

УДК 796.015

## **БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАЖНЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ**

**Ю. Ю. Кучеров**

(МГУ имени А. А. Кулешова, Могилев, Беларусь)

Развитие науки и технологий в спорте предлагает более продвинутый метод изучения технических действий лыжников-гонщиков, который заключается в создании математической имитационной модели спортсмена и оборудования. Такой метод нам может предоставить система моделирования AnyBody – это современное программное обеспечение для моделирования опорно-двигательного аппарата для биомеханического анализа. Система моделирования AnyBody позволяет создавать детализированные модели опорно-двигательного аппарата всего тела и моделировать внутренние нагрузки организма, такие как, например, мышечная активность, мышечные усилия и силы реакции суставов.

*Ключевые слова:* биомеханика, лыжные гонки, дабл-полинг, AnyBody, скелетно-мышечная модель.

Биомеханика чаще всего используется в спорте для выявления производительности с помощью технологий, оборудования и самого физического упражнения. Как правило, используются только экспериментальные методы и выводы делаются непосредственно на основе данных измерений эксперимента. Альтернатива этому подходу заключается в проведении теоретических рассуждений с использованием классической механики для улучшения понимания в рамках конкретного вида спорта – лыжные гонки. Лыжные гонки включают в себя быстрые энергетические движения всем телом, и поэтому для расчёта нам требуется метод, который может работать с имитационными моделями всего тела. Такой метод позволит создавать модель с сотнями мышц и жёсткими сегментами тела большинства типов.

подавляющее большинство опубликованных исследований по моделированию опорно-двигательного аппарата используют критерий

рекрутирования мышц, для которого необходимо использовать представленные коэффициенты нормализации [1, 2]. Интересным методологическим вопросом является значение динамики сокращений для скелетно-мышечной модели лыжника гонщика. Тот факт, что модель мышцы имеет динамику сокращения, означает, что модель учитывает длину мышечных волокон, перистые ветки, скорость сокращения, длину сухожилия в состоянии покоя и т.д.

Доминирующий взгляд в схемах моделирования заключается в том, что динамика сокращений необходима при моделировании быстрых и взрывных движений. Лыжные гонки – это вид спорта с мощными и быстрыми движениями. Имитационная модель поможет в этом разобраться. Насколько индивидуальной должна быть имитационная модель, чтобы обеспечить полезные и практические результаты для лыжника гонщика индивидуально. Предварительное исследование даст представление о том, какие параметры наиболее важны для «масштабирования силы» модели мышц, включающей динамику сокращений. Этими параметрами являются: максимальная сила мышцы (при оптимальных условиях), оптимальная длина волокна и длина сухожилия в состоянии покоя.

Проблема в том, что это отнимает много времени, экспериментально трудно, а иногда невозможно, определить на живом спортсмене в отличие от визуальной модели человека. Отсюда и интерес к возможности использования общей модели.

Энергопотребление, эффективность и производительность в лыжных ходах за последнее время сильно изменились. Эти изменения особенно актуальны для такого хода, как дабл-полинг (далее DP).

В целом, новые форматы гонок, требующие более быстрого ускорения, изменили прежнюю цель – двигаться с высокой, но экономичной скоростью на протяжении всей гонки. Следовательно, классический и коньковый ходы передвижения были адаптированы к получению максимальных усилий при отталкивания палками и ногами, что привело к некоторой модификации техники. По сути, появились новые виды отталкивания – «кенгуру» или «современный DP».

Значительное биомеханическое совершенствование техники передвижения на лыжах за последние десятилетия привело к повышению максимальной силы, мощности и скорости. Данная тенденция будет определять совершенствование методик по развитию силовых способностей в лыжных гонках. Процесс физической и технической подготовки должен включать совершенствование специальных физических

качеств, одним из которых является силовая координация. Основными средствами развития этого качества являются упражнения биомеханической имитации соревновательной техники и развитие мышц-стабилизаторов. Сочетание упражнений координационно-силовой направленности, выполняемых с заданным темпом, амплитудой в режиме статодинамики, должны систематически включаться в содержание тренировочного процесса современного лыжника-гонщика [3].

При высоких скоростях передвижения лыжники-гонщики должны стремиться сочетать максимальные усилия отталкивания руками, соответствующее время приложения усилий к палкам, положение палок и тела во время фазы постановки и отталкивания [2].

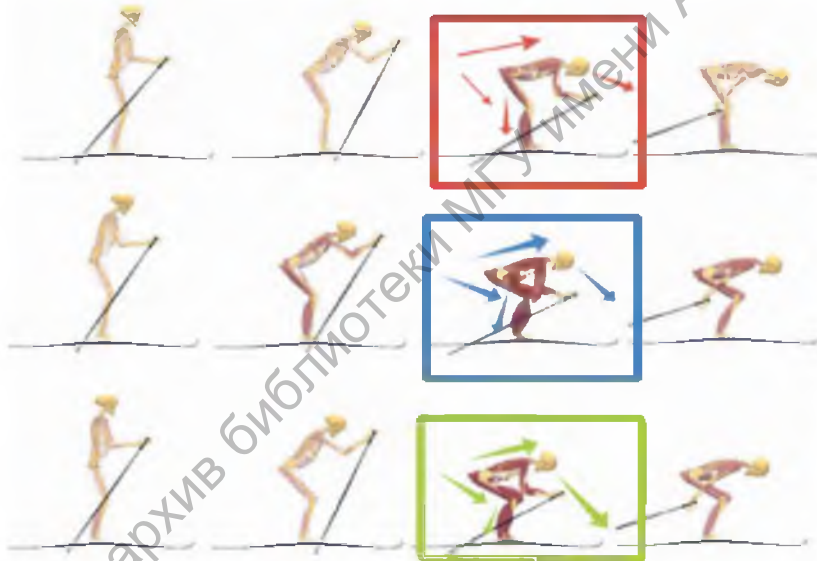


Рис. 1. Отталкивание руками

На рисунке 1 представлен визуальный обзор лыжного хода DP с помощью системы моделирования AnyBody, а также с позиции кинематики моделирования мышечной активности.

Эта модель также показывает, что для того чтобы уметь сравнивать энергетические затраты организма для работы скелетных мышц между различными движениями, требуется симуляция скелетно-мышечной модели. Поэтому в дальнейших исследованиях требуется разработка алгоритма, позволяющего найти оптимальное соотношение в распреде-

лении нагрузки между мышцами во время выполнения соревновательного упражнения.

Биомеханическое моделирование с использованием системы AnyBody в качестве дополнения к традиционным экспериментальным методам дает возможность выяснить, как увеличивается производительность за счёт экономизации технических действий лыжника-гонщика.

### Список использованной литературы

1. Lindinger, S., Stöggl, T., Müller, E., Holmberg, H. Speed control when performing the double bust technique by elite skiers / S. Lindinger, T. Stöggl, E. Müller, H. Holmberg // *Medicine and science in sports and exercise*. – 2009. – No. 41 (1). – P. 210–220.
2. Stöggl, T. L., Holmberg, H.K. Force interaction and three-dimensional movement of a pole with a double pole / T.L. Stöggl, H. K. Holmberg // *Scand J Med Sci Sports*. – 2011. – No. 32. – P. 132–140.
3. Кучерова, А. В. Комплексы упражнений для физической подготовки лыжников-гонщиков : учебно-методическое пособие / А. В. Кучерова, Ю. Ю. Кучеров, А. А. Кучерова. – Могилев : МГУ имени А. А. Кулешова, 2023. –152 с.