

ТЕОРІЯ І МЕТОДИКА ПІДГОТОВКИ СПОРТСМЕНІВ

Удосконалення технічних дій легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, у системі багаторічної підготовки

Володимир Бобровник, Сергій Сovenко

Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна

Анотація. Одним із пріоритетних напрямів оптимізації сучасної системи багаторічної підготовки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, є удосконалення їхньої технічної майстерності. Формування відповідної методології технічної підготовки у системі багаторічного вдосконалення повинне здійснюватися на основі врахування сучасних досліджень техніки виконання змагальної вправи. *Мета.* Удосконалення технічної підготовки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, на основі визначення інформативних біомеханічних характеристик технічних дій спортсменів, що впливають на досягнення спортивного результату у системі багаторічної підготовки. *Методи.* Аналіз і узагальнення науково-методичної літератури, відеозйомка з комп'ютерним аналізом рухових дій спортсменів і методи математичної статистики. *Результати.* У ході кореляційного аналізу взаємозв'язку спортивного результату з 26 кінематичними та динамічними характеристиками технічних дій спортсменів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, встановлено, що інформативними є такі показники: довжина кроку, частота кроків, час одиночної опори, коефіцієнт використання антропометричних даних, швидкість переміщення загального центру маси тіла у момент постановки ноги на опору та у момент відриву ноги від опори, амплітуда переміщення плечового суглоба (однойменної кінцівки) та кульшового суглоба махової ноги у фазі одиночної опори, кутова швидкість згинання кульшового суглоба махової ноги, розгинання колінного суглоба махової ноги та згинання плечового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори, результуюча сила реакції опори та потужність відштовхування у фазі одиночної опори, співвідношення потужності до довжини кроку.

Ключові слова: біомеханічні характеристики, технічна підготовка, спортивна ходьба, система багаторічного удосконалення.

Volodymyr Bobrovnyk, Serhii Sovenko

IMPROVEMENT OF TECHNICAL ACTIONS IN TRACK AND FIELD ATHLETES WHO SPECIALIZE IN RACE WALKING IN THE SYSTEM OF LONG-TERM DEVELOPMENT

Abstract. One of the priority directions of optimization of the modern system of long-term preparation of track and field athletes who specialize in race walking is the improvement of their technical mastery. Development of the appropriate methodology of technical preparation in the system of long-term development should be carried out based on consideration of modern research on the technique of performing competitive exercises. *Objective.* To improve technical preparation in track and field athletes who specialize in race walking based on the determination of informative biomechanical characteristics of athletes' technical actions, which affect the achievement of sports results in the system of long-term development. *Methods.* Analysis and generalization of scientific and methodical literature, video recording with computer analysis of athlete's movements, and methods of mathematical statistics. *Results.* In the course of the correlation analysis of the relationship between the sports performance and 26 kinematic and dynamic characteristics

Вступ. Одним із пріоритетних напрямів удосконалення сучасної системи багаторічної підготовки спортсменів є технічна, яка у гармонійному поєднанні з іншими видами підготовки дозволяє досягати високих спортивних результатів у віковій зоні оптимальних можливостей та у подальшому зберігати високу спортивну майстерність протягом багатьох років [6, 8]. Удосконалення технічної майстерності ґрунтується на широкому колі знань з біомеханіки, фізіології, психології та інших наук, що трансформуються у педагогічну складову, та передбачає застосування відповідної методики, що базується на використанні певних принципів, методичних підходів, засобів тощо. При цьому важливою складовою його удосконалення є виявлення інформативних біомеханічних характеристик, що впливають на досягнення високих спортивних результатів, визначення підходів до їх моделювання та прогнозування [1, 3, 5, 26].

Спортивна ходьба – вид легкої атлетики, до техніки виконання якого ставляться чіткі вимоги правил змагань, контроль за дотриманням яких здійснюють відповідні судді. Згідно з правилами змагань, у спортивній ходьбі не повинно бути видимої для людського ока фази польоту, або, іншими словами, завжди має бути контакт з опорою, при чому винесена вперед (опорна) нога має бути повністю випрямленою в колінному суглобі з моменту першого контакту із землею до проходження вертикалі [9].

Система змагань спортсменів у циклічних видах спорту, пов'язаних з проявом витривалості, в процесі багаторічної підготовки має свої особливості, головна серед яких полягає у

Bobrovnyk V., Sovenko S. Improvement of technical actions in track and field athletes who specialize in race walking in the system of long-term development. *Theory and Methods of Physical education and sports.* 2023; 2: 3–15
DOI: 10.32652/tmfvs.2023.2.3–15

Бобровник В., Сovenко С. Удосконалення технічних дій легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, у системі багаторічної підготовки. *Теорія і методика фізичного виховання і спорту.* 2023; 2: 3–15
DOI: 10.32652/tmfvs.2023.2.3–15

of the technical actions of athletes who specialize in sports walking, it was established that the following indicators are informative: step length, cadence, time of single support phase, coefficient of use of anthropometric data, speed of movement of the total center of mass of the body at the moment of foot contact with the ground and at the take-off, the amplitude of movement of the shoulder joint (of the ipsilateral extremity) and of the hip joint of the swing foot in the phase of single support, angular velocity of the hip flexion of swing leg, knee extension of swing leg and shoulder flexion (in ipsilateral extremity) in the single support phase, the resulting ground reaction force and the power of push-up in the single support phase, the ratio of power to the step length.

Keywords: biomechanical characteristics, technical preparation, race walking, system of long-term development.

збільшенні довжини змагальної дистанції. Так, легкоатлети з 11 до 15 років, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, змагаються на дистанціях 2 та 3 км, з 16 до 19 років – на дистанції 10 км (у дівчат 16–17 років довжина дистанції становить 5 км), і тільки при досягненні «молодіжного» віку атлети змагаються на класичних для дорослих спортсменів дистанціях – 20, 35 та 50 км. Тому в першій стадії багаторічної підготовки досягнення певного рівня спортивних результатів у спортивній ходьбі не дає досить вичерпної інформації навіть досвідченому тренеру про ефективність тренувального процесу на тому чи іншому етапі, тобто досягнення спортсменом адекватних віку «цільових завдань» підготовки. При цьому на першому плані повинні бути завдання досягнення певних модельних показників техніки виконання змагальної вправи, які в другій стадії багаторічної підготовки, поряд з великими фізичними навантаженнями, стануть основою для досягнення спортивних результатів високого рівня [2].

Сучасний стан розвитку спортивної ходьби характеризується невпинним підвищенням рівня результатів і конкуренції, різноманітним тактичним варіантам ведення спортивної боротьби, що впливає передусім на техніку виконання змагальної вправи [2]. Тому відповідні тенденції повинні бути враховані не тільки під час підготовки спортсменів у другій стадії багаторічного удосконалення, а й у першій, де закладаються фундаментальні основи технічної майстерності спортсменів [14, 29].

Дослідження провідних фахівців [4, 11, 13, 17–19] свідчать, що в тренувальному процесі легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, основним засобом є змагальна впра-

ва, що виконується в різних зонах інтенсивності, а вдосконалення технічної майстерності здійснюється практично нерозривно з розвитком насамперед спеціальної витривалості і є одним із найбільш важливих напрямів удосконалення їхньої підготовки.

У науково-методичній літературі, присвяченій аналізу техніки спортивної ходьби [4, 12, 15, 20–24, 27], лише закладено основи для удосконалення технічної підготовки спортсменів на різних етапах багаторічної підготовки. Однак ці дослідження не охоплювали комплексно проблему удосконалення технічної майстерності у системі багаторічної підготовки.

Таким чином, спортивна практика потребує розробки методології технічної підготовки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, основа якої базується на визначенні основних елементів їхніх технічних дій, шляхом виявлення біомеханічних характеристик, які впливають на змагальну діяльність та спортивний результат, що дозволить удосконалити всю систему їх багаторічної підготовки. Першочерговим завданням у цьому плані є пошук інформативних біомеханічних характеристики техніки, що впливають на досягнення високих спортивних результатів у спортивній ходьбі на всіх етапах багаторічної підготовки, що стане основою для оцінювання техніки і, як наслідок, удосконалення процесу технічної підготовки спортсменів.

