

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БРОСКА КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ФЛОРБОЛИСТОВ

Е.К.Бондаренко, магистрант

Веронский университет, Италия

К.К.Бондаренко, к.п.н., доцент

УО «ГТУ им.Ф.Скорины»

А.Е.Бондаренко, к.п.н., доцент

УО «ГТУ им.Ф.Скорины»

Ключевые слова: *кинематические характеристики, звенья тела, угловая скорость.*

Аннотация: В статье рассматриваются кинематические характеристики броска, выполненного квалифицированными флорболистами. Приведена схема движения, близкая к проксимально-дистальной последовательности, в которой осевые и боковые повороты туловища, сгибание правого запястья и разгибание левого запястья были основными факторами, влияющими на скорость конечной точки взаимодействия клюшки и мяча. Движения плеча и локтя в основном обеспечивали прямую траекторию движения мяча и удлиняли моментный рычаг туловища до конечной точки рукояти.

Повышение спортивного результата, основано на тщательном анализе проделанной тренировочной работы и оценке функционального состояния различных систем организма. В некоторых исследованиях осуществлялось изучение кинематических характеристик соревновательного движения, определяющее последовательность действия звеньев тела и вовлечение в конечной фазе движения конечного звена или спортивного снаряда, инициируя движение от проксимального конца самого большого звена, за которым следует проксимально-дистальная последовательность, а именно: вклады сегментов верхних конечностей во время ударов в бадминтоне [12]; кинематические характеристики движения во время выполнения гребка на байдарке [5, 16]; последовательности движений верхних и нижних конечностей в пожарноспасательном спорте [10, 11]; вращение в продольной оси в сегментарной проксимальной-дистальной последовательности в плавании [3, 8, 9]; кинематика последовательных движений звеньев тела в карате [2, 4]; биомеханика верхних конечностей в волейболе [1, 15]; проприоцептивные положения звеньев тела в хоккее [6, 7]; зависящая от навыка проксимально-дистальная последовательность броска в гандболе [13, 14].

Движение в этих исследованиях было описано как «принцип кинетической связи», который утверждает, что кинетическая энергия сегмента передается соседнему дистальному сегменту, как только он достигает своего максимума, так что каждый сегмент начинает или ускоряет свое движение относительно проксимального сегмента, когда соседний проксимальный сегмент достигает своей максимальной скорости.

На основе биомеханических параметров движения выявлено, что скорость конечного эффектора (исполнительного органа) будет максимальной только в том случае, если все соответствующие соединения одновременно достигнут своих пиковых угловых скоростей и будут полностью вытянуты, чтобы иметь самый длинный плечевой момент относительно конечного эффектора. Однако анатомические и физиологические ограничения делают принцип кинетической связи более общепринятой и наиболее вероятной оптимальной стратегией.

В отличие от удара по мячу, бросок позволяет поднять мяч при ударе по воротам, что делает его гораздо более угрожающей альтернативой удару. Бросок - это многоуровневая координационная задача, включающая обе верхние конечности в замкнутой цепи. Цель броска состоит в том, чтобы послать мяч в цель как можно точнее и быстрее.

Основываясь на предпочтении проксимально-дистальной последовательности в движениях броска, можно предположить, что флорболисты следуют принципу кинетической связи и принимают проксимально-дистальную последовательность в броске мяча. Однако, бросок выполняется двумя руками в замкнутом цикле и с расширенным контактом между клюшкой и мячом, в следствие чего, обычная проксимально-дистальная последовательность может быть не полностью выполнена. Кроме того, мы предположили, что сегмент туловища и все суставы верхних конечностей вносят существенный вклад в конечное ускорение.

Целью нашего исследования было проведение комплексного кинематического анализа броска у квалифицированных спортсменов.

Достижение высокой скорости крюка клюшки и, следовательно, мяча имеет важное значение для успешного выполнения броска во флорболе. Последовательность движений звеньев тела флорболиста, используемая для достижения максимизации скорости клюшки подчиняется законам биомеханики, но имеет индивидуальную структуру движения у флорболистов.

