



Научная статья

DOI: 10.15593/RZhBiomech/2022.3.04

УДК 531/534: [57+61]

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ И КИНЕМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ БРОСКА: АНАЛИЗ ДАННЫХ НАЦИОНАЛЬНОЙ СБОРНОЙ ИГРОКОВ ПО ХОККЕЮ НА ТРАВЕ

Р. Вали¹, С.М. Захра¹, М.Т. Назиир²

¹ Женский колледж Лахора, Лахор, Пакистан

² Университет Пенджаба, Лахор, Пакистан

О СТАТЬЕ

Получена: 21 июля 2021
Одобрена: 20 августа 2022
Принята к публикации: 19 сентября 2022

Ключевые слова:

антропометрия, кинематика, последовательность, скорость мяча, бросок.

АННОТАЦИЯ

Антропометрические и кинематические факторы оказывают значительное влияние на спортивные результаты. Цель исследования – количественно оценить применение кинематических навыков при выполнении штрафного углового броска игроками национальной команды по хоккею на траве, и проанализировать влияние антропометрических, кинематических факторов мужчин и женщин на эффективность выполнения штрафного углового броска. В хоккейных клубах Пакистана было выбрано 16 игроков, мужчин и женщин поровну. Для измерения кинематических факторов эффективного выполнения броска проведен трехмерный биомеханический анализ с помощью системы захвата движения VICON и MATLAB. Применены анализ (ANCOVA), критерий Манна – Уитни (U) и множественная регрессия. Обнаружено, что игроки национальной команды не имеют одинаковой результативности в игре. Они обладают слабыми биомеханическими навыками, однако в результате игры мужчины были более стабильны по сравнению с женщинами. Пол игрока оказал значительное влияние на кинематические факторы броска. Возраст, рост, время ведения мяча, углы в левом коленном и правом локтевом суставах оказали существенное влияние на производительность игроков женского пола, в то время как расстояние, длина ведения мяча и ширина стойки значительно повлияли на игроков мужского пола. Обнаружено, что гендерные различия существенно влияют на выбранные кинематические факторы. Время броска и ширина стойки являются важными кинематическими факторами, которые зависят от пола игрока. Игрокам и тренерам следует обратить внимание на использование оптимального взаимодействия антропометрических факторов и кинематических навыков для достижения высокой скорости мяча при выполнении броска.

© ПНИПУ

Введение

Кинематические и антропометрические характеристики игроков считаются более активными факторами в хоккее на траве. Хоккей на траве состоит из нескольких этапов, однако штрафной угловой удар является

важнейшим из них, повышая шанс забить гол [13]. Анализируемая в работе техника броска *drag-flick* известна как самая результативная среди техник забивания гола в хоккее на траве, и правильное выполнение этой техники важно с точки зрения результативности [4]. Эта техника требует биомеханических и физиче-

© Вали Рабиа – аспирант, e-mail: rabiiazq@lcwu.edu.pk ID: 0000-0003-4889-8940

© Захра Седа Марьям – аспирант, e-mail: maryam.zahra@lcwu.edu.pk

© Назиир Мухаммед Тахир – доцент, e-mail: rabiiazq@lcwu.edu.pk ID: 0000-0001-8651-9847



Эта статья доступна в соответствии с условиями лицензии Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

ских навыков с оптимальным соотношением роста и веса.

Применение кинетических факторов коррелирует со скоростью брошенного мяча [6].

Результативность игрока оценивается по определенному ведению мяча на высокой скорости. Значения скорости мяча были рассчитаны с помощью радиолокационной пушки и обнаружено, что средняя скорость мяча 30,5 м/с. В ходе исследования установлено, что скорость мяча во время броска $31,85 \pm 0,86$ и $30,99 \pm 4,33$ м/с, значения получены среди игроков колледжа и национальной команды [10].

В хоккее на траве многие исследования проводились с помощью 3D-кинематического анализа броска [2; 4; 14; 15; 18; 19; 24; 25]. В указанных исследованиях получены кинематические характеристики броска игроков на международном уровне [7; 13; 14]. Аналогичным образом такие характеристики, как рост, вес, возраст игроков и их физиологические показатели имеют связь с результатами броска [24; 25]. Эксперты по хоккею на траве выделили 4 основные части: подход к мячу, контакт с мячом, ведение мяча и последующий удар. Установлено, что несколько биомеханических факторов влияют на скорость броска мяча [3; 17]. Также в исследованиях сообщалось, что высокая скорость полета мяча может быть достигнута при большой дистанции подхода к мячу, на высокой скорости клюшки и большом расстоянии ведения мяча [11; 12]. Сделан вывод, что положение локтя важно для точного броска, а также установлено, что разгибание локтя значительно увеличивает скорость полета мяча при броске [16; 18; 19].

В предыдущих исследованиях были проведены двухмерный (2D) и трехмерный (3D) биомеханические анализы характеристик броска, кинематические данные для которого были получены с помощью технологии *X-sense* (захват движения). Различные факторы, такие как скорость полета мяча, время подхода к мячу, углы в коленном и локтевом суставах, а также дистанция ведения мяча, проанализированы с помощью высокоскоростных камер и программного обеспечения [4].

Основываясь на предыдущих исследованиях, было оценено влияние антропометрических и кинематических компонентов на полет мяча у мужчин и женщин. Поэтому было изучено научное влияние антропометрических и кинематических компонентов на результативность игроков национальной команды в хоккее на траве.

Производительность броска игроков при ведении мяча может быть улучшена за счет оптимального использования антропометрических и кинематических факторов игрока [3; 8; 20].