Мета дослідження – вдосконалення технічної підготовки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, на основі визначення інформативних біомеханічних характеристик технічних дій спортсменів, що впливають на досягнення спортивного результату у системі багаторічної підготовки.

Методи дослідження: аналіз науково-методичної літератури, відеозйомка з комп'ютерним аналізом рухових дій спортсменів і методи математичної статистики.

Результати дослідження. Біомеханічний аналіз техніки виконання змагальної вправи було здійснено на основі даних, отриманих у ході проведеної нами відеозйомки чемпіонатів України зі спортивної ходьби 2014–2021 рр. у різних вікових групах серед чоловіків на дистанціях 3, 10 та 20 км. Кількість досліджень – 98, з них на дистанції 3 км – 31, 10 км – 36 та 20 км – 31.

Оскільки довжина змагальних дистанцій у спортсменів різних вікових груп відрізнялась, то відеозйомку та подальший біомеханічний аналіз здійснювали на таких відрізках: дистанція 20 км – 5, 10, 14 і 18 км (лише у 2014 р. визначали на трьох ділянках дистанції: 2, 10 і 18 км); дистанція 10 км – 2, 5 і 8 км; дистанції 3 км – 1 та 2 км. Враховуючи це, загальний обсяг досліджень за показниками кожного атлета становив – 285.

Для аналізу відеозображення використовували апаратно-програмний комплекс «Lumax», основні технічні характеристики і можливості якого детально представлені в публікаціях розробників [7].

Реєстрацію положень тіла спортсменів під час виконання змагальної вправи здійснювали відеокамерою «Sony HDR-PJ50E» зі швидкістю 50 кадр · с⁻¹.

У ході дослідження враховували всі метрологічні вимоги, що дозволило правильно розмістити камеру і звести до мінімуму систематичні і випадкові помилки [5]. Для оцифрування переміщень біолонок спортсменів використовували модель тіла людини, що складалась з 20 точок, при цьому нанесення точок мало чітку послідовність (рис. 1).

Дані про вік та антропометричні характеристики спортсменів (довжину та масу тіла) отримано з офіційного сайту Федерації легкої атлетики України, а також у ході опитування на змаганнях.

За рівнем результатів, кінематичними характеристиками техніки, віком

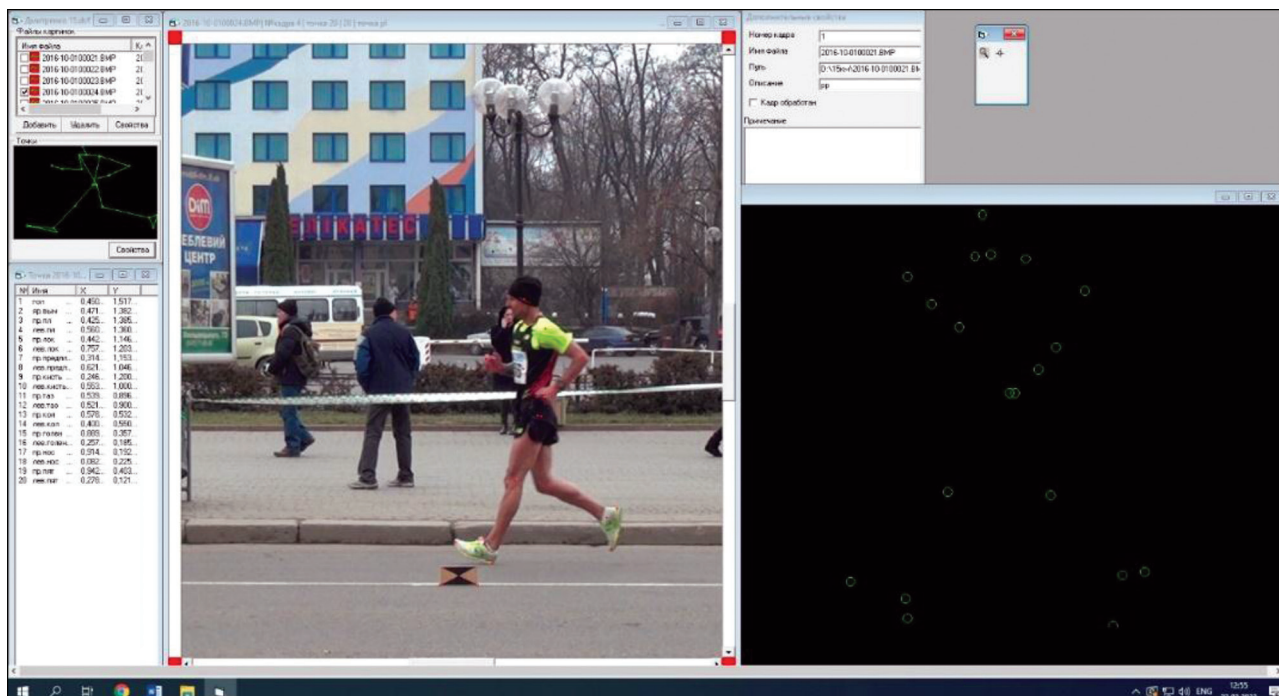


Рисунок 1 – Вікно програмного забезпечення «Lumax» під час проведення аналізу техніки виконання рухової дії у спортивній ходьбі

та антропометричними даними визначали показники описової статистики: середнє арифметичне (\bar{x}), стандартне відхилення (S) та коефіцієнт варіації (V). Для аналізу було використано ліцензійне програмне забезпечення MS Excel.

Значущість відмінностей між групами за отриманими даними оцінювали за допомогою непараметричного критерію Манна-Уїтні для незалежних вибірок (U) на рівні значущості $p = 0,05$.

Для визначення наявності чи відсутності взаємозв'язку між досліджуваними біомеханічними показниками техніки виконання спортивної ходьби і впливом їх на досягнення спортивного результату, залежно від відповідності закону нормального розподілу, застосовували коефіцієнти кореляції Спірмена та Пірсона. Оцінку узгодженості отриманих даних закону нормального розподілу здійснювали з використанням критерію згоди Шапіро-Уїлка.

Статистичну обробку здійснювали з використанням програми Statistica-10 (StatSoft, США).

Спортивний результат у спортивній ходьбі залежить від середньої швидкості переміщення, яка обумовлена довжиною і частотою кроків. По-

шук шляхів збільшення та оптимального співвідношення довжини та частоти кроків, а також їх основних складових є основою підвищення спортивних результатів та технічного вдосконалення спортсменів (рис. 2).

Як видно з рисунка 2, довжина кроків складається з довжини заднього, переднього кроку, польоту та переходу опори. Частота кроків визначається двома складовими: часом одиночної опори та польоту. Час фази одиночної опори ділиться на час амортизації та реалізації.

Слід врахувати той факт, що до техніки спортивної ходьби висуваються певні вимоги, закріплені правилами змагань, згідно з якими, у спортивній ходьбі не повинно бути видимої для людського ока фази польоту, або, іншими словами, завжди має бути контакт з опорою, а також винесена вперед (опорна) нога має бути повністю випрямлена в колінному суглобі з моменту першого контакту із землею до проходження вертикалі [9]. Тому важливими у цьому аспекті є і показники кута у колінному суглобі у момент постановки ноги на опору та у момент вертикалі.

Важливим аспектом під час оцінювання техніки спортивної ходьби є врахування антропометричних даних

спортсменів, а саме довжини та маси тіла. Одним із ключових аспектів, на наш погляд, є визначення коефіцієнта використання антропометричних даних (K_a – співвідношення довжини кроку до довжини тіла). Таким чином, зазначені кінематичні та антропометричні характеристики є системотвірними у структурі технічних дій у спортивній ходьбі.

Виявлення закономірностей досягнення високих спортивних результатів у цьому виді легкої атлетики потребує не тільки аналізу таких основних системотвірних показників техніки, як довжина та частота кроків та їхніх складових, а й більш глибокого вивчення широкого кола біомеханічних характеристик, що впливають на їх досягнення.

