

Евгения Константиновна Бондаренко,
магистрант,
Веронский университет,
г. Верона, Италия

Алла Евгеньевна Бондаренко,
канд. пед. наук, доцент,
Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
г. Гомель, Республика Беларусь

Биомеханика выполнения броска во флорболе

В статье рассматриваются биомеханические характеристики броска мяча клюшкой во флорболе. Приведена схема движения броска, влияющая на скорость конечной точки взаимодействия крюка клюшки и мяча.

Ключевые слова: кинематические характеристики, звенья тела, угловая скорость, сегменты тела

Yevgenia K. Bondarenko,
Master Student,
University of Verona,
Verona Italy

Alla E. Bondarenko,
Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Francysk Skaryna Gomel State University,
Gomel, Republic of Belarus

Floorball Throwing Biomechanics

The article discusses the biomechanical characteristics of a throwing ball with a club in floorball. The scheme of the motion of the throw is shown, which affects the speed of the end point of interaction of the club and club hooks.

Keywords: kinematic characteristics, body links, angular velocity, body segments

Повышение результативности в спортивной деятельности основано на тщательном анализе проделанной тренировочной работы и оценке функционального состояния различных систем организма. Проведённые ранее исследования позволили изучить кинематические параметры соревновательного движения, определяющие последовательность действия звеньев тела и вовлечение в конечной фазе движения конечного звена или спортивного снаряда. Данная последовательность действий в биокинематической цепи инициирует движение от проксимального конца самого большого звена, за которым следует проксимально-дистальная последовательность, а именно: определение вклада сегментов верхних конечностей во время ударов в бадминтоне [12]; структура кинематики движения при выполнении гребка на байдарке [5; 16]; последовательность движений верхних и нижних конечностей в пожарно-спасательном спорте [10; 11]; вращение в продольной оси в сегментарной проксимально-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]; зависимость от навыка

проксимально-дистальной последовательности броска в гандболе [13; 14].

Все движения в этих исследованиях описываются как «принцип кинетической связи», который подразумевает, что кинетическая энергия сегмента передаётся соседнему дистальному сегменту, как только он достигает своего максимума. В этом случае каждый сегмент начинает или ускоряет своё движение относительно проксимального сегмента, когда соседний проксимальный сегмент достигает своей максимальной скорости.

Анализ биомеханики движений позволил выявить, что достижение максимальной скорости конечного эффектора будет только в том случае, если все соответствующие соединения звеньев цепи одновременно достигнут своих пиковых угловых скоростей и будут полностью вытянуты для достижения самой большой длины плечевого момента относительно конечного эффектора. Вместе с тем, анатомические и физиологические ограничения делают принцип кинетической связи более общепринятой и наиболее вероятной оптимальной стратегией.

Выполнение броска мяча позволяет поднять его при атаке ворот, что делает бросок более угрожающей альтернативой удару. Бросок – это многоуровневая координацион-

ная задача, включающая обе верхние конечности в замкнутой цепи. Цель броска состоит в том, чтобы послать мяч в цель как можно точнее и быстрее.

Определяя предпочтение проксимально-дистальной последовательности при выполнении броска, можно предположить, что, следуя принципу кинетической связи, флорболисты используют проксимально-дистальную последовательность при выполнении броска мяча. Вследствие того, что бросок выполняется двумя руками в замкнутом цикле и с расширенным контактом между клюшкой и мячом, 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 определение биомеханических характеристик броска у флорболистов.

Достижение высокой начальной скорости вылета мяча имеет особое значение для успешного выполнения броска во флорболе. Последовательность движений звеньев тела спортсмена, используемая для достижения максимизации скорости клюшки, подчиняется законам биомеханики, но имеет индивидуальную структуру движения.

Биомеханические характеристики выполнения броска изучались на восемнадцати квалифицированных флорболистах. Спортсмены выполняли по двадцать ударов по мячу каждый в направлении цели, расположенной на высоте 1,2 м.

Анализ биомеханических характеристик осуществлялся посредством системы видеонализа движения и использования тензоплатформы. Определялись 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.

Исследование выполнялось после проведения разминки, включающей в себя ряд активных более быстрых движений. После разминки каждый спортсмен выполнял с помощью собственной клюшки двадцать бросков мяча, расположенного на расстоянии 15 м от цели.