Если элитные хоккеисты владеют биомеханическими навыками, они могут преуспеть. Таким образом, предполагалось, что антропометрические и кинематические факторы оказывают значительное влияние на производительность игроков.

Материалы и методы

Участники исследования

В данном исследовании участвовали 8 мужчин и 8 женщин, являющихся национальными элитными игроками. Игроки были отобраны из аккредитованных хоккейных клубов в Лахоре, Пакистан. Участники играли на международном, национальном или университетском уровнях. Они добровольно подписали согласие о принятии участия в исследовательской работе. Игроки не испытывали проблем со здоровьем.

Измерения

В ранних исследованиях использовалось программное обеспечение *Qualisys Track Manager, Max TRAQ 3D* для анализа движений, система захвата движения *VICON* и технология *X-sense* [2; 6; 12; 13]. Принимая во внимание научные данные, кинематическая методология 3D-видеографии для получения кинематических факторов броска с помощью системы захвата движения *VIVON* была адаптирована в лаборатории биомеханики Лахорского университета наук управления (*LUMS*), Лахор. Все игроки использовали личные стандартизированные клюшки с соответствующими комплектами и выполняли броски после соответствующей разминки. Использовался один стандартизированный мяч для хоккея на траве (вес 156–163 г и диаметр 12,5 см) с отражателем. На теле игроков закреплены 14 маркеров (рис. 1, а), а на хоккейной клюшке – 2 маркера. Измерения бросков регистрировались 16 камерами, 14 инфракрасными камерами (250 Гц) и 2 высокоскоростными видеокамерами (125 Гц). Для сбора, маркировки и фильтрации данных применялось программное обеспечение *MATLAB*. Все броски выполнены при неподвижном положении мяча на расстоянии полуметра от линии круга «D» перед стойкой ворот, без вратаря. Для статистического анализа использовались четыре лучших броска.

В данном исследовании кинематические измерения регистрировались с момента начала подачи до ее завершения [5]. Дистанция измерялась вручную; расстояние, время, скорость ведения мяча, ширина стопы и скорость мяча рассчитывались с помощью системы захвата движения *VICON* и программного обеспечения *MATLAB* (рис. 1). Средние углы в коленном и локтевом суставах рассчитаны с момента начала и до завершения подачи (рис. 2). Рост и вес игроков измерялись вручную с помощью имеющегося стандартизированного оборудования; возраст определялся в соответствии с регистрационными документами. Скорость мяча рассматривалась как зависимая переменная, в то время как другие переменные рассматривались как независимые.

