

Біомеханічний аналіз рухових дій спортсменів, які займаються шорт-треком під час проходження фази повороту

Володимир Ашанін
Наталія Долгополова
Марія Долгополова
Людмила Філенко
Владлена Пасько

Харківська державна академія фізичної культури,
Харків, Україна

Мета: розробка моделі для теоретичного аналізу і оцінки оптимальних біомеханічних характеристик проходження фази повороту спортсменів шорт-треку з використанням існуючих біомеханічних ергогенних засобів та інформаційних технологій в тренувальному процесі.

Матеріал і методи: теоретичний аналіз науково-методичної літератури, аналіз Інтернет-ресурсів, педагогічне спостереження, відеозйомка, біомеханічний аналіз рухових характеристик. Тестову групу склали 10 юних спортсменів з шорт-треку 9-12 років та 5 спортсменів з шорт-треку віком 18-24 років, які займаються в МСДЮСШ олімпійського резерву м. Харкова з шорт-треку та мають не менше трьох тренувань на тиждень (від 1 року, для юних спортсменів) та регулярні заняття п'ять разів на тиждень (протягом 6-10 років, для дорослих спортсменів).

Результати: в роботі теоретично проаналізовано характеристики техніки проходження фази повороту шорт-трековиків засобами біомеханічного аналізу. Розрахунковим шляхом визначено теоретичні залежності показників проходження фази повороту: швидкість, кут нахилу корпусу спортсмена в повороті, положення загального центру мас тіла та їх взаємозв'язок. Виділено основні помилки техніки виконання рухових дій спортсменів початківців у фазі повороту.

Висновки: дані теоретичні дослідження підтверджують доцільність використання спеціальних засобів для створення умов, які моделюють в просторі реальну ситуацію проходження спортсменом шорт-треку повороту на одному ковзані, а тренеру дозволять контролювати всі характеристики правильного виконання рухів юних спортсменів-початківців з точки зору біомеханіки. Обґрунтовано використання спеціальних пружних стрічок, як ергогенних засобів для вдосконалення рухових дій спортсменів з шорт-треку. Вказано напрямки покращення біомеханічних показників, які спортсмен здатний реалізувати на практиці.

Ключові слова: біомеханіка, шорт-трек, фаза повороту, технічна підготовка спортсменів, аналіз рухових дій.

Вступ

Серед зимових олімпійських видів спорту шорт-трек має особливу популярність та є перспективною дисципліною для України. На жаль, сьогодні зарубіжні школи шорт-треку складають велику конкуренцію українським спортсменам. Це спонукає до пошуку засобів підвищення ефективності формування спортивно-технічної майстерності наших спортсменів.

Оціночні дослідження спортивних результатів у шорт-треці (Кашуба В. та Литвиненко Ю. (2008) [5], Кугаєвський С. та Блещунова К. (2010) [4]) вказують на те, що підвищення ефективності підготовки спортсменів за рахунок збільшення обсягу та інтенсивності навчально-тренувального навантаження не гарантує кардинального поліпшення їх змагальних результатів. Крім того, дуже складно працювати над їх підвищенням, особливо з техніки виконання рухових дій шорт-трековиків, які тісно пов'язані з якістю та температурним режимом льодового покриття.

До цього ж, Ашанін В.С., Друзь В.А. & et.al (2012) [1]; Fintelman, D.M. (2010) [14] вказують на те, що слід мати на увазі прагнення спортсменів підвищити свої резуль-

тати за рахунок усунення розбіжності між технічною підготовленістю та відставанням в розвитку фізичного стану, а також через порушення м'язової координації.

Таким чином, питання пошуку сучасних ефективних методичних заходів щодо побудови системи спортивно-підготовки шорт-трековиків, які підвищують техніку виконання рухових дій, є пріоритетним напрямком вдосконалення тренувального процесу. Дослідженнями авторів в цьому напрямку [8, 10] обґрунтовується можливість застосування інформаційних технологій при організації навчально-тренувального процесу у спортсменів.

Правильно організоване тренування, як в шорт-треці, так і в інших видах спорту [9, 17-19] – це найбільш ефективний педагогічний засіб, який сприяє підвищенню спортивної працездатності взагалі. Тренери разом з фахівцями біомеханіки розробляють та втілюють в тренувальний процес інноваційні підходи для підвищення фізичного та технічної рівня досконалості спортсменів. До цього, як найбільш доступне, відносять покращення фізичного стану спортсмена за допомогою спеціальних тренажерів і загальної фізичної підготовки.

Опанування та використання технічних навичок і прийомів бігу на ковзанах у шорт-треці є дуже складним покроковим алгоритмом. З біомеханічної точки зору це потребує особливих підходів для управління процесом формування спеціальних рухових навичок; вдосконалення координованої геометрії рухів спортсмена; створення для цього, як це наводиться у роботах Гамалій В.В. (2013) [3]; Ратова І.П., Попова Г.І. & et.al (2007) [7], Лапутіна А.М. (2005) [2], моделей біокінематичної або біодинамічної взаємодії біологів людини, як об'єкту досліджень та математичного моделювання з врахуванням механічних факторів взаємодії тіла людини та тренажерів.

Застосування спеціальних біомеханічних ергогенних засобів в спорті базується не тільки на знаннях фундаментальних законів фізики, але і на знаннях сучасних технологій спортивного тренування [6, 11]. Таким чином, підвищення працездатності спортсменів припускає одночасне використання знань законів фізики, врахування біомеханічних закономірностей рухової системи людини і техніко-тактичних особливостей змагальної системи і тренувальної діяльності.

