

УДК 004.9 + 612.766 + 796.91

Семенюк М.В., Быков Д.Ю.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ПЕДОГРАФА-ПЛАТФОРМЫ HR MAT В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОТТАЛКИВАНИЯ В ДВИЖЕНИЯХ КОНЬКОБЕЖЦА

В статье представлены данные экспериментального исследования движений конькобежца при имитации отталкивания в беге по прямой с использованием компьютерного педографа-платформы HR Mat. Описаны отдельные параметры распределения давления по поверхности опоры, позволяющие оценить технику двигательных действий спортсмена при взаимодействии с поверхностью сенсорной платформы.

Ключевые слова: конькобежный спорт, техника бега по прямой, оценка техники, опорное взаимодействие, отталкивание от опоры, распределение давления.

Постановка проблемы и её связь с важными научными или практическими заданиями. Совершенствование выполнения спортивных двигательных действий, выполняемых во взаимодействии с твёрдой опорой, требует подробного изучения характера и особенностей распределения давления по поверхности частей тела, соприкасающихся с опорой. Особую актуальность подобные исследования имеют в лёгкой и тяжёлой атлетике, лыжном и конькобежном спорте. В скоростном беге на коньках передвижение спортсмена в пространстве осуществляется без использования движущих механических средств, только на скользящей опоре, имеющей ось вращения. Это передвижение, как и при выполнении других локомоций, осуществляется за счёт мышечных усилий. При этом пространственная скорость спортсмена зависит главным образом от характера взаимодействия с опорой (с лезвием конька). С точки зрения построения движения, важнейшими параметрами, отражающими взаимосвязь развиваемых спортсменом мышечных усилий и его пространственной скорости, являются длительность контакта с опорой, площадь опоры, величина силы и расположение точки приложения максимальной силы (на пяточной, средней или передней части подошвы), прикладываемой к опоре. Учитывая, что спортсмен выполняет отталкивание поочередно правой и левой ногой, большое значение приобретает симметричность указанных параметров обеих нижних конечностей. Выявление значений этих характеристик для каждого конкретного спортсмена возможно только с использованием современных высокотехнологичных аппаратно-программных комплексов, включающих, как правило, сенсоры, воспринимающие приложенное к ним давление, электронное оборудование, преобразующее аналоговый сигнал сенсоров в цифровой, и специализированное программное обеспечение, позволяющее оперировать получаемыми данными.

Настоящая работа посвящена изучению возможностей педографического аппаратно-программного комплекса (АПК) для оценки отдельных параметров отталкивания при имитации техники бега по прямой в конькобежном спорте по данным исследования взаимодействия спортсмена с опорой.

Исследование проводилось в рамках темы ГБ "Разработка системы контроля различных сторон подготовленности студентов, занимающихся в группах спортивного отделения БНТУ". Однако важно отметить, что изучение опорных взаимодействий имеет самостоятельную практическую и научную значимость.

Анализ последних исследований и публикаций. Бег на коньках требует от спортсмена с одной стороны умелого использования сил сокращения собственных мышц, а с другой стороны – противодействия силам, препятствующим увеличению и поддержанию необходимой скорости. При этом обе задачи должны решаться с минимальными энергозатратами [1].

Одной из сил, замедляющих движение спортсмена, является сила сопротивления трения-скольжения коньков, которая определяется как произведение коэффициента трения-скольжения положения полоза конька по льду и силы давления полоза конька на поверхность льда. Значение первого компонента зависит от ряда факторов, среди которых важно выделить угол наклона плоскости лезвия и величину нагрузки на конёк. Значение второго компонента обычно принимают равным весу спортсмена [1]. В то же время, от величины силы, которую спортсмен прикладывает к коньку, зависит и скорость его движения. В связи с этим оптимальное распределение собственного веса по площади опоры и правильное приложение сил способно уменьшить величину силы сопротивления трения-скольжения коньков и увеличить скорость движения.