Тому окрім основних системотвірних кінематичних характеристик нами було проаналізовано ще ряд біомеханічних характеристик техніки спортивної ходьби у чоловіків. Значення всіх характеристик на етапах багаторічної підготовки представлено у таблиці 1.

Як видно з таблиці 1, формування основних технічних дій у спортивній ходьбі відбувається вже на етапі попередньої базової підготовки у віці 14–15 років, де спортсмени досягають значних показників довжи-

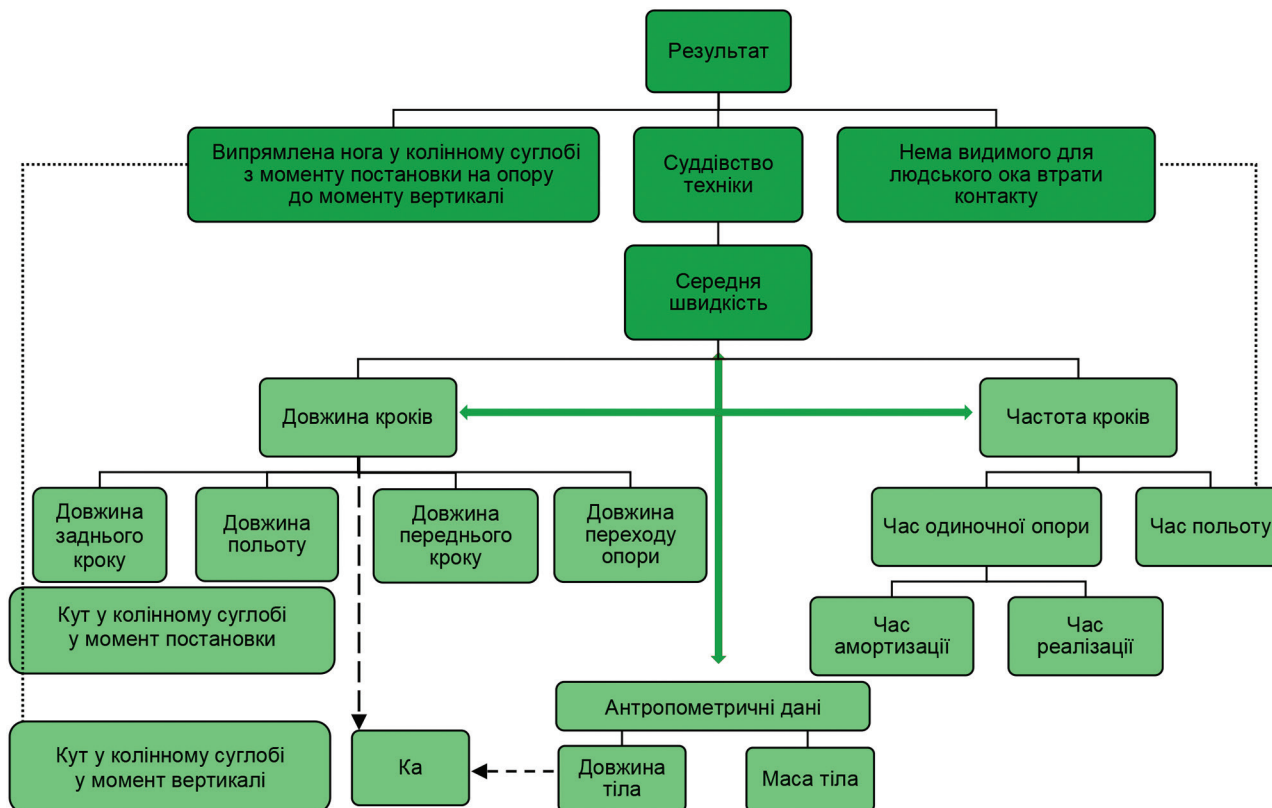


Рисунок 2 – Антропометричні та біомеханічні характеристики технічних дій, що впливають на досягнення спортивного результату у спортивній ходьбі

Таблиця 1. Антропометричні та біомеханічні характеристики техніки спортсменів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, на етапах багаторічної підготовки

Показник	Етап багаторічної підготовки, вік, дистанція, кількість досліджень								
	ПВД, МРІМ, ЗВСМ, 20 і більше років, 20 км, n = 31			Спеціалізованої базової підготовки, 16-19 років, 10 км, n = 36			Попередньої базової підготовки, 14-15 років, 3 км, n = 31		
	\bar{x}	S	V	\bar{x}	S	V	\bar{x}	S	V
Результат	1:24:53	0:02:55	3,4	0:46:42	0:02:41	5,8	00:14:45	00:00:38	4,3
Довжина тіла, м	1,78	0,05	2,6	1,75	0,07	4,1	1,69	0,08	4,7
Маса тіла, кг	65,90	6,01	9,1	62,64	8,87	14,2	54,19	7,04	13,0
Середня швидкість по дистанції, м · с ⁻¹	3,93	0,14	3,5	3,58	0,20	5,7	3,39	0,15	4,3
Довжина кроку, м	1,19	0,03	2,6	1,12	0,05	4,5	1,08	0,06	5,8
Довжина заднього кроку, м	0,42	0,02	5,7	0,41	0,04	8,8	0,38	0,03	9,1
Довжина польоту, м	0,23	0,03	11,0	0,20	0,06	30,0	0,16	0,06	37,3
Довжина переднього кроку, м	0,25	0,03	11,5	0,22	0,04	19,9	0,26	0,04	14,8
Довжина переходу опори (стопи), м	0,28	0,01	3,1	0,28	0,02	6,0	0,28	0,02	6,2
Частота кроків, крок · с⁻¹	3,32	0,08	2,6	3,20	0,15	4,7	3,13	0,12	3,8
Час одиночної опори, с	0,269	0,011	4,1	0,279	0,022	7,9	0,294	0,019	6,5
Час амортизації у фазі одиночної опори, с	0,104	0,007	6,6	0,120	0,014	11,3	0,134	0,011	8,5
Час реалізації у фазі одиночної опори, с	0,165	0,008	4,9	0,158	0,013	8,1	0,160	0,013	8,3
Час польоту, с	0,033	0,006	19,6	0,035	0,011	30,5	0,026	0,013	50,6

Продовження таблиці 1

Показник	Етап багаторічної підготовки, вік, дистанція, кількість досліджень								
	ПВД, МРІМ, ЗВСМ, 20 і більше років, 20 км, n = 31			Спеціалізованої базової підготовки, 16–19 років, 10 км, n = 36			Попередньої базової підготовки, 14–15 років, 3 км, n = 31		
	\bar{x}	S	V	\bar{x}	S	V	\bar{x}	S	V
Кут у колінному суглобі в момент постановки ноги на опору, град.	178,85	0,76	0,4	179,02	1,05	0,6	179,71	1,46	0,8
Кут у колінному суглобі в момент вертикалі, град.	181,96	2,42	1,3	182,32	1,67	0,9	182,01	1,64	0,9
Ка	0,67	0,02	3,2	0,64	0,04	5,8	0,64	0,03	4,9
Швидкість переміщення ЗЦМТ у момент постановки ноги на опору, м · с ⁻¹	4,03	0,52	12,9	3,62	0,26	7,3	3,49	0,17	5,0
Швидкість переміщення ЗЦМТ у момент відриву ноги від опори, м · с ⁻¹	4,07	0,14	3,5	3,77	0,21	5,5	3,54	0,22	6,3
Амплітуда переміщення плечового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори, м	1,08	0,07	6,7	1,04	0,06	5,6	1,00	0,06	5,8
Амплітуда переміщення кульшового суглоба махової ноги у фазі одиночної опори, м	1,00	0,07	6,5	0,94	0,04	4,7	0,96	0,06	5,9
Кут постановки ноги на опору, град.	72,01	1,44	2,0	72,31	2,86	4,0	70,44	1,74	2,5
Кут відштовхування, град.	59,71	1,75	2,9	58,28	3,44	5,9	61,27	1,62	2,6
Кутова швидкість згинання кульшового суглоба махової ноги у фазі одиночної опори, рад · с ⁻¹	4,22	0,62	14,8	3,85	0,30	7,8	3,42	0,40	11,8
Кутова швидкість розгинання колінного суглоба махової ноги у фазі одиночної опори, рад · с ⁻¹	7,24	0,92	12,7	6,67	0,33	5,0	6,32	0,47	7,5
Кутова швидкість розгинання-згинання ліктьового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори, рад · с ⁻¹	5,23	1,22	23,3	4,55	0,52	11,3	4,28	0,68	15,8
Кутова швидкість згинання плечового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори, рад · с ⁻¹	5,72	0,71	12,5	5,12	0,44	8,5	4,46	0,33	7,4
Результуюча сила реакції опори у фазі одиночної опори, Н	1592	152	9,5	1462	86	5,9	1198	117	9,7
Потужність відштовхування у фазі одиночної опори, Вт	4345	457	10,5	4014	153	3,8	3126	185	5,9
Ke	0,75	0,04	5,9	0,81	0,11	13,7	0,79	0,10	12,2

