:** significant differences were established in all biomechanical parameters. Athletes of group 1 had greater mass values of the foot (Q=7), lower leg (Q=7), thigh (Q=6), hand (Q=8), forearm (Q=6) and shoulder (Q=6). The location of the center of mass on the longitudinal axis of the segment was further from the proximal end in group 1. This was confirmed for the foot (Q=8), lower leg (Q=7), thigh (Q=6), hand (Q=7), forearm (Q=6) and shoulder (Q=6). The main central moments of inertia in group 1 were significantly greater than in group 2. This has been proven for the foot (Q=7), lower leg (Q=7), thigh (Q=8), hand (Q=8), forearm (Q=8), shoulder (Q=7) for the sagittal axis. For the frontal axis: foot (Q=7), lower leg (Q=7), thigh (Q=8), hand (Q=7), forearm (Q=8), shoulder (Q=8). For the longitudinal axis: foot (Q=8), lower leg (Q=7), thigh (Q=6), hand (Q=8), forearm (Q=6), shoulder (Q=6). **Conclusions.** The comparative analysis confirmed the differences in biomechanical indicators among kickboxing athletes with different qualifications. More experienced athletes were characterized by lower values of all certain indicators. A smaller mass of segments reflects greater speed due to reduced inertia. The increase in the main central moments of inertia along all axes in less experienced athletes proves greater inertia. This should be assessed as evidence of less technical readiness. The use of biomechanical laws when analyzing kickboxing techniques allows us to identify the main and leading links that ensure high results. Assessing the quality of movement execution allows one to improve sports technique. The calculated biomechanical criteria can be used as a tool for assessing the technical readiness of kickboxing athletes. Their practical application makes it possible to optimize training and improve monitoring of the functional state of kickboxers.

Keywords: kickboxing, training experience, biomechanical indicators, axes, segments.

References.

- Kozubenko, O.S. & Tupjejev, Ju.V. (2015). *Biomehanika fizychnyh vprav: navchal'no-metodychnyj posibnyk*. [Biomechanics of physical exercises: a study guide]. Mykolai'v: MNU im. V.O. Suhomlyns'kogo [in Ukrainian].
- Laputyn, A.N. (1976). *Byomehanyka fizycheskyh uprazhnenyj* [Biomechanics of exercise]. Kyi'v: Vyshha shkola [in Russian].
- Laputin, A.M., Gamalij, V.V., Arhypov, O.A., Kashuba, V.O., Nosko, M.O., & Habinec', T.O. (2001). *Biomehanika sportu: navchal'nyj posibnyk dlja studentiv vyshhyh navchal'nyh zakladiv z fizychnogo vyhovannja i sportu* [Biomechanics of sports: a textbook for students of higher educational institutions in physical education and sports]. Kyi'v: Olimpijs'ka literatura [in Ukrainian].
- Podrigalo, L.V., & Volodchenko, O.A. (2016). Porivnjal'nyj analiz biomehanichnyh aspektiv kik-boksu ta inshyh odnoborstv [Comparative analysis of biomechanical aspects of kick boxing and other martial arts]. *Visnyk Chernigivs'kogo nacional'nogo pedagogichnogo universytetu imeni T.G. Shevchenka* [Bulletin of Chernihiv National Pedagogical University named after T.G. Shevchenko], 139(1), 145–149 [in Ukrainian].
- Ambroży, T., Jarosław, O., Stanula, A., Kwiatkowski, A., Błach, W., Mucha, D., & Andrzej, K. (2016). A Proposal for Special Kickboxing Fitness Test. *Security dimensions International & National Studies*, 20, 96–110. DOI:10.24356/SD/20.5
- Baitel, I., Deliu, D., Cordun, M., & Angelescu, L. (2016). Comparative study of kinematic parameters of circular punch applied in semi-contact and full-contact system. *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences*, 447–454. DOI:10.15405/epsbs.2016.06.62
- Brito, C. J., Aedo-Muñoz, E., & Miarka, B. (2020). Judo performance: kinanthropometric importance for technical tactical and biomechanics. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 22, 1–7. DOI:10.1590/1980-0037.2020v22e76584
- Deliu, R, Stoica, M, & Dragomir, A. (2023). Possibilities to objectify the technical elements of martial arts - kickboxing with the help of kinematic analysis. *Human Movement: New Paradigms in a Changing World*, 23–35. DOI:10.51267/icehbm2022bp03
- Hariono, A., Rahayu, T., & Sugiharto. (2017). Developing a Performance Assessment of Kicks in the Competition Category of Pencak Silat Martial Arts. *The Journal of Educational Development*, 5(2), 224–237.
- Korobeynikov, G., Stavinskiy, Yu., Korobeynikova, L., Volsky, D., Semenenko, V., & Zhirnov, O. (2020). Connection between sensory and motor components of the professional kickboxers' functional state. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(5), 2701-2708. DOI:10.7752/jpes.2020.05368
- Kutniawan, P.B., Rahayu, T., Setyawati, H., & Hartono, M. (2021). Basic Movement Standardization of the Pathol Sarang Martial Sport. *Medico Legal Update*, 21(1), 1591–1600. DOI:10.37506/mlu.v21i1.2548
- MacHado, S.M., Osório, R.A.L., Silva, N.S., & Magini, M. (2010). Biomechanical analysis of the muscular power of martial arts athletes. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 48(6), 573–577. DOI:10.1007/s11517-010-0608-z
- Marfell-Jones M., Olds T., Stewart A., & Lindsay Carter, L.E.. (2012). ISAK manual, International standards for Anthropometric Assessment. *In International Society for the Advancement of Kinanthropometry*. The University of South Australia Holbrooks Rd, Underdale, SA: Australia.
- Neto, O.P. (2011). Biomechanics of martial arts and combative sports. *In Sports Medicine and Training Tools*, 89–108.
- Rydzik, Ł., & Ambroży, T. (2021). Physical fitness and the level of technical and tactical training of kickboxers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 1–9. DOI:10.3390/ijerph18063088