Кинематика удара по мячу изучалась на восемнадцати квалифицированных флорболистах, участвующих в чемпионате Италии. Спортсмены выполняли по двадцать ударов по мячу каждый в направлении цели, расположенной на высоте 1,2 метра. Использовалась система анализа движения, а также тензоплатформа. Были проанализированы угловая скорость и вклад в конечную скорость по оси суставов верхней части тела. Дополнительно проводилось сравнение временных параметров начальных и пиковых угловых скоростей в суставах. Участники использовали кинематическую модель, которая выполнялась в проксимально-дистальной последовательности. Осевое вращение туловища и боковое вращение в направлении движения, сгибание правого и разгибание левого запястья были основными факторами, влияющими на конечную скорость клюшки.

Перед началом исследования спортсмены выполнили разминку, которая включала в себя ряд активных более быстрых движений. Затем каждому участнику было поручено выполнить с помощью собственной клюшки двадцать бросков мяча, расположенным на расстоянии 15 м от цели.

Было использовано восемь маркеров, которые были прикреплены к различным сегментам тела - голени, тазу, грудной клетке, плечам и предплечьям. Кроме того, три отдельных маркера были прикреплены к клюшке (1 маркер на рукоятке и 2 на крюке клюшки). Анатомические системы координат сегментов были связаны с соответствующими маркерами с помощью оцифровки указанных анатомических ориентиров.

Для измерения времени нахождения на опоре правой и левой ступней были использованы две тензومترические пластины. Силловые пластины и зона броска были покрыты искусственным покрытием.

Для видеозаписи использовались две высокоскоростные камеры. Первая камера была размещена с правой стороны от спортсмена для записи движения в сагиттальной плоскости. Вторая камера располагалась над областью броска для фиксирования движения в поперечной плоскости. Кроме того, вторая камера использовалась для определения момента броска и расчета начальной скорости вылета мяча.

Весь кинематический анализ проводился с использованием специального программного обеспечения «MATLAB». Угловая скорость сегмента туловища была рассчитана относительно глобальной системы координат. Угловые скорости в плечах, локтях и запястьях рассчитывали, определяя скорость дистального сегмента относительно проксимального. Угловая скорость запястья была рассчитана как угловая скорость клюшки по отношению к предплечью. Бросок выполняется с перемещения, за которым следует касание опоры правой ногой, захват мяча, касание опоры левой ногой, фаза броска и фаза конечных движений. Фаза броска начинается при касании левой ногой опоры, и она занимает наибольший процент времени броска и служит для ускорения мяча до максимальной скорости.

Наши результаты показали, что фаза основных движений броска продолжается около 80%. Движение мяча при контакте с клюшкой в среднем проходит расстояние около 2,5 м от захвата до выпуска мяча. Начальная скорость выпуска составляла $37,4 \pm 1,1$ м / с. Во время фазы броска пронация правого предплечья и скорость внешнего вращения левого плеча достигли своих пиковых значений первыми. Впоследствии, разгибание правого запястья, сгибание левого запястья, супинация правого предплечья и скорость аддукции правого плеча достигли пиковых значений между 55 и 65% от продолжительности броска. Затем бросок завершился осевым вращением туловища, сгибанием левого плеча и скорости приведения левого плеча.

Во время фазы броска пиковые отрицательные значения движения правого и левого запястья совпадали с пиковыми значениями разгибания правого запястья и сгибания левого запястья, что соответствует фазовому запаздыванию оси туловища относительно правого предплечья. Правое плечо внесло максимальный положительный вклад в течение последней части фазы броска, вызванное аддукцией пика на правом плече, приведя плечо в соответствие с туловищем.