Практика свідчить, що тренажери, як механічні пристрої з керованим ступенем свободи, допомагають в процесі тренування моделювати ті чи інші умови майбутньої реальної діяльності спортсменів. Вони дозволяють направлено перетворювати енергію зовнішнього середовища таким чином, щоб вона набувала необхідну для утилізації організмом корисну форму. З біомеханічної точки зору, найбільш доцільно виділяти такі найважливіші фрагменти систем освоєння і вдосконалення спортивних рухів, як геометрична, біокінематична, біодинамічна, координаційна, інформаційна та деякі інші структури [15].

Мета дослідження – розробка моделі для теоретичного аналізу і оцінки оптимальних біомеханічних характеристик проходження фази повороту спортсменів шорт-треку з використанням існуючих біомеханічних ергогенних засобів та інформаційних технологій в тренувальному процесі.

Завдання дослідження:

1. Провести аналіз спеціальної літератури, існуючих біомеханічних технологій та ергогенні засоби при підготовці спортсменів з шорт-треку.
2. Розробити модель для визначення системи сил, які діють на загальний центр маси тіла спортсмена при його входженні в поворот. Визначити вплив основних біомеханічних факторів успішного виконання рухових дій з урахуванням положення центру мас, кута нахилу тіла спортсмена та ін. при проходженні фази повороту.
3. Скласти рекомендації щодо об'рунтованого використання біомеханічних ергогенних засобів та інформаційних технологій для підвищення якості тренувального процесу шорт-трековиків.

Матеріал і методи дослідження

Методи дослідження: теоретичний аналіз науково-методичної літератури, аналіз Інтернет-ресурсів, педагогічне спостереження, відеозйомка, біомеханічний аналіз рухових характеристик. Тестову групу склали 10 юних шорт-трекістів 9-12 років та 5 шорт-трекістів віком 18-24 років, які займаються в МСДЮСШ олімпійського резерву м. Харкова з шорт-треку та мають не менше трьох тренувань на тиждень (від 1 року, для юних спортсменів) та регулярні заняття п'ять разів на тиждень (протягом 6-10 років, для дорослих спортсменів).

Результати дослідження

Оскільки увага тренерів з шорт-треку зосереджена на удосконаленні техніки бігу спортсменів під час проходження повороту, то теоретична модель техніки рухів дозволяє їм виділити характеристики траєкторії руху тіла спортсмена в залежності від швидкості загального центру інерції маси тіла, кута нахилу лінії АВ до лінії опори на льоду, висоти розташування центру мас та радіусу входу в поворот (рис. 1).

Розглянемо більш детально деякі особливості в техніці бігу спортсменів з шорт-треку та сили, які по-

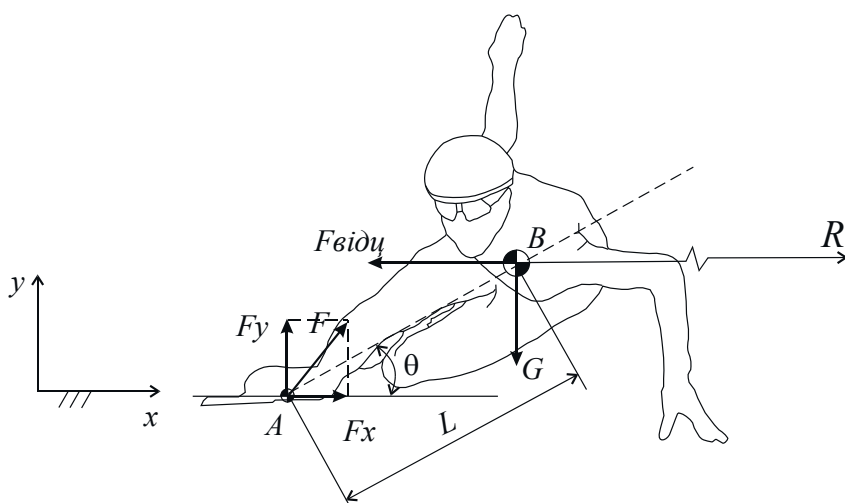


Рис. 1.

Система сил при проходженні повороту в шорт-треці,

де – горизонтальна сила \vec{F}_x – результат взаємодії льоду і ковзанів;

вертикальна сила \vec{F}_y – реакція опори, як результат того, що лід забезпечує опору спортсмену;

сила тяжіння $\vec{G} = m\vec{g}$;

відцентрова сила $\vec{F}_{\text{відц}}$ (інерційна сила, виникає при зміні швидкості або напрямку руху, на повороті намагається змістити спортсмена в протилежну центру повороту сторону);

A – точка опору;

B – загальний центр інерції маси тіла (ЗЦІМТ)

трібно контролювати спортсмену при виконанні рухів для утримання рівноваги на траєкторії при повороті.