Примітки: тут і далі: ПВД – підготовки до вищих досягнень, МРІМ – максимальної реалізації індивідуальних можливостей, ЗВСМ – збереження вищої спортивної майстерності, Ка – співвідношення довжини кроку до довжини тіла, Ke – співвідношення потужності до довжини кроку, ЗЦМТ – загальний центр маси тіла

ни та частоти кроків. Зазначимо, що детальний аналіз показав, що більш кваліфіковані спортсмени досягають кращих результатів переважно за рахунок збільшення довжини кроку порівняно з менш кваліфікованими атлетами відповідно 1,13 та 1,05 м при статистично достовірних відмінностях ($p < 0,01$). Відповідні тенденції прита-

манні і спортсменам на інших етапах багаторічної підготовки [10, 28].

Розглянемо спочатку взаємозв'язок характеристик довжини та частоти кроків, а також їхніх основних складових у провідних спортсменів України на дистанції 20 км наприкінці першої та у другій стадії багаторічної підготовки та їх зв'язок зі спортивним

результатом. Оскільки у чоловіків значення спортивного результату та таких показників техніки, як довжина тіла, довжина польоту, частота кроків, час реалізації у фазі одиночної опори, кут у колінному суглобі в момент постановки ноги на опору не відповідали закону нормального розподілу, розглянемо їх взаємозв'язок з інши-

ми системотвірними характеристиками за допомогою визначення коефіцієнта кореляції Спірмена (табл. 2), а зв'язок інших характеристик, застосувавши коефіцієнт Пірсона (табл. 3).

Як видно з таблиці 2, очікувано високий кореляційний зв'язок спортивного результату у чоловіків з показником частоти ($r = -0,70$) та довжини кроків ($r = -0,61$). Високий взаємозв'язок спортивного результату з коефіцієнтом використання антропометричних даних ($r = -0,75$).

Статистично значущий взаємозв'язок спортивного результату з основною складовою показника частоти кроків, а саме часом фази одиночної опори ($r = 0,63$) та її структурних характеристик часом амортизації ($r = 0,41$) і реалізації ($r = 0,48$). Цілком логічним є і високий взаємозв'язок цих показників із частотою кроків: час одиночної опори ($r = -0,82$), час

амортизації ($r = -0,55$) та реалізації ($r = -0,63$).

Також встановлено взаємозв'язок спортивного результату з показником довжини польоту ($r = -0,55$), що є структурним елементом довжини кроку. Слід зазначити, що порівняльний аналіз підтвердив статистичну достовірність покращення даного показника у чоловіків вищої кваліфікації (рівня майстра спорту України міжнародного класу) порівняно рівнем майстра спорту України при збільшенні довжини кроку ($p < 0,05$). Однак не встановлено статистично значущого зв'язку довжини кроку та довжини польоту, при цьому, як видно з таблиці 3, довжина кроку корелює з довжиною заднього ($r = 0,52$) та переднього ($r = 0,48$) кроку. Тому збільшення показника довжини польоту для більшості висококваліфікованих спортсменів в умовах обмеженої правилами змагань його тривалості не може

у подальшому розглядатись як перспективний напрям. Однак в індивідуальному плані для спортсменів високої кваліфікації, а також для спортсменів у першій стадії багаторічної підготовки довжина польоту може слугувати певним резервом покращення спортивного результату за умови досконалої темпо-ритмової та кінематичної організації рухів, що дозволять уникнути значних вертикальних коливань загального центру маси тіла в умовах обмеженої тривалості до 0,04 с. З іншого боку, враховуючи можливість введення сучасних технологій в оцінювання техніки спортивної ходьби, що активно розробляються науковцями протягом останніх десятиліть [16, 30], цей напрям потребує окремих досліджень та не буде нами розглядатись як основоположний у подальшій роботі.

Враховавши основи взаємозв'язку між спортивним результатом, довжи-

Таблиця 2. Кореляційна матриця взаємозв'язку спортивного результату у спортивній ходьбі на 20 км та антропометричних і системотвірних біомеханічних характеристик техніки у чоловіків, $n = 31$

Об'єкт кореляційного аналізу	Результат	Довжина тіла, м	Довжина польоту, м	Частота кроків, крок · с ⁻¹	Час реалізації у фазі одиночної опори, с	Кут у колінному суглобі в момент постановки ноги на опору, град.
Довжина тіла, м	0,19	1,00				
Маса тіла, кг	-0,19	0,52	-0,15	-0,02	0,20	0,22
Довжина кроку, м	-0,61	0,24	0,17	0,05	0,07	0,16
Довжина заднього кроку, м	-0,15	0,35	-0,12	-0,05	0,16	0,32
Довжина польоту, м	-0,55	-0,36	1,00			
Довжина переднього кроку, м	-0,23	0,16	-0,36	-0,25	0,34	-0,21
Довжина переходу опори (стопи), м	0,22	0,78	-0,28	-0,29	0,45	-0,15
Частота кроків, крок · с ⁻¹	-0,70	-0,40	0,58	1,00		
Час одиночної опори, с	0,63	0,51	-0,59	-0,82	0,75	-0,38
Час амортизації у фазі одиночної опори, с	0,41	0,37	-0,31	-0,55	0,18	-0,49
Час реалізації у фазі одиночної опори, с	0,48	0,43	-0,57	-0,63	1,00	
Час польоту, с	-0,09	-0,29	0,34	0,17	-0,48	0,28
Кут у колінному суглобі в момент постановки ноги на опору, град.	-0,20	-0,06	0,18	0,29	-0,05	1,00
Кут у колінному суглобі в момент вертикалі, град.	-0,48	-0,01	0,38	0,25	-0,21	0,39
Ка	-0,75	-0,47	0,46	0,36	-0,35	0,13

Примітка. Жирним шрифтом виділено коефіцієнт кореляції Спірмена, статистично значущий на рівні $p < 0,05$

Таблиця 3. Кореляційна матриця взаємозв'язку спортивного результату у спортивній ходьбі на 20 км та антропометричних і системотвірних біомеханічних характеристик техніки у чоловіків, $n = 31$

Об'єкт кореляційного аналізу	Маса тіла, кг	Довжина кроку, м	Довжина заднього кроку, м	Довжина переднього кроку, м	Довжина переходу опори (стопи), м	Час одиночної опори, с	Час амортизації у фазі одиночної опори, с	Час польоту, с	Кут у колінному суглобі в момент вертикалі, град.	Ke
Маса тіла, кг	1,00									
Довжина кроку, м	0,41	1,00								
Довжина заднього кроку, м	0,16	0,52	1,00							
Довжина переднього кроку, м	0,37	0,48	-0,08	1,00						
Довжина переходу опори (стопи), м	0,40	0,03	-0,08	0,09	1,00					
Час одиночної опори, с	0,27	-0,04	-0,07	0,46	0,54	1,00				
Час амортизації у фазі одиночної опори, с	0,14	-0,21	-0,41	0,35	0,35	0,69	1,00			
Час польоту, с	-0,25	0,19	0,39	-0,48	-0,46	-0,70	-0,63	1,00		
Кут у колінному суглобі в момент вертикалі, град.	0,34	0,59	0,26	0,08	-0,02	-0,33	-0,35	0,35	1,00	
Ke	-0,15	0,64	0,21	0,22	-0,57	-0,49	-0,49	0,46	0,49	1,00

Примітка. Жирним шрифтом виділено коефіцієнт кореляції Пірсона, статистично значущий на рівні $p < 0,05$

ною і частотою кроків і їхніми складовими, розглянемо їх зв'язок з іншими біомеханічними характеристиками (табл. 4, 5).