Кроме указанных факторов, большое влияние на итоговый соревновательный результат в конькобежном спорте имеют: длина ног, высота посадки спортсмена, максимальная изометрическая сила и относительная быстрота напряжения мышц-разгибателей ноги, длительности фазы двухопорного скольжения, темп бега, путь приложения силы [1], значения суставных углов и угловых скоростей сгибательно-разгибательных движений в тазобедренных и коленных суставах, угол разворота опорного конька [2], угловое положение туловища спортсмена, степень разгибания ноги в фазе отталкивания, выполнение отталкивания перпендикулярно направлению скольжения, величина угла между продольной осью ноги, выполняющей отталкивание, и поверхностью льда [3]. При этом особое внимание исследователи [1–3] уделяют длительности приложения силы к скользящей опоре (лезвию конька).

В связи с этим, исследование распределения давления по поверхности опоры при выполнении беговых шагов в конькобежном спорте представляется актуальным.

Цель работы. Изучить возможности использования компьютерного педографа-платформы HR Mat компании Tekscan в оценке имитации движений отталкивания в конькобежном спорте.

Задачи работы. 1. Провести с помощью компьютерного педографа-платформы HR Mat исследование характера распределения давления при выполнении отталкиваний в движениях, имитирующих бег конькобежца по прямой.

2. Описать полученные в результате исследования данные.

Основной материал исследования. Исследование проводилось в июне 2016 года с участием квалифицированной спортсменки. Возраст спортсменки – 29 лет, звание – мастер спорта, стаж занятий конькобежным спортом – 17 лет. В ходе решения первой задачи была организована и проведена регистрация и запись давления, прикладываемого спортсменкой к специальной измерительной платформе подошвами босых стоп при выполнении имитации техники бега по прямой без помощи рук как в конькобежном спорте. Для регистрации давления использовался АПК HR Mat [4] компании Tekscan (США). Данный АПК состоит из платформы высокого разрешения (чувствительная площадь сенсора $48,77 \times 44,70$ см; пространственное разрешение сенсора 4 барорецептора на см^2), электронного оборудования VersaTek и программного обеспечения (ПО) FootMat для исследований, дополненное программным модулем для видеосинхронизации данных. Синхронизация регистрации давления с записью видео позволяет соотнести получаемые количественные данные с качественной оценкой техники движения.

В процессе решения второй задачи для представления данных в графическом, табличном и цифровом видах были использованы функции ПО Foot Mat для исследований, а также возможности MS Excel для обработки данных, экспортируемых из первого ПО.

В ходе исследования были получены временные и силовые параметры, характеризующие взаимодействие спортсменки с опорой. На рисунке представлен график силы, прикладываемой к опоре.

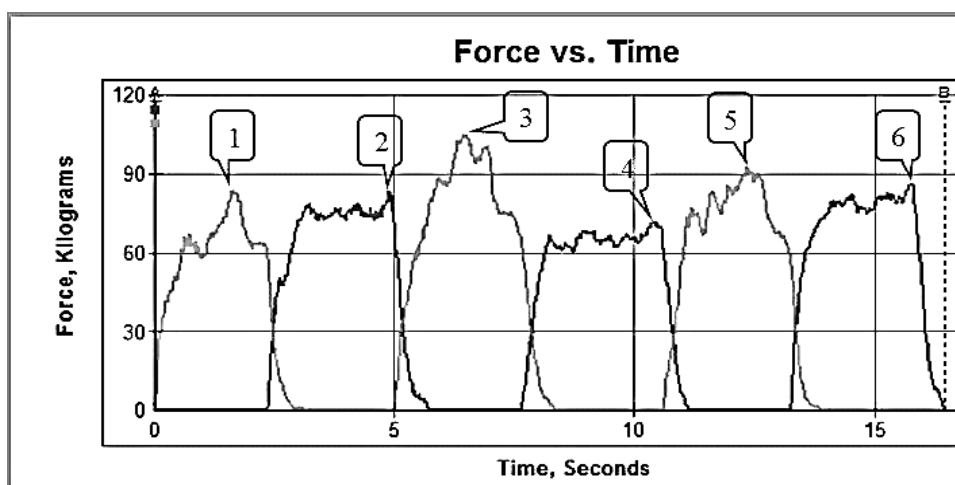





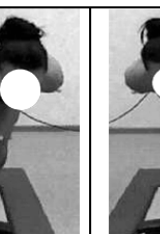
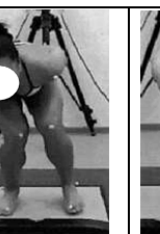
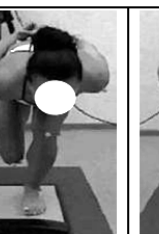
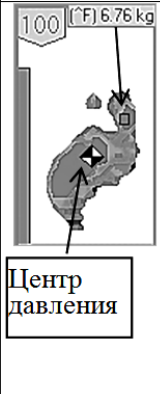