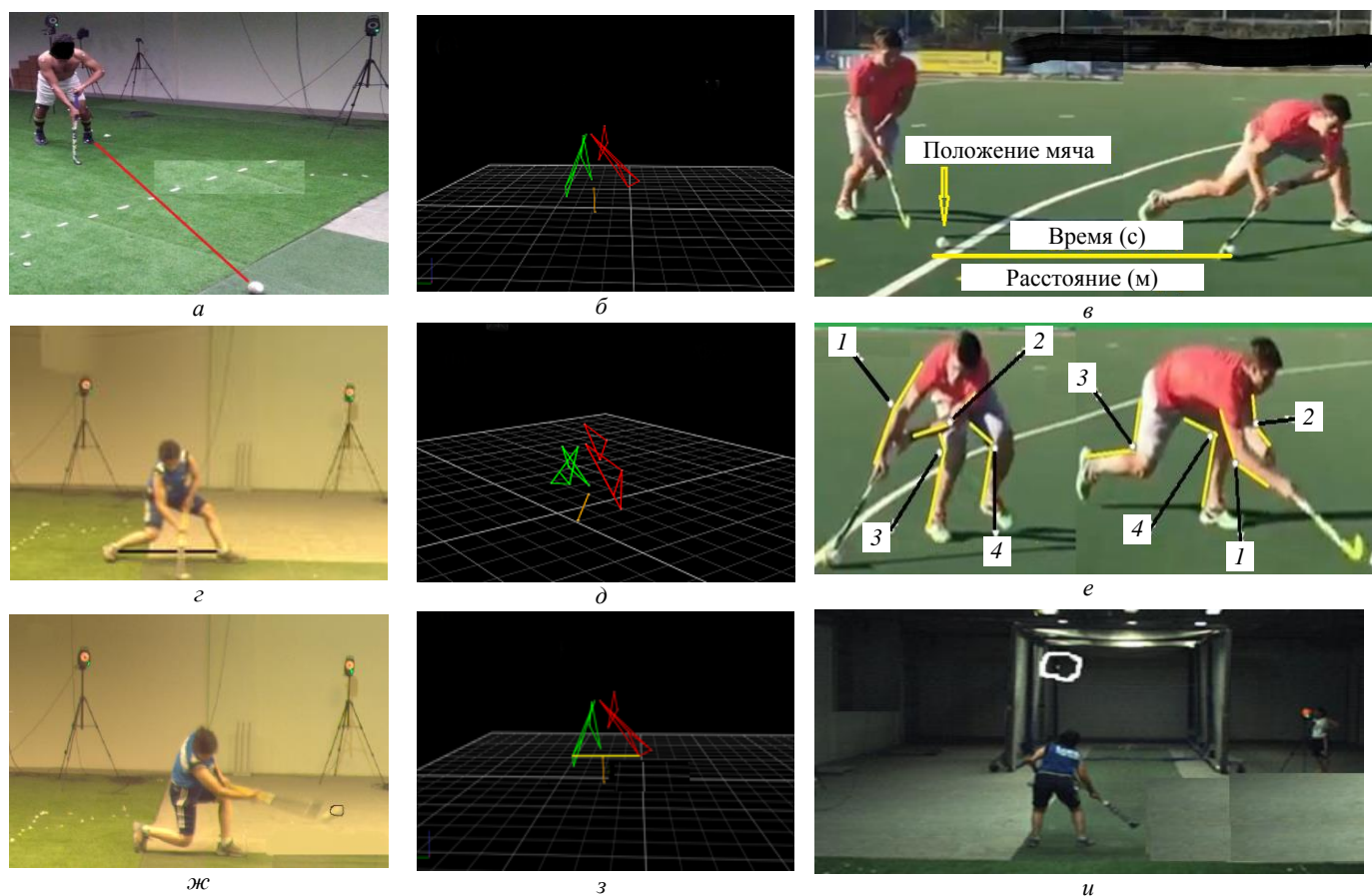


Рис. 1. Калибровка и измерение кинематических переменных: а – дистанция; б – начало подачи в системе VICON; в – ведение мяча от начала до конца; г – ширина стойки на земле; д – завершение подачи в системе VICON; е – калибровка локтевого (1 – правого, 2 – левого) и коленного (3 – правого, 4 – левого) углов; ж – отрыв мяча от клюшки; з – ширина стойки в системе VICON; и – достижение мяча стойки ворот

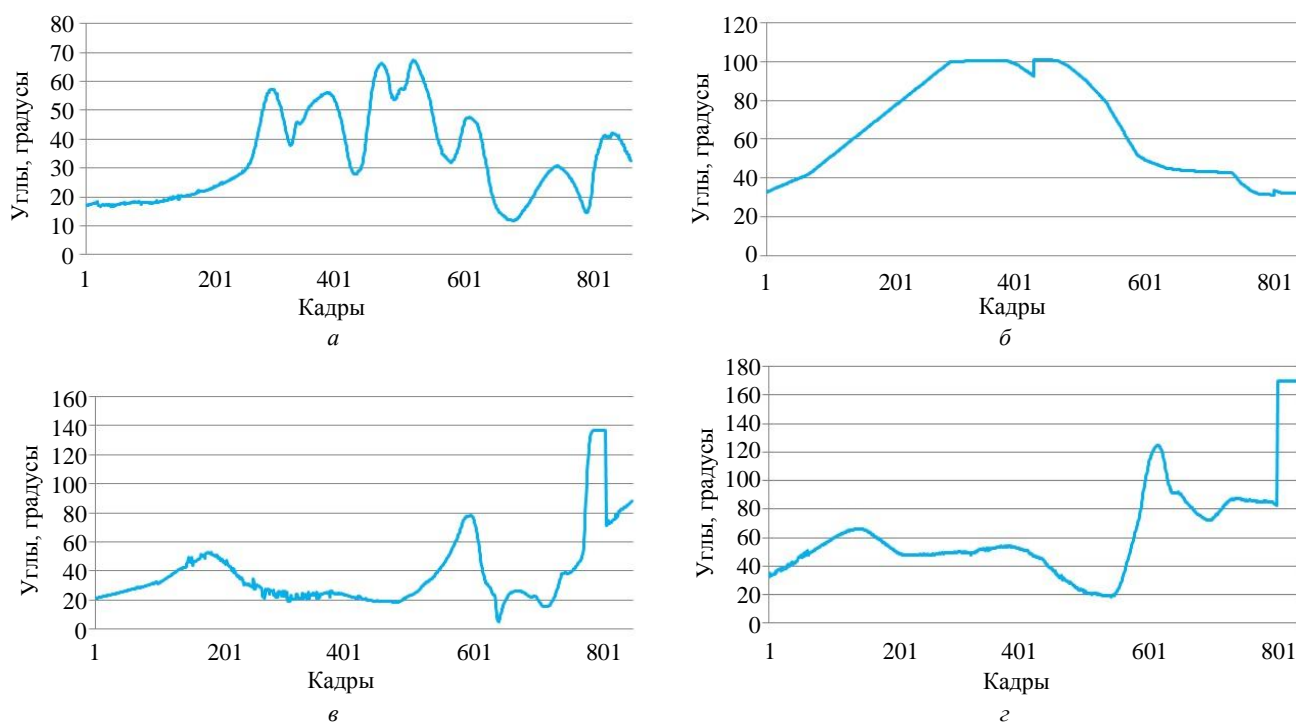


Рис. 2. Измерения среднего значения локтевого и коленного суставов в MATLAB: а – угол правого колена; б – угол левого колена; в – угол правого локтя; г – угол левого локтя

Статистический анализ

Для изложения данных использовалась описательная статистика, а для выявления гендерных различий в кинетических факторах был проведен критерий Манна – Уитни (*U*). Дисперсионный анализ с повторными измерениями применен для количественной оценки биомеханических навыков игроков. Корреляция Спирмена вычислена для изучения связи кинематических и антропометрических компонентов со скоростью мяча. Для изучения влияния кинестетических и антропометрических компонентов на производительность броска использован пошаговый метод множественной регрессии. Все эти статистические инструменты применены отдельно для групп игроков мужского и женского пола. Использовался уровень значимости $\alpha = 0,05$.