В бігу на ковзанах на короткій доріжці вся увага сконцентрована на поворотах, під час яких спортсмену необхідно врівноважити відцентрову силу вагою свого тіла. Спільна дія відцентрових сил і ваги тіла значно збільшують навантаження на м'язи нижніх кінцівок. Входячи в поворот, спортсмен намагається сісти нижче. На виході з повороту діє відцентрова сила, яку спортсмен повинен врівноважити. Спортсмени з шорт-треку невисокої кваліфікації привстають, що зменшує швидкість руху, а більш кваліфіковані – змінюють кут нахилу тулуба до льоду до 25-30°. При цьому спортсмен витягує праву руку та нахилиється на повороті, щоб протистояти відцентровій силі. Для збереження балансу ліва рука дотикається до льоду, а спортсмен входить в поворот на одній нозі. Ці рухові дії дозволяють зменшити дію сили, що виштовхує, а вчасно відпрацьований вихід між четвертою та шостою фішками призводить до складання сил (відцентрової та сили тяжіння) і сприяє подальшому набору швидкості.

Тренери завжди приділяють багато часу на відпрацьовування правильних обертальних рухових дій спортсменів, удосконалюючи техніку проходження повороту. Для позитивного використання відцентрової сили і входу в поворот з великою швидкістю потрібно виконувати час прокату на одному ковзані максимально довго на цій ділянці. Це впливає на загальну швидкість проходження дистанції за рахунок більш тривалого застосування сили в опорі при відштовхуванні.

Розглянемо фізичний аспект даної проблеми з побудовою спеціальних рівнянь до цього. На рис. 1 зображено положення тіла спортсмена з шорт-треку в повороті на одній нозі та представлені сили, що діють на ЗЦІМТ спортсмена при русі в повороті.

Векторна сума двох складових \vec{F}_x і \vec{F}_y – це сумарна сила \vec{F} , що виникає внаслідок контакту ковзана і льоду. Вертикальна складова контактної сили врівноважує силу тяжіння \vec{G} , а горизонтальна складова контактної сили штовхає людину до центру кола і протистоїть відцентровій силі, яка залежить від маси m і швидкості \vec{V} руху спортсмена.

У першому наближенні розглянемо рівняння рівноваги центру мас спортсмена в статичному стані. Зробимо деякі припущення:

- у вертикальному напрямку загальний центр мас тіла не має прискорення;
- рівняння рівноваги записано для «миттєвого» положення загального центру мас спортсмена.

Система рівноваги для поступального та обертального рухів представлені у вигляді:

$$\begin{cases} \sum X = 0; & F_x - F_{\text{відц}} = 0 \\ \sum Y = 0; & F_y - G = 0 \\ \sum M_B = 0; & F_x \cdot L \sin \theta - F_y \cdot L \cos \theta = 0 \end{cases}, \quad (1)$$

де L – відстань між точкою А і точкою В, θ – кут «нахилу» центра мас, вимірюється між лінією, що проходить через точки А і В та горизонтальною лінією ковзанки.

Відцентрова сила розраховується за формулою:

$$F_{\text{відц}} = m\ddot{x}, \quad (2)$$

де $\ddot{x} = a_{\text{відц}}$ – прискорення ЗЦІМТ, яке розташовано в горизонтальній площині вздовж висі x , воно може бути розраховано за формулою:

$$a_{\text{відц}} = \frac{V^2}{R}, \quad (3)$$

де V – швидкість ЗЦІМТ спортсмена, вона спрямована вздовж дотичної до траєкторії руху; R – радіус кривизни траєкторії. При підстановці цього рівняння в попереднє, ми отримуємо вираз для відцентрової сили

$$F_{\text{відц}} = \frac{mV^2}{R}. \quad (4)$$

Відцентрова сила $F_{\text{відц}}$, як видно з виразу (4), обернено пропорційна радіусу повороту та прямо пропорційна квадрату швидкості руху.

На рис. 2 зображено розрахункові величини відцентрової сили спортсмена масою $m = 70$ кг в залежності від радіусу проходження повороту для різних значень швидкості руху ($V=20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, $30 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, $40 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$).

Аналіз порівняльних графічних характеристик величини відцентрової сили (рис. 2) демонструє, як при збільшенні радіусу повороту, дія сили $F_{\text{відц}}$ на спортсмена зменшується. Але швидкість руху на повороті змінює величину відцентрової сили в квадратичній залежності: якщо швидкість збільшити в 2 рази, дія бічної сили зросте в 4 рази.

Для безпечного проходження спортсменом повороту є природним знизити швидкість, але існує ризик залишити свою вдалу позицію на дистанції. Тому основна задача при проходженні фази повороту своїми руховими діями протистояти дії бічної сили $F_{\text{відц}}$, тобто відштовхуванню до борту. Досвідчені спортсмени удержують свою траєкторію та не змінюють її радіус в фазі повороту, що не дає можливості конкурентам зайняти позицію, яка проходить по оптимальній траєкторії і є кращою для збереження швидкості та подальшого вдалого проходження дистанції.

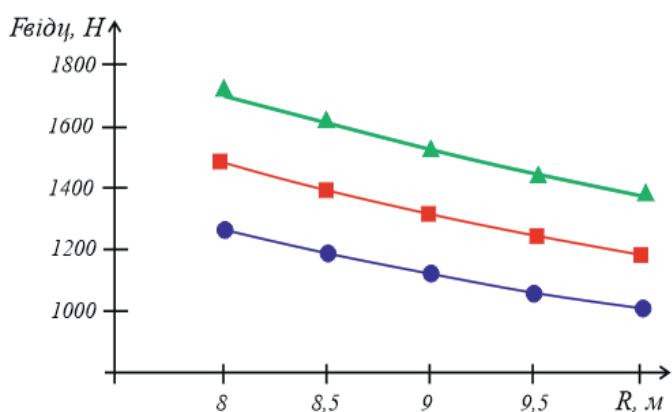


Рис. 2. Залежність відцентрової сили інерції від радіусу траєкторії спортсмена масою $m = 70$ кг для різних значень швидкості руху V : зелена – $20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, червона – $30 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, синя – $40 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