При задействовании системы видеонализа движения использовались маркеры, прикреплённые 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.

Две тензометрические платформы фиксировали время нахождения на опоре правой и левой ступней. Тензометрические пластины и сама зона броска были покрыты искусственным покрытием.

Видеозапись движения осуществлялась двумя высокоскоростными камерами. Первая камера была размещена с правой стороны от спортсмена для записи движения в сагиттальной плоскости. Вторая камера располагалась над областью броска для фиксации движения в поперечной плоскости. Кроме того, вторая камера использовалась для определения момента броска и расчёта начальной скорости вылета мяча.

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, она занимает наибольший процент времени броска и служит для ускорения мяча до максимальной скорости.

В результате проведённых исследований выявлено, 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 и сгибанием левого плеча.

Пиковые отрицательные значения движения правого и левого запястья во время фазы броска 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, вызванного аддукцией пика на правом плече, приведя плечо в соответствие с туловищем.

Левое плечо показало пиковый положительный вклад, в основном вызванный пиковой аддукцией левого плеча и внутренним вращением в конце фазы основных движений броска и в начале фазы конечных движений. 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.

Кинематическая схема, описанная в нашем исследовании, является наиболее оптимальной при выполнении броска мяча во флорболе. Как и предполагалось, результат движения в целом соответствовал проксимально-дистальной последовательности, осуществляемой по принципу кинетической связи.

Некоторые повороты дистальных сегментов происходят относительно раньше из-за замкнутой цепи, образованной туловищем, руками и рукоятью клюшки. 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, вызывающее колебательные движения правой руки (сгибание правого запястья), сохраняя при этом прямую траекторию движения мяча.

Список литературы

1. Бондаренко А. Е., Гайков Э. А., Мочалова Е. А. Модельные параметры нападающего удара в волейболе // Игровые виды спорта: актуальные вопросы теории и практики: материалы I Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти ректора ВГИФК В. И. Сысоева (г. Воронеж, 23–24 окт. 2018 г.) / под ред. А. В. Сысоева [и др.]. Воронеж: Научная книга, 2018. С. 374–380.
2. Бондаренко К. К., Бондаренко А. Е. Изменение характера движений при утомлении в карате // Физическая культура, спорт, наука и образование: материалы II Всерос. науч. конф. / под ред. С. С. Гуляевой, А. Ф. Сыроватской. Чурапча: ЧГИФКиС, 2018. С. 68–72.
3. Бондаренко К. К., Волкова С. С. Рациональность кинематических и динамических структур узловых элементов гребкового движения в баттерфляе // Современные технологии физического воспитания и спорта в практике деятельности физкультурно-спортивных организаций: материалы Всерос. науч.-практ. конф. и Всерос. конкурса науч. работ в области физической культуры, спорта и безопасности жизнедеятельности. Елец: ЕГУ им. И. А. Бунина, 2019. С. 235–239.
4. Бондаренко А. Е., Бондаренко К. К., Старовойтова Л. В. Изменение кинематики движения при выполнении ударных действий в карате // Материалы докладов 51-й Междунар. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов: в 2 т. Т. 1. Витебск, 2018. С. 422–424.
5. Бондаренко К. К., Хихлуха Д. А., Бондаренко А. Е. Влияние утомления мышц на кинематику движений при гребле на байдарке // Российский журнал биомеханики. 2010. Т. 14, № 1. С. 48–55.
6. Бондаренко К. К. Кинематические параметры положения коленного сустава при скольжении на лезвии конька // Современные технологии физического воспитания и спорта в практике деятельности физкультурно-спортивных организаций: материалы Всерос. науч.-практ. конф. и Всерос. конкурса научных работ в области физической культуры, спорта и безопасности жизнедеятельности. Елец: ЕГУ им. И. А. Бунина, 2019. С. 231–234.
7. Бондаренко К. К. Биомеханические характеристики движений в коленных суставах хоккеистов // II Европейские игры – 2019: психолого-педагогические и медико-биологические аспекты подготовки спортсменов: материалы междунар. науч.-практ. конф. (г. Минск, 4–5 апр. 2019 г.): в 4 ч. Ч. 2 / под ред. С. Б. Репкина [и др.]. Минск: БГУФК, 2019. С. 39–42.
8. Бондаренко К. К., Волкова С. С. Узловые элементы движения конечностей в плавании способом баттерфляй // II Европейские игры – 2019: психолого-педагогические и медико-биологические аспекты

подготовки спортсменов: материалы междунар. науч.-практ. конф. (г. Минск, 4–5 апр. 2019 г.): в 4 ч. Ч. 2 / под ред. С. Б. Репкина [и др.]. Минск: БГУФК, 2019. С. 42–45.