Результаты

Средний возраст игроков мужского и женского полов составил $19,63 \pm 1,90$ и $20,25 \pm 0,80$ г. Средний вес игроков женского пола – $49,00 \pm 4,19$ кг, а вес игроков мужского пола – $66,38 \pm 4,92$ кг; средний рост игроков женского пола составил $149,91 \pm 8,23$ см, а рост игроков мужского пола – $163,19 \pm 7,57$ см. В табл. 1 показаны

средние значения и стандартные отклонения выбранных динамических показателей для обоих полов. У игроков мужского пола достоверно выше были длина ведения мяча, время ведения мяча, дальность ведения мяча, скорость ведения мяча, ширина стойки и скорость мяча в сравнении с женской группой.

Результаты независимого критерия Манна – Уитни для гендерной группы отражены в табл. 1. Результаты показали, что значительные ($p < 0,01$) гендерные различия обнаружены в скорости мяча ($U = 142, p < 0,01$), дистанции ($U = 282, p < 0,01$), длине ведения мяча ($U = 33, p < 0,01$), времени ведения мяча ($U = 250, p < 0,01$), скорости ведения мяча ($U = 215, p < 0,01$), ширине стойки ($U = 259, p < 0,01$), угле правого коленного сустава ($U = 359, p < 0,05$), угле правого ($U = 349, p < 0,05$) и левого локтевых суставов ($U = 120, p < 0,05$). Незначительное различие между игроками мужского и женского полов обнаружено по углу левого коленного сустава. Результаты критерия Манна – Уитни представили убедительные доказательства опровержения гипотезы о том, что пол не оказывает влияния на кинематические факторы штрафного углового броска. Таким образом, установлено, что пол существенно влияет на кинематические факторы броска игрока.

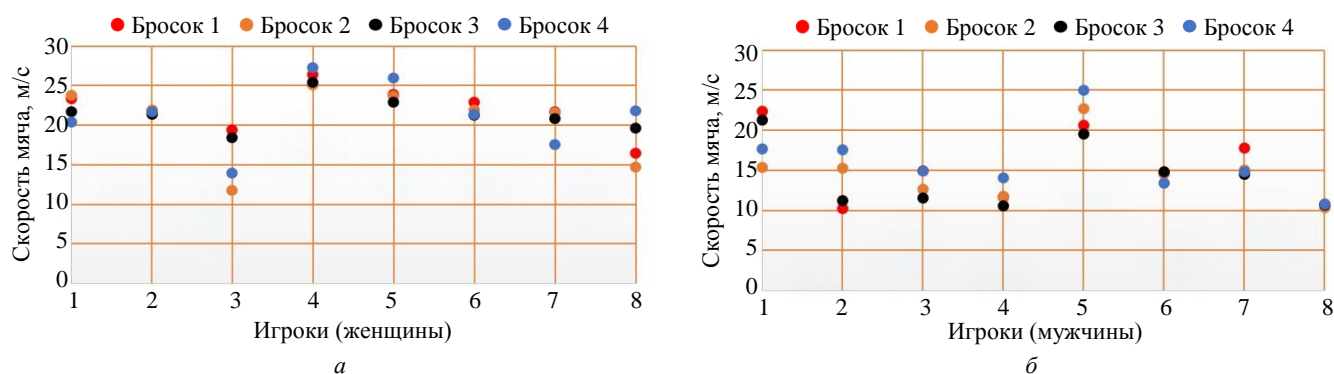


Рис. 3. Точечный график скорости мяча при четырех испытаниях: а – женщины; б – мужчины

Таблица 1

Результаты описательной статистики независимого критерия Манна – Уитни *U* (число бросков = 32 для каждой группы)

Кинематические факторы	Пол	Среднее значение	Стандартное отклонение	Средний ранг	<i>U</i>	<i>Z</i>	<i>p</i>
Скорость мяча, м/с	Женский	15,10	4,02	20,94	142	-4,97	0,000
	Мужской	21,31	3,53	44,06			
Дистанция, м	Женский	2,72	0,38	25,31	282	-3,09	0,002
	Мужской	3,05	0,40	39,69			
Длина ведения мяча, м	Женский	1,42	0,33	17,53	33	-6,43	0,000
	Мужской	2,15	0,26	47,47			
Время ведения мяча, с	Женский	0,31	0,09	24,31	250	-3,52	0,000
	Мужской	0,39	0,05	40,69			
Скорость ведения мяча м/с	Женский	4,69	1,04	23,22	215	-3,99	0,000
	Мужской	5,64	0,61	41,78			
	Мужской	1,27	0,19	40,41			
Угол в левом коленном суставе, °	Женский	54,75	17,42	34,22	457	-0,74	0,389
	Мужской	51,20	15,23	30,78			
Угол в правом коленном суставе, °	Женский	62,18	15,24	37,28	359	-2,05	0,069
	Мужской	55,78	12,20	27,72			
Угол в правом локтевом суставе, °	Женский	55,28	13,33	37,59	349	-2,19	0,314
	Мужской	52,78	4,00	27,41			
Угол в левом локтевом суставе, °	Женский	70,43	11,50	44,77	120	-5,27	0,000
	Мужской	58,47	3,87	20,23			

Таблица 2

Проверка нормальности данных, относящихся к четырем испытаниям

Попытка	Колмогорова – Смирнова			Шапиро – Уилка		
	статистика	<i>df</i>	<i>p</i>	статистика	<i>df</i>	<i>p</i>
Бросок 1, м/с	0,162	16	0,200	0,935	16	0,297
Бросок 2, м/с	0,232	16	0,021	0,880	16	0,039
Бросок 3, м/с	0,198	16	0,092	0,891	16	0,057
Бросок 4, м/с	0,151	16	0,200	0,952	16	0,530