Як видно з таблиці 4, у чоловіків високий статистично значущий взаємозв'язок спортивного результату спостерігається з такими показниками: швидкість переміщення ЗЦМТ у момент постановки ноги на опору ($r = -0,69$) та у момент відриву ноги від опори ($r = -0,92$), амплітуда переміщення плечового суглоба (однойменної кінцівки) ($r = -0,78$) та кульшового суглоба махової ноги ($r = -0,80$) у фазі одиночної опори, кут відштовхування ($r = 0,63$), кутова швидкість згинання кульшового суглоба ($r = -0,53$) та розгинання колінного суглоба ($r = -0,59$) махової ноги у фазі одиночної опори, результуюча сила реакції опори ($r = -0,58$) та потужність відштовхування ($r = -0,78$) у фазі одиночної опори. Зазначимо, що практично всі ці показники мають високий взаємозв'язок з довжиною та частотою кроків.

Статистично значущий взаємозв'язок спортивного результату встановлено з Ke ($r = -0,39$), кутом поста-

новки ноги на опору ($r = 0,37$) та кутовою швидкістю згинання плечового суглоба (однойменної кінцівки) ($r = -0,36$) у фазі одиночної опори.

У результаті кореляційного аналізу вдалося визначити інформативні біомеханічні характеристики техніки, які впливають на досягнення спортивного результату у спортивній ходьбі на етапах багаторічної підготовки (табл. 6).

Важливо зазначити, що не виявлено статистично значущого взаємозв'язку спортивного результату з довжиною та масою тіла. Однак ці показники корелюють з іншими системотвірними біомеханічними характеристиками техніки, які мають статистично значущий взаємозв'язок зі спортивним результатом. Також не виявлено суттєвого зв'язку Ke, проте він є дієвим, з одного боку, під час оцінювання економічності спортивної ходьби (як видно з таблиці 1, його значення знижується зі зростанням майстерності атлета), з іншого – вказує на потенціал спортсмена в реалізації його фізичних можливостей. Тому у подальшому під час аналізу

техніки спортсменів усі ці показники потрібно також враховувати.

З огляду на сказане, основні елементи технічних дій та алгоритм їх удосконалення у легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, шляхом аналізу біомеханічних характеристик, що впливають на досягнення спортивного результату, можна представити так (рис. 3):

Дискусія. Проведені дослідження ґрунтувались на фундаментальних основах теорії спорту [6, 8], де технічна підготовка у спортивній ходьбі повинна розглядатися як цілісна система в аспекті багаторічної підготовки, а на кожному етапі вирішуватися відповідні завдання. Специфічність реалізованих у практиці завдань зумовлює спрямованість підготовки спортсмена як у плані багаторічного тренування, так і на конкретних її етапах окремо. Ступінь ефективності їх реалізації знаходить своє відображення в необхідності досягнення спортсменом адекватних віку «цільових завдань» підготовки, виражених величиною прогнозованого результату і відповідних модельних характеристик технічної підготовленості [1, 3, 5, 26].

Таблиця 4. Кореляційна матриця взаємозв'язку спортивного результату, антропометричних і кінематичних системотвірних показників з біомеханічними характеристиками техніки у спортивній ходьбі на 20 км у чоловіків, $n = 31$

Об'єкт кореляційного аналізу	Результат	Довжина тіла, м	Довжина польоту, м	Частота кроків, крок · с ⁻¹	Час реалізації у фазі одиночної опори, с	Кут у колінному суглобі в момент постановки ноги на опору, град.
Швидкість переміщення ЗЦМТ у момент постановки ноги на опору, м · с ⁻¹	-0,69	-0,04	0,37	0,44	-0,26	0,29
Швидкість переміщення ЗЦМТ у момент відриву ноги від опори, м · с ⁻¹	-0,92	-0,25	0,49	0,65	-0,35	0,33
Амплітуда переміщення плечового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори, м	-0,78	-0,03	0,18	0,35	-0,09	0,02
Амплітуда переміщення кульшового суглоба махової ноги у фазі одиночної опори, м	-0,80	-0,04	0,25	0,33	-0,13	0,03
Кут постановки ноги на опору, град.	0,37	-0,12	0,09	-0,03	-0,13	0,10
Кут відштовхування, град.	0,63	0,19	-0,15	-0,26	0,05	-0,28
Кутова швидкість згинання кульшового суглоба махової ноги у фазі одиночної опори, рад · с ⁻¹	-0,53	-0,24	0,25	0,55	-0,27	0,37
Кутова швидкість розгинання колінного суглоба махової ноги у фазі одиночної опори, рад · с ⁻¹	-0,59	-0,37	0,41	0,49	-0,22	0,17
Кутова швидкість розгинання-згинання ліктьового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори, рад · с ⁻¹	-0,34	-0,16	0,07	0,31	-0,18	0,43
Кутова швидкість згинання плечового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори, рад · с ⁻¹	-0,36	-0,03	-0,09	0,10	0,00	0,26
Результуюча сила реакції опори у фазі одиночної опори, Н	-0,58	-0,12	0,12	0,41	-0,14	0,48
Потужність відштовхування у фазі одиночної опори, Вт	-0,78	0,10	0,34	0,50	-0,17	0,35
Ke	-0,39	-0,05	0,45	0,30	-0,18	-0,15

Примітка. Жирним шрифтом виділено коефіцієнт кореляції Спірмена, статистично значущий на рівні $p < 0,05$

Таблиця 5. Кореляційна матриця взаємозв'язку спортивного результату, антропометричних і кінематичних системотвірних показників з біомеханічними характеристиками техніки у спортивній ходьбі на 20 км у чоловіків, $n = 31$

Об'єкт кореляційного аналізу	Маса тіла, кг	Довжина на кроку, м	Довжина заднього кроку, м	Довжина на переднього кроку, м	Довжина переходу опори (стопа), м	Час одиночної опори, с	Час амортизації у фазі одиночної опори, с	Час польоту, с	Кут у колінному суглобі в момент вертикалі, град.	Ka
Швидкість переміщення ЗЦМТ у момент відриву ноги від опори, м · с ⁻¹	0,11	0,54	0,22	0,14	-0,25	-0,58	-0,52	0,17	0,53	0,64
Амплітуда переміщення плечового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори, м	0,40	0,65	0,02	0,58	-0,01	-0,10	-0,03	-0,19	0,36	0,51
Амплітуда переміщення кульшового суглоба махової ноги у фазі одиночної опори, м	0,31	0,67	0,07	0,57	-0,11	-0,16	-0,06	-0,15	0,32	0,60

Продовження таблиці 5

Об'єкт кореляційного аналізу	Маса тіла, кг	Довжина кроку, м	Довжина заднього кроку, м	Довжина переднього кроку, м	Довжина переходу опори (стопи), м	Час одиначної опори, с	Час амортизації у фазі одиначної опори, с	Час польоту, с	Кут у колінному суглобі в момент вертикалі, град.	Ка
Кут постановки ноги на опору, град.	-0,26	-0,58	-0,16	-0,46	-0,07	0,08	0,23	-0,07	-0,31	-0,44
Кут відштовхування, град.	-0,37	-0,71	-0,35	-0,45	0,18	0,23	0,45	-0,17	-0,65	-0,68
Кутова швидкість згинання кульшового суглоба махової ноги у фазі одиначної опори, рад · с ⁻¹	0,02	0,35	0,21	-0,09	-0,22	-0,62	-0,66	0,41	0,31	0,50
Кутова швидкість розгинання колінного суглоба махової ноги у фазі одиначної опори, рад · с ⁻¹	0,10	0,31	-0,14	0,22	-0,19	-0,36	-0,23	0,03	0,48	0,51
Кутова швидкість розгинання-згинання ліктьового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиначної опори, рад · с ⁻¹	-0,14	0,22	0,30	-0,09	-0,05	-0,35	-0,42	0,31	0,28	0,27
Кутова швидкість згинання плечового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиначної опори, рад · с ⁻¹	0,22	0,45	0,26	0,43	-0,07	-0,06	-0,11	-0,01	0,06	0,33
Потужність відштовхування у фазі одиначної опори, Вт	0,63	0,72	0,31	0,28	0,04	-0,27	-0,22	0,01	0,52	0,41
Ke	-0,40	0,16	0,03	0,01	-0,16	-0,15	0,01	-0,17	-0,10	0,27