На рис. 3 наведено серію розрахункових кривих для різних значень центру мас тіла спортсменів ($m = 40$ кг, 50 кг, 60 кг), які характеризують залежність величини відцентрової сили від радіусу проходження повороту при постійній швидкості руху $20 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

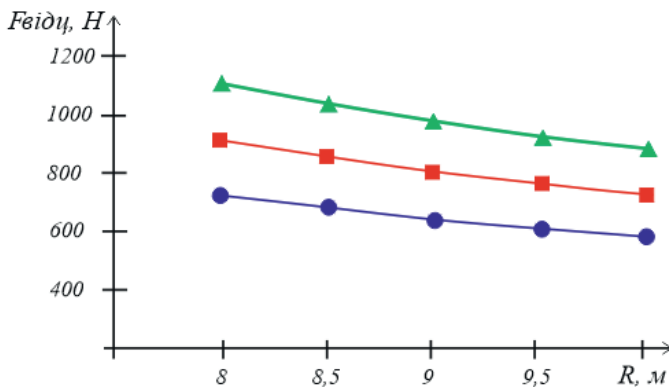


Рис. 3.
Залежність відцентрової сили інерції від маси ЗЦМТ спортсмена при швидкості руху $V=20 \text{ м/с}$ для різних значень m : зелена – 60 кг, червона – 50 кг, синя – 40 кг.

Аналіз порівняльних графічних характеристик величини $F_{\text{відц}}$ показує, що збільшення маси також приводить до збільшення відцентрових сил в повороті і зменшується при збільшенні радіусу проходження повороту R .

При вмілому використанні свого загального центру мас спортсмен може використати цю силу разом з силою тяжіння та кутом нахилу θ для збереження лідируючої позиції на дистанції. Для цього потрібно вміло управляти своїм центром мас під час динамічного руху на ковзанці, особливо в фазі повороту. Крім того, слід відпрацьовувати вміння утримувати кут нахилу в повороті при «низькій посадці», тобто при низькому розташуванні загального центру мас тіла (рис. 4).

Спортсмени-початківці не можуть досягти необхідного ступеня «нахилу» (положення 2, рис.4), тому що спрацьовує ефект самозахисту від падіння, який не дає зробити потрібний нахил до центру траєкторії руху. Тому в шорт-треці при відпрацьовуванні техніки виконання фази повороту використовуються спеціальні засоби-тренажери, які одночасно грають роль страхової «лонжі» (рис.4). До них відносяться еластичний шнур або пружні паски. В якості інерційних елементів використовується загальний центр мас тіла партнера.

Тренер з шорт-треку при роботі зі спортсменами над технікою проходження повороту на невеликих швидкостях (на льоді або на суші), використовує такі допоміжні засоби. Його задача - коригувати положення ніг та корпусу спортсмена для формування правильних рухових дій та вміння контролювати розташування свого центра мас та біомеханічних ланцюгів. Варто підкреслити, що положення центру мас тіла кожного спортсмена є різним згідно з його анатомо-морфологічними даними, а також початкових значень швидкості входу в поворот.

Висновки / Дискусія

У результаті дослідження були підтверджені данні авторів Eline van der Kruk, Marco M. Reijne, Bjorn de Laat & DirkJan (H. E. J.) Veeger (2019) [12] щодо біомеханічних характеристик проходження фази повороту, які є характерними для провідних спортсменів світу. Аналізуючи техніку проходження повороту в шорт-треці, яка залежить від радіусу траєкторії руху спортсмена. Ми підтвердили результати [13, 16] та доповнили власними розрахунками залежність відцентрової сили інерції від маси та радіусу траєкторії.

В дослідженні розглянуті можливі розташування загального центру маси тіла спортсмена з використанням спеціальних засобів, які допомагають відпрацьовувати оптимальні варіанти траєкторії руху в повороті. Застосування аналогічних засобів та технології обґрунтовується у роботах [11, 14, 20] та є загально прийнятими у всесвітній практиці. Власним доробком до загальноприйнятої методики стало урахування індивідуальних технічних особливостей проходження повороту в шорт-треці спортсменів-початківців.

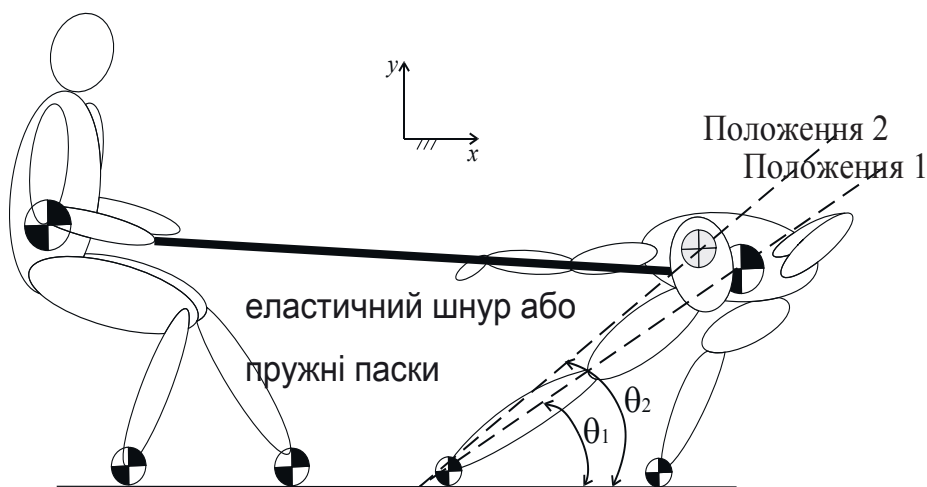


Рис.4.
Схематичне зображення тренувального процесу зі спеціальними засобами для відпрацьовування правильних біомеханічних рухів в повороті.