Таблица 3

Описательная статистика скорости мяча, относящаяся к четырем испытаниям

Пол	Попытка	Среднее значение	Стандартное отклонение	<i>n</i>
Женщины	Бросок 1, м/с	15,34	4,54	8
	Бросок 2, м/с	14,74	3,71	8
	Бросок 3, м/с	14,28	4,15	8
	Бросок 4, м/с	16,03	4,23	8
Мужчины	Бросок 1, м/с	22,00	2,99	8
	Бросок 2, м/с	20,56	4,75	8
	Бросок 3, м/с	21,42	2,10	8
	Бросок 4, м/с	21,26	4,25	8
Комбинация	Бросок 1, м/с	18,67	5,06	16
	Бросок 2, м/с	17,65	5,10	16
	Бросок 3, м/с	17,85	4,87	16
	Бросок 4, м/с	18,64	4,90	16

Таблица 4

Критерий сферичности Моучли

Тип броска	Моучли <i>W</i>	Хи-квадрат	<i>df</i>	<i>p</i>	Эпсилон		
					Поправка Гринхауса – Гейссера	Поправка Хьюйна – Фельдта	Нижняя граница
Бросок женщины, м/с	0,117	12,266	5	0,034	0,451	0,520	0,333
Бросок мужчины, м/с	0,221	8,640	5	0,129	0,694	0,992	0,333
Бросок комбинированный, м/с	0,326	15,361	5	0,009	0,654	0,751	0,333

Таблица 5

Критерии MANOVA

Критерии MANOVA	Значение	<i>F</i>	Гипотеза <i>df</i>	Ошибка <i>df</i>	<i>p</i>	η^2
Критерий Пиллая	0,445	3,48	3	13	0,047	0,445
Критерий Уилкса	0,555	3,48	3	13	0,047	0,445
Критерий Хотгелинга	0,803	3,48	3	13	0,047	0,445
Критерий Роя	0,803	3,48	3	13	0,047	0,445

Распределение зависимой переменной, относящейся к четырем броскам, было нормальным, как описано в табл. 2, за исключением броска 2. Отношение коэффициентов асимметрии (0,209) и эксцесса (-1,584) к стандартному отклонению показало, что распределение скорости мяча в броске 2 было приблизительно нормальным. Таким образом, дисперсионный анализ с повторными измерениями применен к собранным данным при выполнении четырех испытаний, а результаты приведены в табл. 3 и 4. В табл. 3 представлены среднее значение и стандартное отклонение экспериментальных бросков для мужской, женской и комбинированной групп, а в табл. 4, 5 приведены результаты критерия сферичности Моучли и критериев MANOVA для женской, мужской и комбинированной групп, сферичность упоминается как равенство вариабельности о разнице между уровнями испытаний.

Предполагалось, что взаимосвязь между парами испытаний была одинаковой (в среднем все четыре броска совершены с одинаковой скоростью мяча).

Главной целью исследования было количественно оценить кинематические навыки национального игрока. Поэтому было выдвинуто предположение, что национальные игроки не обладают кинематическими навыками при броске. Это предположение было проверено с помощью дисперсионного анализа с повторными измерениями и критерия сферичности Моучли.

Рассмотрено значение *p* по критерию Моучли, которое было меньше 0,05 для комбинированных и женских групп, что означает нарушение предположения о сферичности на уровне значимости 5 %, в то время как значение *p* для мужской группы означает соблюдение сферичности. Таким образом, обнаружено значительное отличие между разными дисперсиями каждой пары

бросков для комбинированной и женской групп, но обратное утверждение справедливо для игроков мужского пола. В целом игроки непоследовательны при выполнении броска, в то время как мужчины более последовательны, чем женщины. Доказано, что мужчины-хоккеисты национальной команды обладают большими кинематическими навыками при броске по сравнению со своими сверстниками.

В целом предположение о сферичности было нарушено, поэтому *MANOVA* была рассчитана для комбинированной группы, а результаты приведены в табл. 4 и 5. В *MANOVA* для проверки значимости модели применены четыре типа критериев. Значения p во всех четырех критериях были меньше 0,05, поэтому с 95%-ной уверенностью можно утверждать, что существовала значительная разница в выполнении бросков. Результаты критерия Моучли на сферичность и многофакторных проверок (табл. 4) предоставили доказательства того, что было обнаружено значительное отличие между разными дисперсиями каждой пары бросков при уровне значимости 0,5 %. Получен вывод о существенной разнице в выполнении национальными игроками четырех попыток броска в хоккее на траве. Таким образом, было доказано, что в целом игроки команды не обладают надлежащими кинематическими навыками для выполнения броска с углового, в то время как игроки мужского пола обладают лучшими кинематическими навыками, чем игроки-женщины.

Регрессионные модели

Регрессионная модель (1) была подобрана авторами работ [22; 23; 26], чтобы выяснить влияние выбранных переменных на скорость мяча у игроков мужского и женского полов по отдельности, а результаты приведены в табл. 6 и 7.

Модель множественной регрессии описывается уравнением (1):

$$\begin{aligned} \text{Скорость мяча} = & \beta_0 + \beta_1(\text{дистанция}) + \beta_2(\text{длина ведения мяча}) + \beta_3(\text{время ведения мяча}) + \\ & \beta_4(\text{скорость ведения мяча}) + \beta_5(\text{ширина стойки}) + \\ & \beta_6(\text{угол в левом коленном суставе}) + \beta_7(\text{угол в правом коленном суставе}) + \beta_8(\text{угол в правом локтевом суставе}) + \beta_9(\text{угол в левом локтевом суставе}) + \\ & \beta_{10}(\text{возраст}) + \beta_{11}(\text{вес игрока}) + \\ & \beta_{12}(\text{рост игрока}) + e, \end{aligned} \quad (1)$$

где β_0 – начальная скорость, $\beta_1 - \beta_{12}$ – коэффициенты, $e = 2,7$.