Примітка. Жирним шрифтом виділено коефіцієнт кореляції Пірсона, статистично значущий на рівні $p < 0,05$

Таблиця 6. Інформативні біомеханічні характеристики техніки у спортивній ходьбі у чоловіків та їх взаємозв'язок зі спортивним результатом у системі багаторічного удосконалення

Показник	Етап багаторічної підготовки, вік, дистанція, кількість досліджень		
	ПВД, МРІМ, ЗВСМ, 20 і більше років, 20 км, n = 31	Спеціалізованої базової підготовки, 16-19 років, 10 км, n = 36	Попередньої базової підготовки, 14-15 років, 3 км, n = 31
Довжина тіла, м	0,19	0,07	-0,17
Маса тіла, кг	-0,19	0,06	-0,24
Довжина кроку, м	-0,61	-0,64	-0,76
Довжина заднього кроку, м	-0,15	0,15	-0,45
Довжина польоту, м	-0,55	-0,74	-0,68
Довжина переднього кроку, м	-0,23	0,20	-0,02
Довжина переходу опори (стопи), м	0,22	-0,11	0,05
Частота кроків, крок · с⁻¹	-0,70	-0,63	0,01
Час одиначної опори, с	0,63	0,75	0,39
Час амортизації у фазі одиначної опори, с	0,41	0,61	0,48
Час реалізації у фазі одиначної опори, с	0,48	0,64	0,05
Час польоту, с	-0,09	-0,79	-0,55
Кут в колінному суглобі в момент постановки ноги на опору, град.	-0,20	-0,36	0,13

Показник	Етап багаторічної підготовки, вік, дистанція, кількість досліджень		
	ПВД, МРІМ, ЗВСМ, 20 і більше років, 20 км, n = 31	Спеціалізованої базової підготовки, 16–19 років, 10 км, n = 36	Попередньої базової підготовки, 14–15 років, 3 км, n = 31
Кут в колінному суглобі в момент вертикалі, град.	-0,48	-0,48	-0,21
Ка	-0,75	-0,51	-0,72
Швидкість переміщення ЗЦМТ у момент постановки ноги на опору, м · с ⁻¹	-0,69	-0,92	-0,94
Швидкість переміщення ЗЦМТ у момент відриву ноги від опори, м · с ⁻¹	-0,92	-0,95	-0,95
Амплітуда переміщення плечового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори, м	-0,78	-0,59	-0,70
Амплітуда переміщення кульшового суглоба махової ноги у фазі одиночної опори, м	-0,80	-0,55	-0,68
Кут постановки ноги на опору, град.	0,37	-0,24	0,22
Кут відштовхування, град.	0,63	0,19	0,17
Кутова швидкість згинання кульшового суглоба махової ноги у фазі одиночної опори, рад · с ⁻¹	-0,53	-0,80	-0,73
Кутова швидкість розгинання колінного суглоба махової ноги у фазі одиночної опори, рад · с ⁻¹	-0,59	-0,88	-0,84
Кутова швидкість розгинання–згинання ліктьового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори, рад · с ⁻¹	-0,34	-0,21	-0,32
Кутова швидкість згинання плечового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори, рад · с ⁻¹	-0,36	-0,33	-0,39
Результуюча сила реакції опори у фазі одиночної опори, Н	-0,58	-0,83	-0,89
Потужність відштовхування у фазі одиночної опори, Вт	-0,78	-0,92	-0,95
Ке	-0,39	0,29	0,35

Примітка. Жирним шрифтом виділено коефіцієнт кореляції, статистично значущий на рівні $p < 0,05$

У спортивній ходьбі дослідження в цьому напрямі [4, 20–24, 27] мали лише фрагментарний характер, і стосувалися переважно вирішення окремих специфічних завдань у межах удосконалення проблеми технічної підготовки певного контингенту спортсменів залежно від віку чи етапу багаторічної підготовки, статі, індивідуальних особливостей чи вирішення ефективності техніки виконання спортивної ходьби в цілому тощо. В науковій літературі відсутні дослідження техніки спортсменів на етапі попередньої базової підготовки, який має важливе значення, як показали наші дослідження, для закладання основи техніки спортивної ходьби. Відсутні комплексні дослідження, які спри-

яли б вирішенню проблеми технічної підготовки в аспекті багаторічної підготовки в цілому.

Проведені нами дослідження розширюють дані учених [19–25] про інформативні біомеханічні характеристики техніки спортсменів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, і мають більш комплексний характер в аспекті системи багаторічного удосконалення та є основою для розробки відповідної методології технічної підготовки.

Висновки. У ході аналізу техніки легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі, проаналізовано величини 26 біомеханічних характеристик у першій та другій стадіях багаторічної підготовки. Кореляційний аналіз дозволив виявити 14 інформатив-

них біомеханічних характеристик, що впливають на підвищення спортивного результату у системі багаторічного удосконалення.

Досягнення високих спортивних результатів у спортивній ходьбі залежить від таких біомеханічних характеристик технічних дій спортсменів: довжина кроку ($r = -0,61$), частота кроків ($r = -0,70$), час одиночної опори ($r = 0,63$), коефіцієнт використання антропометричних даних ($r = -0,75$), швидкість переміщення ЗЦМТ у момент постановки ноги на опору ($r = -0,69$) та у момент відриву ноги від опори ($r = -0,92$), амплітуда переміщення плечового суглоба (однойменної кінцівки) та кульшового суглоба махової ноги у фазі оди-