В літературних джерелах українських фахових видань з галузі спорту практично відсутня інформація щодо вивчення біомеханічних характеристик техніки бігу в шорт-треці, особливо в фазі повороту.

Аналіз відеозаписів та фотографій, зроблених на змаганнях та тренуваннях з шорт-треку, показав, що для забезпечення високого результату спортсмену потрібно вміти якісно виконувати рухові дії в фазі повороту. Для цього необхідно враховувати ряд багатопозв'язних чинників, які забезпечують максимальну швидкість проходження дистанції.

До цих чинників, в основному, відносяться біомеханічні характеристики, які здатні реалізувати спортсмен, а саме: швидкість розбігу, радіус входу в поворот ЗЦІМТ спортсмена, висота розташування загального центру інерції маси тіла спортсмена в момент проходження повороту та ін.

Наведені біомеханічні рівняння залежності відцентрових сил від куту нахилу тіла та радіусу траєкторії руху спортсменів з шорт-треку, а також візуалізацію теоретичного уявлення про взаємозв'язки окремих елементів руху, завдяки чому виникає можливість моделювання різних ситуацій і визначення оптимальних значень кінематичних характеристик руху спортсмена.

Спираючись на дані теоретичних досліджень, за допомогою спеціальних тренажерів можна створити умови, які моделюють в просторі реальну ситуацію проходження спортсменом шорт-треку повороту на одному ковзані, а тренеру дозволять контролювати всі біомеханічні характеристики правильного виконання змагаль-

них рухів. Крім того, можливо проводити корекцію рухів безпосередньо в процесі тренування.

Таким чином, тренувальні вправи з біомеханічними допоміжними засобами формують у спортсменів м'язову пам'ять на виконання правильної рухової дії при проходженні фази повороту при високих швидкостях під час змагань та фіксується відчуття правильного розташування загального центру мас тіла в положенні прокату на одній нозі. Це допомагає розвинути навичку збільшення час прокату на одному ковзані максимально довго на цій ділянці з метою позитивного використання відцентрової сили і різкого входу в поворот. В свою чергу, це впливає на швидкість проходження дистанції за рахунок більш тривалого застосування сили в опорі при відштовхуванні.

За допомогою вищевказаних тренажерів створюються умови, які моделюють у просторі положення стану прокату в фазі повороту, а тренеру зручно контролювати всі біомеханічні характеристики, які характеризують правильне положення центру мас спортсмена при вході в поворот.

Впровадження арсеналу біомеханічних ергогенних засобів у практику тренувального процесу на короткій дистанції відкриває можливості покращення технічної підготовки спортсменів з шорт-треку початкового рівня та вдосконалення підготовки спортсменів високої кваліфікації.

Перспективи подальших досліджень будуть спрямовані на розробку біомеханічних моделей виконання інших технічних елементів в шорт-треці, які ґрунтуються на комп'ютерному моделюванні та інформаційних технологіях.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють, що відсутній конфлікт інтересів, який може сприйматись таким, що може завдати шкоди неупередженості статті.

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

Список посилань

1. Ашанин В. С., Друзь В. А., Задорожная Е. А., Пятисоцкая С. С., Литвиненко А. Н. (2012), «Теоретические основы построения оценки физического развития и состояния физического здоровья обследуемого контингента», Слобожанський науково-спортивний вісник, №2, С. 131-137.
2. Біомеханіка спорту (2005): навчальний посібник для студентів ВНЗ з ФВ і С / за заг. ред. А.М. Лапутіна, К.: Олімпійська література, 319 с.
3. Гамалий В. В. (2013), Теоретико-методические основы моделирования техники двигательных действий в спорте. К.: Поліграфсервіс, 300 с.
4. Кугаєвський С. О., Блещунова К. М. (2010), «Пріоритетні напрями удосконалення тренувального процесу українських шорт-трековиків високої кваліфікації у макроциклах підготовки», Теорія і методика фізичного виховання і спорту, №4, С. 20-25.
5. Литвиненко Ю. В., Кашуба В. А. (2008), «Биомеханический анализ техники двигательных действий спортсменов различной квалификации, специализирующихся в шорт-треке», Наука в олимпийском спорте, №1, С. 94-101.
6. Мелешко В. І. (2010), Ергогенні та ерголітичні засоби спортивного тренування: навчальний посібник. Дніпропетровськ: ДДІФКіС, 124 с.
7. Ратов І. П., Попов Г. І., Лонгинов А. А., Шмонин Б. В. (2007), Биомеханические технологии подготовки спортсменов. М.: Физкультура и спорт, 120 с.
8. Філенко Л. В. (2017), «Алгоритмічні основи побудови навчально-тренувального процесу студентів-спортсменів із використанням інформаційних технологій», Вісник Прикарпатського університету. Серія: Фізична культура, Випуск 27-28, С. 318-323.
9. Філенко Л. В., Несен О. О. (2018), «Інформатизація підготовки студентів-гандболістів засобами мультимедійної комп'ютерної програми «Гандбол», Спортивні ігри, №1(7), С. 54- 61.
10. Філенко Л. В. (2016), «Комп'ютерні навчальні та контролюючі програми у фізичному вихованні та спорті», Науковий часопис. Серія 15: Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт: зб.наук.пр., Випуск 10(80)16, С. 139-145.
11. Platonov V. N., Bulatova M. M., Kashuba V. A. (2006), «Biomechanical ergogenic means in modern sport», Stiinta sportului. Academia Romana, Bucuresti, No. 53, pp. 19-49.
12. Eline van der Kruk, Marco M. Reijne, Bjorn de Laat & DirkJan (H. E. J.) Veeger (2019), «Push-off forces in elite short-track speed skating», Sports Biomechanics, Vol. 18, No. 5, pp. 527-538.