В конце фазы основных движений броска и в начале фазы конечных движений, левое плечо показало пиковый положительный вклад, в основном вызванный пиковым аддукцией левого плеча и внутренним вращением. Положительный вклад в правое запястье начался в начале конечных движений, что совпало с началом сгибания запястья и максимальным положительным включением туловища. Впоследствии, положительный вклад правого запястья достиг своего пика при выпуске мяча. Положительный вклад в левое запястье начался значительно позже, чем положительный вклад в конечные движения правого запястья. Основными факторами, влияющими на скорость выпуска мяча, были движения туловища (боковое и осевое вращение), сгибание правого запястья и разгибание левого запястья. Кроме того, движения плеча и движения правого локтя положительно не влияли на конечную скорость клюшки при отпуске мяча.

В нашем исследовании описывается кинематическая схема, которую флорболисты используют при выполнении броска. Как и предполагалось, результат движения в целом соответствовал проксимально-дистальной последовательности, осуществляемой по принципу кинетической связи.

Из-за замкнутой цепи образованной туловищем, руками и рукояткой клюшки, бросок требует, чтобы некоторые повороты дистальных сегментов происходили относительно раньше. Во время фазы броска пики в супинации правого предплечья и скорости пронации соответствовали продольным поворотам клюшки, выполненным для перемещения мяча вместе с крюком клюшки. Более того, флорболисты хватают клюшку руками на разных уровнях. Во время задержки (в фазе основных движений броска) происходит внешнее вращение левого плеча, позволяющее вытянуть правое запястье, сохраняя при этом движение мяча по прямой линии. Во время конечной фазы броска происходит внутреннее вращение левого плеча, позволяющее колебательные движения правой руки (сгибание правого запястья), сохраняя при этом прямую траекторию движения мяча.

Литература

1. Бондаренко А. Е. Модельные параметры нападающего удара в волейболе / А. Е. Бондаренко, Э. А. Гайков, Е. А. Мочалова / Игровые виды спорта: актуальные вопросы теории и практики : Сборник научных статей 1-й Международной научно-практической конференции, посвященной памяти ректора ВГИФК Владимира Ивановича Сысоева. (г. Воронеж, 23—24 октября 2018 г.) / редкол.: А. В. Сысоев [и др.]. — Воронеж : Издательскополиграфический центр «Научная книга», 2018. — С. 374-380.
2. Бондаренко К.К. Изменение характера движений при утомлении в карате / К. К. Бондаренко, А. Е. Бондаренко / Физическая культура, спорт, наука и образование Материалы II всероссийской научной конференции. Под редакцией С.С. Гуляевой, А.Ф. Сыроватской. 2018. - С. 68-72.
3. Бондаренко К.К. Рациональность кинематических и динамических структур узловых элементов гребкового движения в баттерфляе / К. К. Бондаренко, С. С. Волкова / Современные технологии физического воспитания и спорта в практике деятельности физкультурно-спортивных организаций Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции и Всероссийского конкурса научных работ в области физической культуры, спорта и безопасности жизнедеятельности. Под общей редакцией А.А. Шахова. 2019. - С. 235-239.