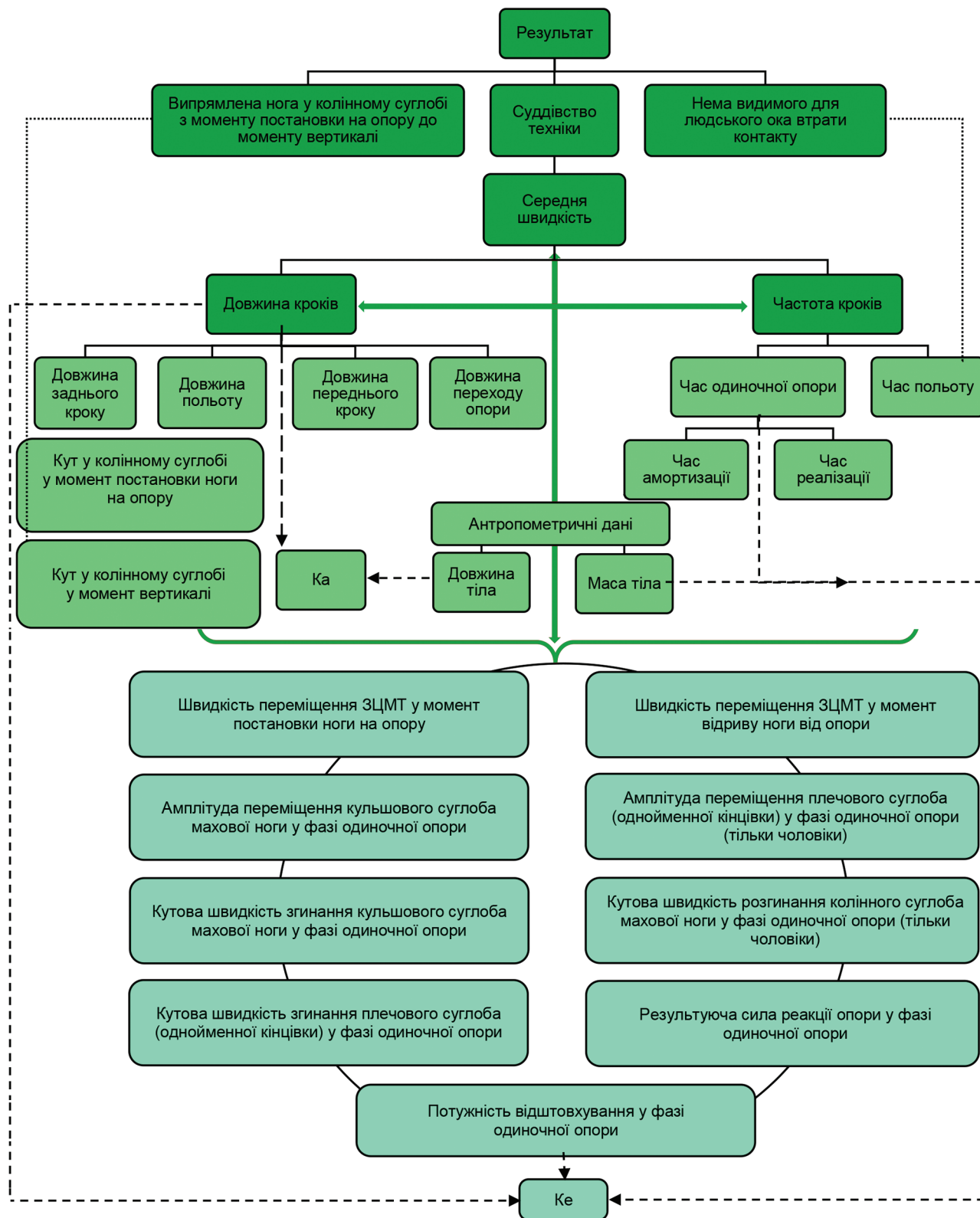


Рисунок 3 – Алгоритм удосконалення основних елементів технічних дій легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі:

■ – інформативні біомеханічні характеристики, що впливають на досягнення спортивного результату

ночної опори (відповідно $r = -0,78$ та $r = -0,80$), кутова швидкість згинання кульшового суглоба махової ноги (у фазі одиночної опори ($r = -0,53$), розгинання колінного су-

глоба махової ноги ($r = -0,59$) та згинання плечового суглоба (однойменної кінцівки) у фазі одиночної опори ($r = -0,36$), результуюча сила ре-

акції опори ($r = -0,58$) та потужність відштовхування ($r = -0,78$) у фазі одиночної опори, співвідношення потужності до довжини кроку ($r = -0,39$).

Перспективи подальших досліджень передбачають розробку методології технічної підготовки у системі багаторічного удосконалення у спортивній ходьбі на основі розробки багатофункціональних біомеханічних моделей техніки з урахуванням інформативних біомеханічних характеристик технічних дій спортсменів, представлених у даній статті.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють, що відсутній будь-який конфлікт інтересів.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобровник ВИ. Совершенствование технического мастерства спортсменов высокой квалификации в легкоатлетических соревновательных прыжках: монография. Киев: Науковий світ; 2005. 322 с.
2. Бобровник В, Сovenko С. Ретроспективний аналіз технічної підготовки в процесі багаторічного удосконалення (на прикладі спортивної ходьби). Теорія і методика фіз. виховання і спорту. 2022;1:9–17. DOI: 10.32652/tmfvs.2022.1.9–17.
3. Гамалій В. Біомеханічні аспекти раціоналізації процесу навчання рухів у процесі технічної підготовки спортсменів. Теорія і методика фіз. виховання і спорту. 2020;2:36–41. DOI: <https://doi.org/10.32652/tmfvs.2020.2.36-41>.
4. Королев ГИ. Управление системой подготовки в спортивной ходьбе. Москва: Мир атлетов; 2005. 192 с.
5. Лапутін АМ, Гамалій ВВ, Архипов ОА та ін. Біомеханіка спорту: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів з фіз. виховання і спорту. Київ: Олімпійська л-ра; 2005. 320 с.
6. Матвеев ЛП. Теория и методика физической культуры (Общие основы теории и методики физического воспитания; теоретико-методические аспекты спорта и профессионально-прикладных форм физической культуры). Москва: Физкультура и спорт; 1991. 544 с.
7. Островський МВ. Відеокон'ютерний аналіз рухів як засіб контролю за встановленням технічної майстерності атлета. Теорія і методика фіз. виховання і спорту. 2003;1:130–133.
8. Платонов ВН. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения: учебник [для тренеров]: в 2 кн. Киев: Олимпийская лит.; 2015. Кн. 1. 680 с; Кн. 2. 752 с.
9. Правила змагань 2020–2022. 180 с. Доступно: https://statistics.uaf.org.ua/books/iaaf_rules_2020-2022ua.html
10. Сovenko С. Техничко-тактические особенности преодоления дистанции в спортивной ходьбе. Наука в олимпийском спорте. 2020;1:81–90.
11. Сovenko СП, Андрущенко ЮМ, Соломін АВ, Виноградов ВЕ. Спортивна ходьба: навчальний посібник. Київ: ТОВ «НВФ «Славутич-Дельфін»»; 2018. 144 с.
12. Тюпа ВВ, Аракелян ЕЕ, Примаков ЮН. Биомеханические основы техники спортивной ходьбы и бега. Москва: Олимпия; 2009. 64 с.

13. Фруктов АЛ, Травин ЮГ. Основы техники ходьбы. Спортивная ходьба. В: Озолин НГ, Воронкин ВИ, Примаков ЮН, редакторы. Легкая атлетика: учебник для институтов физ. культуры. Москва: Физкультура и спорт; 1989. с. 37–41, 312–334.

14. Bauersfeld KH, Schroter G. Grundlagen der Leichtathletik: Das Standardwerk für Ausbildung und Praxis. Meyer&Meyer Fachverlag; 2015. 712 s.

15. Brođani J, Šelinger P, Vavak M. Athletic walking in terms of kinematic parameters of walking step. World race walking research: Monograph. Martin Pupiš et al. 2011. p. 162–170.

16. Caporaso T, Grazioso S. IART: Inertial Assistant Referee and Trainer for Race Walking. Sensors. 2020;20(3):30. DOI: 10.3390/s20030783

17. Damilano S. Wang Zhen and Zhang Lin season 2015 – Training [Internet]. 2015. Available from: http://www.marciadalmondo.com/admin/pdf/allenamenti/27112015695Wang_Zhen-Zhang_Lin_Season_2015.pdf

18. Drake A. The training methods of Olympic Champion Ivano Brugnetti and Italian race walkers [Internet]. The Coach. 2005. Available from: <http://www.surreywalkingclub.org.uk>

19. Hanley BS. Biomechanical analysis of elite race walking [dissertation]. Leeds Metropolitan University; 2014. 303 p.

20. Hanley B, Bissas A. Ground reaction forces of Olympic and World Championship race walkers. Eur. J. Sport Sci. 2016;16:50–56.

21. Hanley B, Drake A, Bissas A. The biomechanics of elite race walking: technique analysis and the effects of fatigue. New studies in athletics. 2008;4:17–25.

22. Hanley B, Bissas A, Drake A. Technical characteristics of elite junior men and women race walkers. The Journal of sports medicine and physical fitness. 2014;54(6):700–707.

23. Hoga-Miura K, Michiyoshi AE, Fujii N, Yokozawa T. Kinetic analysis of the function of the upper body for elite race walkers during official men 20 km walking race. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2016;56(10):1147–1155.

24. Hoga-Miura K, Hirokawa R, Sugita M. Reconstruction of Walking Motion without Flight Phase by Using Computer Simulation on the World Elite 20 km Race Walkers During Official Races. Slovak Journal of Sport Science. 2017;2(1):59–75.