13. Felser S., Behrens M., Fischer S., Heise S., Vdumler M., Salomon R., & Bruhn S. (2016). «Relationship between strength qualities and short track speed skating performance in young athletes», *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, Vol. 26, pp. 165–171.
14. Fintelman D. M. (2010), *Literature study: Biomechanical models for speed skating*, Technical University Delft.
15. Lanka Ya. Ye., Gamaliy V. V., Habinets T. O. (2017), «Biomechanical substantiation of mechanical impulse transfer mechanisms in the «athlete – sports equipment» system when performing moving actions in sports», *Slobzhanskyi herald of science and sport*, №3 (59), pp. 29-34.
16. Lozowski E., Szilder K., Maw S. (2013), «A model of ice friction for a speed skate blade», *Sports Engineering*, Vol. 16, Issue. 4, pp. 239–253.
17. Pasko V., Rovniy A., Nesen O., Ashanin V., Filenko L., Okun D., Shevchenko O., Dzhyim V., Pilipko O. (2019), «Efficiency of performing rugby's technical elements depending on the speed and strength quality level of 16-18-year-old rugby players», *Journal of Physical Education and Sport*, No. 19(1), pp. 546-551.
18. Rovniy A., Pasko V., Karpets L., Nesen O., Ashanin V., Filenko L., Pomeshchikova I., Mukha V., Korsun S., Shaposhnikova I. (2018), «Special aspects of preparation of student's teams for competitions in Rugby», *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, No. 9(4), pp. 1402-1413.
19. Rovniy A., Pasko V., Nesen O., Tsos A., Ashanin V., Filenko L., Karpets L., Goncharenko V. (2018), «Development of coordination abilities as the foundations of technical preparedness of rugby players 16-17 years of age», *Journal of Physical Education and Sport*, No. 18(4), pp. 1831-1838.
20. Yuki M., Ae M., & Fujii N. (1996), 氷 刃 への 刃 力 [Blade reaction forces in speed skating], *Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)*, No. 13, pp. 41–51.

Стаття надійшла до редакції: 22.09.2021 р.

Опубліковано: 25.10.2021 р.

Аннотация. Владимир Ашанин, Наталия Долгополова, Мария Долгополова, Людмила Филенко, Владлена Пасько. Биомеханический анализ двигательных действий спортсменов, занимающихся шорт-треком при прохождении фазы поворота. Цель: разработка модели для теоретического анализа и оценки оптимальных биомеханических характеристик прохождения фазы поворота спортсменов, занимающихся шорт-треком с использованием существующих биомеханических эргогенных средств и информационных технологий в тренировочном процессе. **Материал и методы:** теоретический анализ научно-методической литературы, анализ веб-ресурсов, педагогическое наблюдение, видеосъемка, биомеханический анализ двигательных действий. Тестовую группу составляли 10 юных шорт-трекистов 9-12 лет и 5 шорт-трекистов в возрасте 18-24 лет, которые занимаются в ГСДЮСШ олимпийского резерва г. Харьков по шорт-треку не менее трех тренировок в неделю (от 1 года, для юных спортсменов) и регулярные занятия пять раз в неделю (в течение 6-10 лет, для взрослых спортсменов). **Результаты:** в работе теоретически проанализированы характеристики техники прохождения фазы поворота спортсменов, занимающихся шорт-треком средствами биомеханического анализа. Расчетным путем определены теоретические зависимости показателей прохождения фазы поворота: скорость, угол наклона корпуса спортсмена в повороте, положение общего центра масс тела и их взаимосвязь. Выделены основные ошибки техники выполнения двигательных действий начинающих спортсменов в фазе поворота. **Выводы:** данные теоретические исследования подтверждают целесообразность использования специальных средств для создания условий, моделирующих в пространстве реальную ситуацию прохождения спортсменом шорт-трека поворота на одном коньке, а тренеру позволяют контролировать правильное выполнение движений начинающими спортсменами с точки зрения биомеханики. Обосновано использование специальных упругих лент, как эргогенных средств, для усовершенствования двигательных действий шорт-трековиков. Указаны пути улучшения биомеханических показателей, которые спортсмен способен реализовать на практике.

Ключевые слова: биомеханика, шорт-трек, фаза поворота, техническая подготовка спортсменов, анализ двигательных действий.