4. Бондаренко А.Е. Изменение кинематики движения при выполнении ударных действий в карате / А. Е. Бондаренко, К. К. Бондаренко, Л. В. Старовойтова, Е. А. Мочалова / Материалы докладов 51-ой Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : Сборник научных материалов. В 2-х томах. Т.1. 2018. - С. 422-424.
5. Бондаренко К.К. Влияние утомления мышц на кинематику движений при гребле на байдарке / К. К. Бондаренко, Д. А. Хихлуха, А. Е. Бондаренко, С. В. Шилько // Российский журнал биомеханики. 2010. Т. 14. № 1. - С. 48-55.
6. Бондаренко К.К. Кинематические параметры положения коленного сустава при скольжении на лезвии конька / К.К. Бондаренко / Современные технологии физического воспитания и спорта в практике деятельности физкультурно-спортивных организаций: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции и Всероссийского конкурса научных работ в области физической культуры, спорта и безопасности жизнедеятельности. 26 апреля 2019 года / Под общ. ред. доц. А.А. Шахова – Елец: ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», 2019. – 231-234
7. Бондаренко К.К. Биомеханические характеристики движений в коленных суставах хоккеистов / К. К. Бондаренко / II Европейские игры – 2019: психолого-педагогические и медико-биологические аспекты подготовки спортсменов : материалы Междунар. науч.- практ. конф., Минск, 4–5 апр. 2019 г. : в 4 ч. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры ; редкол. : С. Б. Репкин (гл. ред.), Т. А. Морозевич-Шилок (зам. гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУФК, 2019. – Ч. 2. – С. 3942
8. Бондаренко К.К. Узловые элементы движения конечностей в плавании способом баттерфляй / К. К. Бондаренко, С. С. Волкова / II Европейские игры – 2019: психолого-педагогические и медико-биологические аспекты подготовки спортсменов : материалы Междунар. науч.- практ. конф., Минск, 4–5 апр. 2019 г. : в 4 ч. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры ; редкол. : С. Б. Репкин (гл. ред.), Т. А. Морозевич-Шилок (зам. гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУФК, 2019. – Ч. 2. – С. 42-45
9. Волкова С.С. Биодинамика движений пловца на основе учета узловых элементов / С.С.Волкова, К.К.Бондаренко / Актуальні проблеми громадського здоров'я : матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Освіта і здоров'я» / відповід. ред. І. О. Калиниченко, наук. ред. М. О. Лянной. Т.2. – Суми : ФОП Цьома С. П. – С. 25-27.
10. Григоренко Д.Н. Кинематический и силовой анализ соревновательных упражнений при беге с препятствиями / Д. Н. Григоренко, К. К. Бондаренко, С. В. Шилько // Российский журнал биомеханики. 2011. Т. 15. № 3. - С. 61-70.
11. Григоренко Д. Н. Анализ кинематических параметров движений в упражнении «Подъем по штурмовой лестнице на четвертый этаж учебной башни» / Д. Н. Григоренко, К. К. Бондаренко, С. В. Шилько // Российский журнал биомеханики. – 2012. – Т. 16. – № 2. – С. 95–106.
12. Коршук М. М. Оценка физической работоспособности бадминтонистов / М. М. Коршук, Т. А. Ворочай, Д. А. Ковалев, К. К. Бондаренко / Игровые виды спорта: актуальные вопросы теории и практики : Сборник научных статей 1-й Международной научно-практической конференции, посвященной памяти ректора ВГИФК Владимира Ивановича Сысоева. (г. Воронеж, 23—24 октября 2018 г.) / редкол.: А. В. Сысоев [и др.]. — Воронеж : Издательскополиграфический центр «Научная книга», 2018. — С. 241-245
13. Маджаров А. П. Планирование тренировочного процесса гандболисток с учетом срочных адаптационных процессов мышечной деятельности / А. П. Маджаров, К. К. Бондаренко // Перспективные направления в области физической культуры, спорта и туризма: Материалы VIII всероссийской научнопрактической конференции с международным участием (г. Нижневартовск, 23–24 марта 2018 г.) / Отв. ред. Л.Г. Пашенко – Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2018 – С. 329-331.
14. Маджаров А. П. Планирование тренировочного процесса гандболисток на основе анализа адаптационных процессов организма / А. П. Маджаров, К. К. Бондаренко // Современные проблемы физической культуры, спорта и молодежи: материалы региональной научной конференции молодых ученых (28 февраля 2018 года) / под ред. А.Ф. Сыроватской. - Чурапча: ЧГИФКиС, 2018. – С. 302-305.
15. Мочалова Е.А. Изменение функционального состояния скелетных мышц при выполнении нападающего удара в волейболе / Е. А. Мочалова, С. С. Волкова, К. К. Бондаренко / Научные исследования – инструмент для новых возможностей развития : материалы Международной научно-практической конференции. Том III. 27 апрель – Шымкент: Типография «Әлем», 2018. - С. 400-403.
16. Хихлуха Д. А. Кинематические составляющие движений гребли на байдарке / Д. А. Хихлуха, К. К. Бондаренко, А. Е. Бондаренко / Перспективные направления в области физической культуры, спорта и туризма : Материалы VIII всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Ответственный редактор Л.Г. Пашенко. 2018. - С. 580-583.