В указанных таблицах представлены сводные данные окончательных моделей, результаты дисперсионного анализа (*ANOVA*) и коэффициенты регрессии с помощью пошагового метода. Краткое описание моделей в табл. 6 демонстрирует значения множественных корреляций ($R = 0,90$), R^2 ($R^2 = 0,81$), скорректированный R^2 ($AR^2 = 0,78$), стандартная ошибка расчета ($SE = 1,89$); и значения ста-

тистики изменений R^2 , F -статистика, степень свободы ($df1 = 1$, $df2 = 26$) и значение важности вероятности p . Значения R для обеих моделей в сводной таблице показали, что существуют сильные множественные корреляции между скоростью мяча и независимыми переменными. Значения R^2 и AR^2 показали, что в целом модели хорошо подходят, 81 и 87 % вариации скорости мяча могут быть описаны женской и мужской моделями. Значения стандартной ошибки расчета ($SE = 1,89$ и $1,33$) показали минимальную ошибку расчета для обеих моделей. Значения p в табл. 6 указывают на то, что изменения R^2 были значительными из-за исключения и включения независимых переменных в модели.

Результаты *ANOVA* в табл. 7 показали, что подогнанные модели были значимыми ($p < 0,01$). Это указывает на то, что регрессионные модели (1) и (2) могут быть использованы для прогнозирования скорости мяча на основе выбранных независимых переменных

$$\begin{aligned} \text{Скорость мяча} = & 73,18 + 15,14 (\text{время ведения мяча}) - 0,1 (\text{угол в левом коленном суставе}) - 0,13 \\ & (\text{угол в правом локтевом суставе}) - 1,35 (\text{возраст}) - \\ & 0,16 (\text{рост игрока}) \dots \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Скорость мяча} = & 1,75 - 2,54 (\text{дистанция}) + 4,61 \\ & (\text{длина ведения мяча}) + 13,65 (\text{ширина стойки}) \dots \end{aligned} \quad (3)$$

Коэффициенты регрессии (β), стандартная ошибка расчета (SE), стандартизированные коэффициенты регрессии ($Beta$), статистика T , значения вероятности p и факторы инфляции вариаций (VIF) для обеих моделей указаны в табл. 8. Коэффициенты регрессии для женской модели показали, что время торможения было положительным, в то время как угол левого колена, угол правого локтя, рост и возраст имели отрицательные последствия для производительности женских бросков.

Аналогично, данные табл. 8 также показали, что длина ведения мяча и ширина стойки оказывали положительное влияние, в то время как дистанция влияла на скорость мяча при броске у мужчин. SE -значения для каждого прогноза были очень малы, за исключением переменной времени ведения мяча, которая показала, что оценочные значения были ближе к линии регрессии.

Значения T и p раскрыли, что независимые переменные, такие как возраст игрока, рост, время ведения мяча, углы левого коленного и правого локтевого суставов, были значимыми для игроков женского пола, в то время как дистанция, длина ведения мяча и ширина стойки были значимыми при прогнозе для игроков мужского пола. Кроме того, $Beta$ -значения показали, что время ведения мяча было наиболее эффективным показателем скорости мяча для игроков женского пола, тогда как ширина стойки оказывала наибольшее влияние на игроков мужского пола. Меньшее количество значений VIF для каждой переменной указывало на то, что независимые переменные не коррелируют друг с другом.

Таблица 6

Краткое описание регрессионной модели

Модель	R	R ²	AR ²	SE	Статистика изменений				
					R ²	F	df1	df2	p
Женщины	0,90	0,81	0,78	1,89	0,03	4,73	1	26	0,04
Мужчины	0,93	0,87	0,86	1,33	0,05	10,71	1	28	0,00

Таблица 7

Краткое описание ANOVA

Модель	ANOVA	Сумма квадратов	df	Среднее значение квадрата	F	p
Женщины	Регрессионная	408	5	82	23	0,00
	Остаточная	93	26	4		
Мужчины	Регрессионная	336	3	112	64	0,00
	Остаточная	49	28	2		0,00

Таблица 8

Значимость коэффициентов регрессии для обеих моделей

Модель	Переменные	β	SE	Beta	T	p	VIF
Женщины	Константа	73,18	7,73		9,47	0,000	
	Время ведения мяча	15,14	5,03	0,33	3,01	0,010	0,6
	Левый угол в коленном суставе	-0,1	0,03	-0,43	-3,82	0,000	0,57
	Правый угол в локтевом суставе	-0,13	0,04	-0,42	-3,6	0,000	0,53
	Возраст	-1,35	0,29	-0,64	-4,6	0,000	0,37
	Рост	-0,16	0,07	-0,33	-2,18	0,040	0,31
Мужчины	Константа	1,75	5,65		0,31	0,760	
	Дистанция	-2,54	0,78	-0,29	-3,27	0,000	0,58
	Длина ведения мяча	4,61	1,09	0,34	4,24	0,000	0,71
	Ширина стойки	13,65	1,66	0,74	8,23	0,000	0,56

Обсуждение

Цель исследования – изучить кинематические навыки игроков в хоккей на траве и влияния выбранных антропометрических и кинематических факторов на скорость мяча. У команды игроков по хоккею на траве отсутствовали кинематические навыки при выполнении броска, и они не были столь эффективны в игре. Однако мужчины действовали более эффективно по сравнению с женщинами. Модель для женщин показала, что возраст, рост, время ведения мяча и углы правого локтевого и левого коленного суставов оказали значительное влияние на производительность. С другой стороны, модель для мужчин показала, что на скорость мяча при мужском броске существенно влияют дистанция, длина ведения мяча и ширина стойки.