Abstract. Volodymyr Ashanin, Nataliia Dolgoplova, Mariia Dolgoplova, Ludmila Filenko, Vladlena Pasko. Biomechanical analysis of motional actions of athletes engaged in short track speed skating during the turning phase. Purpose: development of a model for theoretical analysis and assessment of optimal biomechanical characteristics in the turn phase of short track skating athletes using existing biomechanical ergogenic devices and information technologies in the training process. **Material and methods:** theoretical analysis of scientific and methodological literature, analysis of web resources, pedagogical observation, video filming, biomechanical analysis of motor actions. The test group consisted of 10 young short trackers 9-12 years old and 5 short trackers aged 18-24 years, who practice short track speed at least three times a week (from 1 year old, for young athletes) and regular trainings five times a week (about 6-10 years, for adult athletes). **Results:** the paper theoretically analyzes the characteristics of the technique of passing the turning phase of short track speed skating athletes by means of biomechanical analysis. By calculation, the theoretical dependences of the indicators of the passage of the turning phase were determined: speed, the angle of inclination of the athlete's body in the turn, the position of the general center of mass of the body and their relationship. The main mistakes of the technique of motor actions fulfillment of beginner athletes in the turning phase are highlighted. **Conclusions:** these theoretical studies confirm the feasibility of using special devices to create conditions that simulate the real situation of an athlete passing a short track turn on one skate, and the coach can control the correct execution of movements by novice athletes from the point of view of biomechanics. The use of special elastic bands as ergogenic means for improving the motor actions of short track speed skating athletes is grounded. The ways of improving the biomechanical indicators, which the athlete is able to implement in practice, are indicated.

Keywords: biomechanics, short track, turn phase, technical training of athletes, analysis of motor actions.

References

1. Ashanin, V. S., Druz', V. A., Zadorozhnaya, E. A., Pyatisotskaya, S. S., Litvinenko, A. N. (2012), « Theoretical foundations for constructing an assessment of the physical development and physical health of the surveyed contingent», *Slobozhans'kyi naukovy-sportyvnyy visnyk*, No. 2, pp. 131-137. (in Russ.).
2. *Biomekhanika sportu [Biomechanics of sport] (2005), navchal'nyy posibnyk dlya studentiv vyshchyykh navchall'nykh khakladiv z fizychnoyi kul'tury ta sportu / edited by Laputin.A.M, Kyiv: Olympic Literature, 319 p. (in Ukr.)*
3. Gamaliy, V. V. (2013), *Teoretiko-metodicheskiye osnovy modelirovaniya tekhniki dvigatel'nykh deystviy v sporte [Theoretical and methodological foundations of modeling the technique of motional actions in sports]*, Kiev: Poligrafservis, 300 p. (in Russ.).
4. Kugaevsky, S. O., Bleshchunova, K. M. (2010), «Priorityetni napryamy udoskonalennya trenuval'noho protsesu ukrayins'kykh short-trekovykh vysokoyi kvalifikatsiyi u makrotsyklakh pidhotovky», *Teoriya i metodyka fizychnoho vykhovannya i sportu*, №4, pp. 20-25. (in Russ.).
5. Litvinenko, Yu. V., Kashuba, V. A. (2008), «Biomekhanicheskiy analiz tekhniki dvigatel'nykh deystviy sportyshchikov razlichnoy kvalifikatsii, spetsializiruyushchikhsya v short-treke», *Nauka v olimpiyskom sporte*, No. 1, pp. 94-101. (in Russ.).
6. Meleshko, V. I. (2010), *Erhohenni ta erholytichni zasoby sportyvnoho trenuvannya: navchal'nyy posibnyk [Ergogenic and ergolytic aids of sports training: a textbook]*. Dnipropetrovsk: DDIFKiS, 124 p. (in Ukr.).
7. Ratov, I. P., Popov, G. I., Longinov, A. A., Shmonin, B. V. (2007), *Biomekhanicheskiye tekhnologii podgotovki sportyshchikov [Biomechanical technologies of athletes training]*. M.: Physical culture and sport, 120 p. (in Russ.).
8. Filenko, L. V. (2017), «Alhorytmichni osnovy pobudovy navchal'no-trenuval'noho protsesu studentiv-sportyshchikov iz vykorystanniam informatsiynykh tekhnolohiy», *Visnyk Prykarpats'koho universytetu. Seriya: Fizychna kul'tura*, Issue 27-28, pp. 318-323. (in Ukr.).
9. Filenko, L. V., Nesen, O. O. (2018), *Informatyzatsiya pidhotovky studentiv-handbolistiv zasobamy mul'tymediyanoi komp'yuternoyi prohramy «Handbol» [Informatization of training of handball students by means of the multimedia computer program «Handball»]*, *Sportyvni ihry*, №1 (7), pp. 54- 61. (in Ukr.).
10. Filenko, L. V. (2016), *Komp'yuterni navchal'ni ta kontrolyuyuchi prohramy u fizychnomu vykhovanni ta sporti [Computer training and control programs in physical education and sports]*, *Naukovyy chasopys. Seriya 15: Naukovo-pedahohichni problemy fizychnoyi kul'tury (fizychna kul'tura i sport)*, Issue 10 (80) 16, pp. 139-145. (in Ukr.).
11. Platonov, V. N., Bulatova, M. M., Kashuba, V. A. (2006), «Biomechanical ergogenic means in modern sport», *Stiinta sportului. Academia Romana, Bucuresti*, No. 53, pp. 19-49. (in Eng.).
12. Eline van der Kruk, Marco M. Reijne, Bjorn de Laat & DirkJan (H. E. J.) Veeger (2019), «Push-off forces in elite short-track speed skating», *Sports Biomechanics*, Vol. 18 No. 5, pp. 527-538. (in Eng.).
13. Felsner, S., Behrens, M., Fischer, S., Heise, S., Vdumler, M., Salomon, R., & Bruhn, S. (2016), «Relationship between strength qualities and short track speed skating performance in young athletes», *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, Vol. 26, pp. 165–171. (in Eng.).
14. Fintelman, D. M. (2010), *Literature study: Biomechanical models for speed skating*, Technical University Delft. (in Eng.).
15. Lanka, Ya. Ye., Gamaliy, V. V., Habinets, T. O. (2017), «Biomechanical substantiation of mechanical impulse transfer mechanisms in the «athlete – sports equipment» system when performing moving actions in sports», *Slobozhanskyi herald of science and sport*, №3 (59), pp. 29-34. (in Eng.).
16. Lozowski, E., Szilder, K., Maw, S. (2013), «A model of ice friction for a speed skate blade», *Sports Engineering*, Vol. 16, Issue. 4, pp. 239–253. (in Eng.).
17. Pasko, V., Rovniy, A., Nesen, O., Ashanin, V., Filenko, L., Okun, D., Shevchenko, O., Dzhyim, V., Pilipko, O. (2019), «Efficiency of performing rugby's technical elements depending on the speed and strength quality level of 16-18-year-old rugby players», *Journal of Physical Education and Sport*, No. 19(1), pp. 546-551. (in Eng.).
18. Rovniy, A., Pasko, V., Karpets, L., Nesen, O., Ashanin, V., Filenko, L., Pomeshchikova, I., Mukha, V., Korsun, S., Shaposhnikova, I. (2018), «Special aspects of preparation of student's teams for competitions in Rugby», *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, No. 9(4), pp. 1402-1413. (in Eng.).
19. Rovniy, A., Pasko, V., Nesen, O., Tsos, A., Ashanin, V., Filenko, L., Karpets, L., Goncharenko, V. (2018), «Development of coordination abilities as the foundations of technical preparedness of rugby players 16-17 years of age», *Journal of Physical Education and Sport*, No. 18(4), pp. 1831-1838. (in Eng.).
20. Yuki, M., Ae, M., Fujii, N. (1996), *Blade reaction forces in speed skating*, *Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)*, No. 13, pp. 41–51. (in Japan.).