9. Волкова С. С., Бондаренко К. К. Биодинамика движений пловца на основе учёта узловых элементов // Актуальні проблеми громадського здоров'я: матеріали IX Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Освіта і здоров'я» / відповід. ред. І. О. Калиниченко, наук. ред. М. О. Лянной. Суми: ФОП Цьома С. П. С., 2018. Т. 2. С. 25–27.

10. Григоренко Д. Н., Бондаренко К. К., Шилько С. В. Кинематический и силовой анализ соревновательных упражнений при беге с препятствиями // Российский журнал биомеханики. 2011. Т. 15, № 3. С. 61–70.

11. Григоренко Д. Н., Бондаренко К. К., Шилько С. В. Анализ кинематических параметров движений в упражнении «Подъём по штурмовой лестнице на четвёртый этаж учебной башни» // Российский журнал биомеханики. 2012. Т. 16, № 2. С. 95–106.

12. Коршук М. М., Ворочай Т. А., Ковалев Д. А. Оценка физической работоспособности бадминтонистов // Игровые виды спорта: актуальные вопросы теории и практики: материалы I Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти ректора ВГИФК В. И. Сысоева. (г. Воронеж, 23–24 окт. 2018 г.) / под ред. А. В. Сысоева [и др.]. Воронеж: Научная книга, 2018. С. 241–245.

13. Маджаров А. П., Бондаренко К. К. Планирование тренировочного процесса гандболисток с учётом срочных адаптационных процессов мышечной деятельности // Перспективные направления в области физической культуры, спорта и туризма: материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. 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., Бондаренко К. К. Планирование тренировочного процесса гандболисток на основе анализа адаптационных процессов организма // Современные проблемы физической культуры, спорта и молодёжи: материалы регион. науч. конф. молодых учёных (28 февр. 2018 г.) / под ред. А. Ф. Сыроватской. Чурапча: ЧГИФКиС, 2018. С. 302–305.

15. Мочалова Е. А., Волкова С. С., Бондаренко К. К. Изменение функционального состояния скелетных мышц при выполнении нападающего удара в волейболе // Научные исследования – инструмент для новых возможностей развития: материалы междунар. науч.-практ. конф. Чебоксары: Интерактив плюс, 2018. Т. 3. С. 400–403.

16. Хихлуха Д. А., Бондаренко К. К., Бондаренко А. Е. Кинематические составляющие движений гребли на байдарке // Перспективные направления в области физической культуры, спорта и туризма: материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Пермь, 2018. С. 580–583.

УДК 796.012.444.2:796.853.26

Константин Константинович Бондаренко,
канд. пед. наук, доцент, зав. кафедрой,
Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
г. Гомель, Республика Беларусь

Биомеханическая структура ударных действий в карате

В работе рассматриваются биомеханические параметры ударных действий в зависимости от характера выполнения одноимённой или разноимённой рукой. Приведены параметры скоростей звеньев при выполнении ударных действий ногой и среднegrupповые значения скоростей звеньев тела при выполнении удара.

Ключевые слова: пространственно-временные характеристики, траектории движения, ударные действия

Konstantin K. Bondarenko,
Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of Department,
Francysk Skaryna Gomel State University,
Gomel, Republic of Belarus

Biomechanical Structure of Shock Actions in Karate

The biomechanical parameters of shock actions are considered in the paper, depending on the nature of the execution with the same or opposite hand. The parameters of the speeds of the links when performing impact actions with the foot and the average group values of the speeds of the links of the body when performing the impact are given.

Keywords: spatio-temporal characteristics, trajectories of motion, shock actions