Рис. График зависимости силы, прикладываемой к опоре, от времени при выполнении трёх циклов имитации бега на коньках по прямой без помощи рук (пики 1, 3, 5 – левая стопа; пики 2, 4, 6 – правая стопа)

Цифрами над кривыми графика указаны моменты приложения наибольшей суммарной силы. На представленном графике заметна существенная разница значений силы, прикладываемой правой и левой стопами, а также силы, прикладываемой одной и той же стопой в разных шагах. Важно отметить и разницу характера распределения силы во времени. Если кривая приложения силы левой стопой имеет ярко выраженные пики, то аналогичная кривая правой стопы в большей степени тяготеет к форме плато при достижении определённого значения.

С точки зрения педобарографической характеристики техники бега в конькобежном спорте, большой интерес представляет наглядное изображение распределения давления по поверхности подошвы спортсменки. Такая наглядность реализуется с помощью бароплантограмм (профилей давления).

Таблиця 1

Оперативные позы, бароплантограммы, значения суммарной и максимальной силы в моменты приложения наибольшей суммарной силы к опоре (в соответствии с рисунком)

1	2	3	4	5	6
Позы					
					
					
Суммарная сила (кг)					
83,95	83,79	105,02	72,10	92,77	86,66
Максимальная сила (кг)					
6,76	7,89	11,88	8,85	10,78	8,52

Как видно из таблицы 1, в моменты приложения наибольшей суммарной силы правая и левая стопы по-разному взаимодействуют с опорой: левая стопа – только передней частью подошвы, правая – пяточной и передней. Этим объясняется и разница в расположении центра давления и участка приложения максимальной силы.

В таблицах 2–4 представлены значения длительности контакта, суммарной и средней силы, прикладываемой к опоре, для трёх циклов рассматриваемого технического приёма. Кроме того, в таблицах приведены суммы значений для каждой ноги, средние значения в расчёте на один шаг, а также абсолютные и относительные значения разности (из значения правой ноги вычиталось значение левой), характеризующие степень симметричности данного двигательного действия. Оптимальным считается стремление разности значений показателей к нулю.

Таблиця 2

Значения длительности контакта с опорой при выполнении имитации бега по прямой

№ шага	Длительность контакта (с)		Разность Правая – Левая	
	Правая	Левая	с	%
1	3,38	3,12	0,26	7,69
2	3,50	3,32	0,18	5,14
3	3,24	3,26	-0,02	-0,62
Сумма	10,12	9,70	0,42	4,15
Ср. на 1 шаг	3,37	3,23	0,14	4,15

Как видно из таблицы 2, длительность контакта с опорой правой стопой больше в среднем на 4,15% по сравнению с аналогичным значением левой стопы. Такая же картина наблюдается и для каждого отдельного из рассматриваемых шагов за исключением шага 3, в котором наблюдается несколько бóльшая (на 0,62%) длительность по сравнению с правой. Данный факт свидетельствует о некоторой асимметрии работы ног.

Таблица 3

**Значения суммарной силы, приложенной к опоре
при выполнении имитации бега по прямой**

№ шага	Суммарная сила (кг)		Разность Правая – Левая	
	Правая	Левая	кг	%
1	9 781,08	7 669,77	2 111,31	21,59
2	9 523,08	10 911,00	-1 387,92	-14,57
3	10 266,90	9 735,68	531,22	5,17
Сумма	29 571,06	28 316,45	1 254,61	4,24
Ср. на 1 шаг	9 857,02	9 438,82	418,20	4,24

Показатель "суммарная сила" в данном случае обозначает сумму значений силы, зарегистрированных в каждый момент опроса сенсора в фазе опоры. Как и в случае с предыдущим показателем, наблюдается преимущество правой стопы над левой. При этом величина этого преимущества в относительном выражении (4,24 %) близка к такому же значению длительности контакта с опорой и свидетельствует о подобной асимметрии.