Received: 22.09.2021.

Published: 25.10.2021.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Ашанін Володимир Семенович: к. фіз.-мат. н., професор; Харківська державна академія фізичної культури: вул. Клочківська 99, Харків, 61058, Україна.

Ашанін Володимир Семенович: к. физ.-мат. н., профессор; Харьковская государственная академия физической культуры: ул. Клочковская 99, г. Харьков, 61058, Украина.

Volodymyr Ashanin: PhD (Physics-Mathematics), Professor; Kharkiv State Academy of Physical Culture: Klochkivska str. 99, Kharkiv, 61058, Ukraine.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4705-9339>

E-mail: ashaninvladimir47@gmail.com

Долгополова Наталія Володимирівна: к.техн.н.; Харківська державна академія фізичної культури: вул. Клочківська 99, Харків, 61058, Україна.

Долгополова Наталия Владимировна: к.техн.н.; Харьковская государственная академия физической культуры: ул. Клочковская 99, г. Харьков, 61058, Украина.

Nataliia Dolgoplova: PhD (Technical sciences); Kharkiv State Academy of Physical Culture: Klochkivska str. 99, Kharkiv, 61058, Ukraine.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4326-2284>

E-mail: n_dolgoplova@ukr.net

Долгополова Марія Сергіївна: Харківська державна академія фізичної культури: вул. Клочківська 99, Харків, 61058, Україна.

Долгополова Мария Сергеевна: Харьковская государственная академия физической культуры: ул. Клочковская 99, г. Харьков, 61058, Украина.

Mariia Dolgoplova: Kharkiv State Academy of Physical Culture: Klochkivska str. 99, Kharkiv, 61058, Ukraine.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0515-1097>

E-mail: mashadolgoplova1997@gmail.com

Філенко Людмила Василівна: к.фіз.вих., доцент; Харківська державна академія фізичної культури: вул. Клочківська 99, Харків, 61058, Україна.

Филенко Людмила Васильевна: к.физ.восп, доцент; Харьковская государственная академия физической культуры: ул. Клочковская 99, г. Харьков, 61058, Украина.

Ludmila Filenko: PhD (Physical Education and Sport), Associate Professor; Kharkiv State Academy of Physical Culture: Klochkivska str. 99, Kharkiv, 61058, Ukraine.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6221-6606>

E-mail: filenkolv@ukr.net

Пасько Владлена Віталіївна: к.фіз.вих. доцент; Харківська державна академія фізичної культури: вул. Клочківська 99, Харків, 61058, Україна.

Пасько Владлена Витальевна: к.физ.восп, доцент; Харьковская государственная академия физической культуры: ул. Клочковская 99, г. Харьков, 61058, Украина.

Vladlena Pasko: PhD (Physical Education and Sport), Associate Professor; Kharkiv State Academy of Physical Culture: Klochkivska str. 99, Kharkiv, 61058, Ukraine.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8215-9450>

E-mail: vladlenap05@gmail.com