Проанализирована взаимосвязь между скоростью мяча, максимальным разгибанием и угловой скоростью коленных суставов элитных игроков. Скорость мяча значительно коррелировала с длиной ведения мяча, шириной стойки и углом наклона левого коленного сустава [13]. Это исследование показало, что углы наклона левого коленного и правого локтевого суставов были гораздо эффективнее в исполнении броска женщинами. Кроме того, обнаружено, что длина ведения мяча и ширина стойки оказали положительное и значительное влияние на производительность игроков мужского пола.

Выявлено, что на скорость мяча влияет угловая скорость левого бедра и правого локтя [6]. В исследова-

нии был сделан вывод о том, что на скорость мяча игроков женского пола значительно и отрицательно влияло движение углов левого коленного и правого локтевого суставов, в то время как для игроков мужского пола указанные факторы оказались незначительными.

Получены важные факторы, влияющие на скорость мяча при выполнении броска в хоккее на траве [17; 22]. Показано, что длина ведения мяча и расстояние между левой ногой и неподвижным мячом оказывают существенное влияние на скорость мяча. Текущее исследование подтвердило, что длина ведения мяча и ширина стойки были наиболее важными факторами скорости мяча для мужчин, в то время как для женщин описанные переменные оказывали незначительное влияние.

Сообщалось, что физические компоненты, такие как плечо, рука и хват, имеют особое значение для броска. Исследование показало, что рост женщин существенен при выполнении броска. Движение локтя (угол наклона) важно для правильного удара при выполнении броска [19]. Получено, что разгибание локтя значительно увеличивает скорость мяча. Исследование показало, что средние значения углов левого коленного и правого локтевого суставов оказывали негативное влияние на скорость мяча у игроков женского пола, но были незначительными для игроков мужского пола. Скорость мяча достоверно коррелировала с длиной ведения мяча и направлением плеча [4; 9]. Исследование также показало, что длина ведения мяча оказывает значительное влияние на скорость мяча у игроков мужского пола.

Средняя ширина стойки мужской группы составила $1,27 \pm 0,19$ м, но *Ladro et al.* (2019) получили 1,23 м. Средняя скорость мужчин составила $21,31 \pm 3,53$ м/с, что было ниже скорости, о которой сообщили *Baker et al.* (2009), *Hussain et al.*, (2012) и *Lopez et al.*, (2010).

Заключение и рекомендации

Игроки национальной команды хоккея на траве обладали меньшими кинематическими навыками при выполнении броска, потому что они имели непоследовательную эффективность в игре. Однако мужчины были более эффективны, чем женщины. Замечено, что пол

оказывает значительное влияние на кинематические факторы броска. На скорость мяча у женщин существенно влияли возраст, рост, время ведения мяча, углы левого коленного и правого локтевого суставов, в то время как дистанция, длина ведения мяча и ширина стойки оказывали значительное влияние на скорость мяча. Получен вывод, что время ведения мяча и ширина стойки – наиболее влияющие кинематические факторы, и они отличаются в зависимости от пола. Игроки и тренеры должны учитывать оптимальные антропометрические и кинематические факторы, касающиеся пола игроков.