Таблица 4

**Значения средней силы, приложенной к опоре
при выполнении имитации бега по прямой**

№ шага	Средняя сила (кг) за 0,01 с		Разность Правая – Левая	
	Правая	Левая	кг за 0,01 с	%
1	28,94	24,58	4,36	15,05
2	27,21	32,86	-5,66	-20,79
3	31,69	29,86	1,82	5,76
Сумма	87,83	87,31	0,52	0,60
Ср. на 1 шаг	29,28	29,10	0,17	0,60

В значениях средней силы наблюдается заметное расхождение в показателях левой и правой стоп и поочерёдное преимущество одной из ног. При этом разность составляет отминус 20,79 % до 15,05 %, что свидетельствует о недостаточно точном дифференцировании силовых параметров движения.

Выводы. Таким образом, компьютерный педограф-платформа HR MatTekscan предоставляет широкие возможности для оценки качества выполнения отталкивания при имитации техники бега по прямой в конькобежном спорте. Наглядность характера взаимодействия спортсмена с опорой может быть обеспечена посредством графика зависимости силы, прикладываемой к опоре, от времени её приложения, а также бароплантограмм интересующих моментов выполнения двигательного действия с указанием расположения центра давления, участка приложения максимальной силы и её значения. Дополнительные параметры, такие как длительность контакта с опорой, суммарная и средняя сила, степень их симметричности могут быть получены путём последующей обработки исходных данных в MSExcel.

Перспективами дальнейших исследований является изучение возможности определения стабилметрических параметров техники двигательных действий конькобежцев, соотнесение этих данных с информацией о характере распределения давления и последующая качественная оценка технических приёмов на основе количественных значений перечисленных параметров.

Использованные источники

1. Селуянов, В. Биомеханизмы циклических локомоций (спринтерский бег, велосипедный спорт, конькобежный спорт) / В. Селуянов // Наука в олимпийском спорте. – 2005. – № 2. – С. 169–181.
2. Воронов, А.В. Биомеханический анализ техники бега на коньках / А.В. Воронов, Ю.С. Лемешева // Вестник спортивной науки. – 2012. – № 3. – С. 34–43.
3. Allinger, T.L. Skating technique for the straights, based on the optimization of a simulation model / T.L. Allinger, A.J. Van Den Bogert // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 1997. – V. 29. – N. 2. – P. 279–286.
4. HR Mat // Tekscan. Pressure Mapping, Force Measurement & Tactile Sensors [Electronic resource]. – Boston, 2016. – Mode of access : <https://www.tekscan.com/products-solutions/systems/hr-mat?tab=description>. – Date of access : 07.09.2016.

Semianiuk M., Bykov D.

USING THE HR MAT PLATFORM IN THE PUSH-OFF QUALITY ASSESSMENT OF THE SPEED SKATER MOVEMENTS

Improvement of the sports motor movements performance, carrying out in the interaction with solid support, requires a detailed study of the nature and characteristics of the pressure distribution on the surface of the body parts that are in contact with the support. In speed skating sportsman's spatial speed depends mainly on the character of the support (the skate blade) interaction. The identifying of the values of certain parameters of the interaction with a support for each individual athlete is possible only by using modern high-tech hardware and software systems, including, as a rule, sensors that perceive the pressure applied to them, electronic equipment that converts the sensor's analog signal into a digital, and a specialized software that allows you to operate the receiving data.

This article is devoted to studying the capabilities of the high-resolution mat system for capturing barefoot plantar pressure (Tekscan HR Mat) in the assessment of the individual parameters during the simulation of the push-off in the straight running in speed skating according to a study of interaction the athlete with support. The time and power related parameters of the pressure distribution on the surface of the support, allowed to assess the technique of the sportswoman's motor movements in the platform surface interaction, are described. The graphics of the dependence of the force applied to the support, according to the type of its appliance, characterizes the magnitude and symmetry of the force being exerted by both legs since its application. With the help of this graphics the evident difference of the magnitude and the character of the applied forces, as well as some asymmetry of these parameters revealed. Pressure profiles allow to visualize the pressure distribution pattern, as well as show the location of the center of pressure and the peak pressure application area at any given time during the movement performance. In addition to the listed parameters, the contact duration values, as well as total and average force applied to the support presented.

Key words: *speed skating, straight run technique, technique assessment, support interaction, push-off from the support, pressure distribution.*

Стаття надійшла до редакції 09.09.2016