25. Hoga-Miura K, Hirokawa R, Sugita M. A three-dimensional kinematic analysis of walking speed on world elite women's 20-km walking races using an inverted pendulum model. Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche. 2020;179(1–2):29–38. DOI: 10.23736/S0393-3660.18.04009-3

26. McGinnis Peter M. (ed.) Biomechanics of Sport and Exercise / Peter M. McGinnis (ed.). 3rd edition. Champaign: Human Kinetics; 2013. 460 p.

27. Pavei G, Cazzola D, La Torre A, Minetti AE. Race Walking Ground Reaction Forces at Increasing Speeds: A Comparison with Walking and Running. Symmetry-Basel. 2019;11(7):11 p. DOI: 10.3390/sym11070873

28. Sovenko S. Technique characteristics of skilled junior 10 km race walkers. New studies in athletics. 2017;3:4:79–84.

29. Sovenko S. Technique characteristics of 13–15-year-old female athletes specializing in race walking at the stage of preliminary basic preparation. Journal of Physical Education and Sport. 2022;22(1):85–90. DOI: 10.7752/jpes.2022.01010

30. Taborri J, Palermo E, Rossi S. Automatic Detection of Faults in Race Walking: A Comparative Analysis of Machine-Learning Algorithms Fed with

Inertial Sensor Data. Sensors. 2019;19(6):19 p. DOI: 10.3390/s19061461

LITERATURE

1. Bobrovnik VI. Improving the technical skills in elite athletes competing in athletic jump events: monograph. Kyiv: Naukovyi svit; 2005. 322 p.

2. Bobrovnik V, Sovenko S. Retrospective analysis of technical training in the process of long-term improvement (by the case of race walking). Theory and methods of physical education and sports. 2022;1:9–17. DOI: 10.32652/tmfvs.2022.1.9–17.

3. Gamaliy V. Biomechanical aspects of rationalization of the movement learning process during technical training of athletes. Theory and methods of physical education and sports. 2020;2:36–41. DOI: 10.32652/tmfvs.2020.2.36-41.

4. Korolev GI. Management of the training system in sports. As exemplified by race walking. Moskva: Mir atletov; 2005. 192 p.

5. Laputin AM, Gamalii VV, Arkhipov OA et al. Biomechanics of sport: textbook for students of higher educational institutions in physical education and sports. Kyiv: Olympic literature; 2005. 320 p.

6. Matveev LP. Theory and methodology of physical culture (General foundations of the theory and methodology of physical education; theoretical and methodological aspects of sports and occupational forms of physical culture). Moskva: Fizkultura i sport; 1991. 544 p.

7. Ostrovskiy MV. Computer video analysis of movements as a means of monitoring the development of the athlete's technical mastery. Theory and methods of physical education and sports. 2003;1:130–133.

8. Platonov VN. System of athletes' preparation in Olympic sport. General theory and practical applications: textbook [for trainers]: in 2 vols. Kyiv: Olympic literature; 2015. Vol. 1. 680 p.; Vol. 2. 752 p.

9. The rules of competitions 2020–2022. 180 p. Retrieved from: https://statistics.uaf.org.ua/books/iaaf_rules_2020-2022ua.html

10. Sovenko S. Technico-tactical peculiarities of distance covering in race walking. Science in Olympic sport. 2020;1:81–90.

11. Sovenko SP, Andrushchenko YuM, Solomin AV, Vynogradov VYe. Race walking: study guide. Kyiv: TOV «NVF «Slavutych-Delfin»»; 2018. 144 p.

12. Tyupa VV, Arakelyan EE, Primakov YuN. Biomechanical fundamentals of race walking and running techniques. Moskva: Olimpiya; 2009. 64 p.

13. FruktoV AL, Travin YuG. Fundamentals of race walking technique. Race walking. In: Ozoлин NG, Voronkin VI, Primakov YuN, editors. Track and field athletics: textbook for physical culture institutes. Moskva: Physical culture and sports; 1989. p. 37–41, 312–334.

14. Bauersfeld KH, Schroter G. Grundlagen der Leichtathletik: Das Standardwerk für Ausbildung und Praxis. Meyer&Meyer Fachverlag; 2015. 712 s.

15. Brođani J, Šelinger P, Vavak M. Athletic walking in terms of kinematic parameters of walking step. World race walking research: Monograph. Martin Pupiš et al. 2011. p. 162–170.

16. Caporaso T, Grazioso S. IART: Inertial Assistant Referee and Trainer for Race Walking. Sensors. 2020;20(3):30. DOI: 10.3390/s20030783

17. Damilano S. Wang Zhen and Zhang Lin season 2015 – Training [Internet]. 2015. Available

from: http://www.marciadalmondo.com/admin/pdf/allenamenti/27112015695Wang_Zhen-Zhang_Lin_Season_2015.pdf

18. Drake A. The training methods of Olympic Champion Ivano Brugnetti and Italian race walkers [Internet]. The Coach. 2005. Available from: <http://www.surreywalkingclub.org.uk>

19. Hanley BS. Biomechanical analysis of elite race walking [dissertation]. Leeds Metropolitan University; 2014. 303 p.

20. Hanley B, Bissas A. Ground reaction forces of Olympic and World Championship race walkers. *Eur. J. Sport Sci.* 2016;16:50–56.

21. Hanley B, Drake A, Bissas A. The biomechanics of elite race walking: technique analysis and the effects of fatigue. *New studies in athletics.* 2008;4:17–25.

22. Hanley B, Bissas A, Drake A. Technical characteristics of elite junior men and women race walkers. *The Journal of sports medicine and physical fitness.* 2014;54(6):700–707.

23. Hoga-Miura K, Michiyoshi AE, Fujii N, Yokozawa T. Kinetic analysis of the function of the upper body for elite race walkers during official men 20 km walking race. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.* 2016;56(10):1147–1155.

24. Hoga-Miura K, Hirokawa R, Sugita M. Reconstruction of Walking Motion without Flight Phase by Using Computer Simulation on the World Elite 20 km Race Walkers During Official Races. *Slovak Journal of Sport Science.* 2017; 2(1):59–75.

25. Hoga-Miura K, Hirokawa R, Sugita M. A three-dimensional kinematic analysis of walking speed on world elite women's 20-km walking races using an inverted pendulum model. *Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche.* 2020;179(1–2):29–38. DOI: 10.23736/S0393-3660.18.04009-3

26. McGinnis Peter M. (ed.) *Biomechanics of Sport and Exercise* / Peter M. McGinnis (ed.). 3rd edition. Champaign: Human Kinetics; 2013. 460 p.

27. Pavei G, Cazzola D, La Torre A, Minetti AE. Race Walking Ground Reaction Forces at Increasing Speeds: A Comparison with Walking and Running. *Symmetry-Basel.* 2019;11(7):11 p. DOI: 10.3390/sym11070873

28. Sovenko S. Technique characteristics of skilled junior 10 km race walkers. *New studies in athletics.* 2017;3;4:79–84.

29. Sovenko S. Technique characteristics of 13–15-year-old female athletes specializing in race walking at the stage of preliminary basic preparation. *Journal of Physical Education and Sport.* 2022;22(1):85–90. DOI: 10.7752/jpes.2022.01010

30. Taborri J, Palermo E, Rossi S. Automatic Detection of Faults in Race Walking: A Comparative Analysis of Machine-Learning Algorithms Fed with Inertial Sensor Data. *Sensors.* 2019;19(6):19 p. DOI: 10.3390/s19061461

Надійшла 06.02.2023

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Бобровник Володимир Ілліч <https://orcid.org/0000-0003-1254-4905>, E-mail: bobrovnik2@ukr.net

Совенко Сергій Петрович <https://orcid.org/0000-0001-9996-4712>, E-mail: sovenkos@ukr.net

Національний університет фізичного виховання і спорту України,
вул. Фізкультури 1, м. Київ, 03150, Україна

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Bobrovnyk Volodymyr <https://orcid.org/0000-0003-1254-4905>, E-mail: bobrovnik2@ukr.net

Sovenko Serhii <https://orcid.org/0000-0001-9996-4712>, E-mail: sovenkos@ukr.net

National University of Ukraine on Physical Education and Sport
Fizkul'tury str. 1, Kyiv, 03150, Ukraine