Список литературы

1. Anderson J. The influence of processing time on expert anticipation // *International Journal of Sport Psychology*. – 2009. – Vol. 40. – P. 476–488.
2. Ansari N.W., Bari M.A., Hussain I., Ahmad F. Three-dimensional kinematic analysis of the drag flick for accuracy // *Journal of Applied Sciences and Engineering Research*. – 2014. – Vol. 3, № 2. – P. 431–435.
3. Augustus S., Mundy P., Smith N. Support leg action can contribute to maximal instep soccer kick performance: an intervention study // *Journal of Sports Sciences*. – 2007. – Vol. 35, № 1. – P. 89–98.
4. Bari M.A., Ansari N.W., Hussain I., Ahmad F., Khan A. Three-dimensional analysis of variation between successful and unsuccessful drag-flick techniques in field hockey // *International Journal of Research Studies in Science, Engineering and Technology*. – 2014. – Vol. 1, № 2. – P. 74–78.
5. De Subijana C.L., Gómez M., Martín-Casado L., Navarro E. Training-induced changes in drag-flick technique in female field hockey players // *Biology of Sport*. – 2012. – Vol. 29, № 4. – Article № 263.
6. Eskiyecek C.G., Bingül B.M., Bulgan Ç., Aydın M. 3D biomechanical analysis of targeted and non-targeted drag-flick shooting technique in field hockey // *Acta Kinesiologica*. – 2018. – Vol. 2, № 12. – P. 13–19.
7. Gómez M., De Subijana C.L., Antonio R., Navarro E. The kinematic pattern of the drag-flick: a case study // *Journal of Human Kinetics*. – 2012. – Vol. 35. – Article № 27.
8. Gürol B., Yılmaz İ. Kinematic analysis of free through // *IU Journal of Sports Sciences*. – 2016. – Vol. 6, № 4. – P. 1303–1414.
9. Hassan R.S.S. Biomechanical Indicators contribution ratios of the ball velocity in aiming for the skill of ball hitting in field hockey // *World Journal of Sport Sciences*. – 2010. – Vol. 3. – P. 258–263.
10. Hussain I., Ahmed S., Khan S. Biomechanical study on drag-flick in field hockey // *International Journal Behavioral Social Mvt Sciences*. – 2012. – Vol. 1, № 3. – P. 186–193.
11. Hussain I., Mohammad A., Khan A., Bari M.A., Ahmad A., Ahmad S. Penalty stroke in field hockey: a biomechanical study // *International Journal of Sports Science and Engineering*. – 2011. – Vol. 5, № 1. – P. 53–57.
12. Ibrahim R., Faber G.S., Kingma I., van Dieën J.H. Kinematic analysis of the drag flick in field hockey // *Sports Biomechanics*. – 2017. – Vol. 16, № 1. – P. 45–57.
13. Ladru B.J., Langhout R., Veeger D.J., Gijssels M., Tak I. Lead knee extension contributes to drag-flick performance in field hockey // *International Journal of Performance Analysis in Sport*. – 2019. – Vol. 19, № 4. – P. 556–566.
14. López de Subijana C., Juárez D., Mallo J., Navarro E. Biomechanical analysis of the penalty corner drag-flick of elite male and female hockey players // *Sports Biomechanics*. – 2010. – Vol. 9, № 2. – P. 72–78.
15. López de Subijana C.L., Gómez M., Martín-Casado L., Navarro E. Training induced changes in drag-flick technique in female field hockey players // *Biology of Sport*. – 2012. – Vol. 29, № 4. – P. 263–268.
16. López de Subijana C.L., Juárez D., Mallo J., Navarro E. The application of biomechanics to penalty corner drag-flick training: a case study // *Journal of Sports Science and Medicine*. – 2011. – Vol. 10. – P. 590–595.
17. Palaniappan R., Sundar V. Biomechanical analysis of penalty corner drag flick in field hockey // *ISBS Proceedings Archive*. – 2018. – Vol. 36, iss. 1. – Article № 160.
18. Palaniappan R., Viswanath S. Biomechanical analysis of penalty corner drag-flick in field hockey // *ISBS Proceedings Archive*. – 2018. – Vol. 36, № 1. – Article № 690.
19. Ratko S., Cvetko S., Katarina H. Biomechanical analysis of free shooting technique in basketball about precision and position of the players // *XXIV ISBS Symposium “SAP-24”*. – Salzburg, 2006. – P. 1–4.
20. Roney F. Biomechanical analysis of drag flick in field hockey // *Sports Biomechanics*. – 2016. – Vol. 16. – P. 1–13.
21. Roy A. Drag-flicking will be India's strength says Ragunath // *Mail Online India*. – 2012, available at: <http://www.dailymail.co.uk/indiahome/indianews/article> (дата обращения: 10 февраля 2022).
22. Sattar S., Khan S., Iqbal S. Impact of self-esteem and body image on sports participation of female athletes // *The SKY-International Journal of Physical Education and Sports Sciences*. – 2020. – Vol. 4. – P. 65–80.
23. Tabassum F., Wali R., Baig B.A. Effects of imagery ability and imagery use on the performance of hockey players // *The Shield-Research Journal of Physical Education and Sports Sciences*. – 2020. – Vol. 15. – P. 66–86.
24. Verma S.K. Assessment of physical variables of drag flick performance in field hockey // *International Journal of Physics*. – 2014. – Vol. 7. – P.78–80.
25. Verma S.K. Relationship study of selected physiological variables to drag flick performance in field hockey //

International Journal of Physical Education, Health and Social Science. – 2014. – Vol. 3, № 1. – P. 1–3.
26. Wali R., Nazeer M.T., Tabassum F., Atta H., Haq A.U., Wahid A. Relationship of sports participation with achievement,

motivation, and innovation traits of the university students // Humanities & Social Sciences Reviews. – 2021. – Vol. 9, № 2. – P. 549–555.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

EFFECT OF ANTHROPOMETRIC AND KINEMATIC COMPONENTS ON DRAG-FLICK PERFORMANCE: A STUDY ON NATIONAL FIELD HOCKEY PLAYERS

R. Wali¹, S.M. Zahra¹, M.T. Nazeer²

¹ Lahore College for Women University, Lahore, Pakistan

² University of the Punjab, Lahore, Pakistan

ARTICLE INFO

Received: 21 July 2021
Approved: 20 August 2022
Accepted for publication: 19 September 2022

Key words:

anthropometric, kinematic, consistency, ball velocity, drag-flick.

ABSTRACT

The anthropometric and kinematic components have a significant influence on sports performance. This study aimed to quantify the degree to which national elite field hockey players incorporate kinematic skills in penalty corner drag-flick and examine the effect of both genders' anthropometric and kinematic components on the performance of penalty corner drag-flick. A sample of eight male and eight female players was selected from Hockey Clubs in Lahore, Pakistan. Three-dimensional biomechanical analysis was carried out to measure the kinematic variables of the drag-flick performance through the VICON motion capturing system and MATLAB software. The repeated measure of analysis (ANOVA), Mann-Whitney(*U*) test, and multiple regression were applied. It was found that the national elite players were not consistent in their performance. They had not much awareness of biomechanical skills, however, male players were more consistent in their performance as compared to female players. Gender had a significant effect on the kinematic components of the drag-flick. The age, height, drag time, left knee and right elbow angles had a significant effect on the performance of female players while the approach distance, drag length, and stance width had a significant effect on the performance of male players. It was also found that there were significant gender differences in selected kinematic components. It was concluded that drag time and stance width were the most influential kinetic components and that they differed by gender. The players and trainers should pay attention to utilizing the optimum interaction of anthropometric components and kinematic skills for high ball velocity in drag flick performance.