- Szafrański, K., & Boguszewski, D. (2015). Comparison of maximum muscle torque values of extensors and flexors of the knee joint in kickboxing and taekwondo athletes. *Journal of Combat Sports and Martial Arts*, 6(2), 59–62. DOI:10.5604/20815735.1193625
- Volodchenko, A.A., Podrigalo, L.V., Rovnaya, O.A., & Podavalenko, O.V. (2018). The prediction of success in kickboxing based on the analysis of morphofunctional, physiological, biomechanical and psychophysiological indicators. *Physical education of students*, 22(1), 51–56. DOI:10.15561/20755279.2018.0108.
- Wąsik, J., Mosler, D., Góra, T., & Scurek, R. (2023). Conception of effective mass and effect of force – measurement of taekwon-do master. *Physical Activity Review*, 11(1), 11–16. DOI:10.16926/par.2023.11.02
- Yao, Y. (2023). Application of sports biomechanics in the technical analysis of taekwondo kicking. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 29. DOI:10.1590/1517-8692202329012022_0379
- Zhang, J., Qu, Q., An, M., Li, M., Li, K., & Kim, S. (2022). Influence of Sports Biomechanics on Martial Arts Sports and Comprehensive Neuromuscular Control under the Background of Artificial Intelligence. *Contrast Media and Molecular Imaging*, 14. DOI:10.1155/2022/9228838

Відомості про авторів / Information about the Authors:

Подрігало Леонід Володимирович: доктор медичних наук, професор; Харківська державна академія фізичної культури: вул. Клочківська, 99, м. Харків, 61058, Україна.

Leonid Podrigalo: Doctor Medicine, Professor; Kharkiv State Academy of Physical Culture: Klochkovskaya st., 99, Kharkov, 61058, Ukraine.

<http://orcid.org/0000-0002-7893-524X>

E-mail: leonid.podrigalo@gmail.com

Ши Ке: аспірант; Харківська державна академія фізичної культури: вул. Клочківська, 99, м. Харків, 61058, Україна. Викладач; Інститут Неусофт, провінція Гуандун, Китай.

Shi Ke: graduate student; Kharkiv State Academy of Physical Culture: Klochkovskaya st., 99, Kharkov, 61058, Ukraine. Neusoft Institute Guangdong, China.

<http://orcid.org/0000-0003-3092-0548>

E-mail: shike668855@gmail.com