

## БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ МОДЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ НАПАДАЮЩЕГО УДАРА В ВОЛЕЙБОЛЕ

Методами тензометрии, оптоэлектронной регистрации и электромиографии изучены определяющие биомеханические модельные характеристики выполнения нападающего удара в волейболе. Доказано, что показателем технико-тактического мастерства спортсмена в спортивных играх, связанного с успешной реализацией оперативно-тактических решений, могут служить выполнение технических приемов при оптимальном значении стабильности кинематических характеристик (формы движения), а также определенная последовательность включения в работу необходимых мышц и стабильность их показателей (механизм движения). При выполнении точных нападающих ударов наиболее высокие коэффициенты вариаций показателей электрической активности наблюдаются в основной фазе движений. Следовательно, внутренние механизмы когнитивной программы игрового действия формируются в подготовительной фазе, а реализуются в основной фазе через моторную программу под контролем высших отделов центральной нервной системы.

**Ключевые слова:** биомеханика; электромиография; волейбол; нападающий удар; модельные характеристики.

Условия двигательной задачи существуют объективно, но сознание выделяет и фиксирует ее условия субъективно в соответствии с пониманием сущности задачи. Эффект двигательного действия зависит от понимания задачи, от осознания ее требования и условий. По своим характеристикам двигательное действие определяется именно тем, как субъект понимает задачу. В зависимости от типа двигательной задачи внимание обучаемого (спортсмена) фиксируется либо на динамике, либо на кинематике действия, либо попеременно на одной из этих характеристик, но всегда на основе действия, которое должно быть освоено максимально приближенно к требованиям техники [1, 2].

Среди методов построения количественных оценок модельных характеристик выделяются четыре группы: математическая экстраполяция, экспертные оценки, нормы, моделирование условий спортивной деятельности на стендах [3]. Особый интерес представляет моделирование деятельности спортсмена на исследовательских стендах [4]; здесь обоснована принципиальная возможность моделирования внешних условий, в которых может выполняться спортивное упражнение.

В спортивных играх в настоящее время актуальны задачи разработки и использования технических устройств, которые могут практически применяться на всех этапах спортивной подготовки; основными являются тренажеры для развития тактического мышления и формирования навыков оптимальной деятельности в игровом процессе [5].

Цель исследования – изучить определяющие биомеханические модельные характеристики выполнения нападающего удара в волейболе.

**Материалы и методы исследования.** Анализ структуры движений технического приема «нападающий удар» проведен с участием квалифицированных волейболистов, которым было дано задание «попасть в центр мишени». В эксперименте приняли участие 6 волейболистов, из них МС – 1, перворазрядников – 5.

Тренажерно-исследовательский комплекс включает следующие блоки:

– трехканальную динамометрическую платформу фирмы «Kistler» размером 600×400 мм для регистрации и анализа опорных взаимодействий спортсмена в 3 плоскостях;

– многоканальную (8 каналов) электромиографическую систему «Медикор», предназначенную для регистрации и анализа параметров мышечной координации спортсмена в процессе выполнения игрового двигательного действия;

– оптоэлектронную систему «Сел-спот» для регистрации и анализа кинематики игровых двигательных действий спортсмена;

– блок интерфейсов (1, 2, 3, 4, 5), служащих для конструктивной, энергетической и логической стыковки вышеописанных измерительных блоков и компьютера.

Кроме того, тренажерно-исследовательский комплекс (стенд) имеет пакет специально разработанных компьютерных программ для измерения, регистрации и интерпретации результатов экспериментальных исследований.

В ходе исследований движений спортсменов регистрировались следующие показатели: реакции опоры, электромиограмм, углов, угловых скоростей и ускорений.

**Результаты.** За начало и окончание игрового действия принималось положение ОЦМ, совпадающее с минимальным значением вертикальной составляющей реакции опоры. Длительность выполнения нападающего удара равнялась 0,96 с при вариативности (V), равной 8,2%. Удар осуществляется в точке 57,2% на отметке времени 0,55 с от начала цикла движения с вариативностью 4,4%, что в два раза меньше значения V для длительности всего нападающего действия. В точке касания мяча наблюдалась значительная вариативность в электрической активности мышцы-синергиста (21%). Различия в значении вертикальной составляющей реакции опоры между попытками в точке экстремума составляют 20%.

На рис. 1 представлена электромиограмма мышц рук и ног в процессе выполнения нападающего удара в различные фазы. В таблице приводятся количественные показатели биоэлектрической активности мышц спортсменов.

Пики электрической активности на 3 мышцах в подготовительной фазе игрового действия появляются на 1-й секунде. Коэффициенты вариации изучаемого признака выявлены в пределах от 8,2 до 9,0%. В спортивной практике колебания результатов измерений в зависимости от величины коэффициента вариации считают небольшими в пределах от 0 до 10%. Вариацион-

ный разброс показателей на мышцах ног составил 0,02 с. Коэффициенты вариации времени появления пиков возбуждения на мышцах ног установлены в пределах от 12,5 до 14,3%.

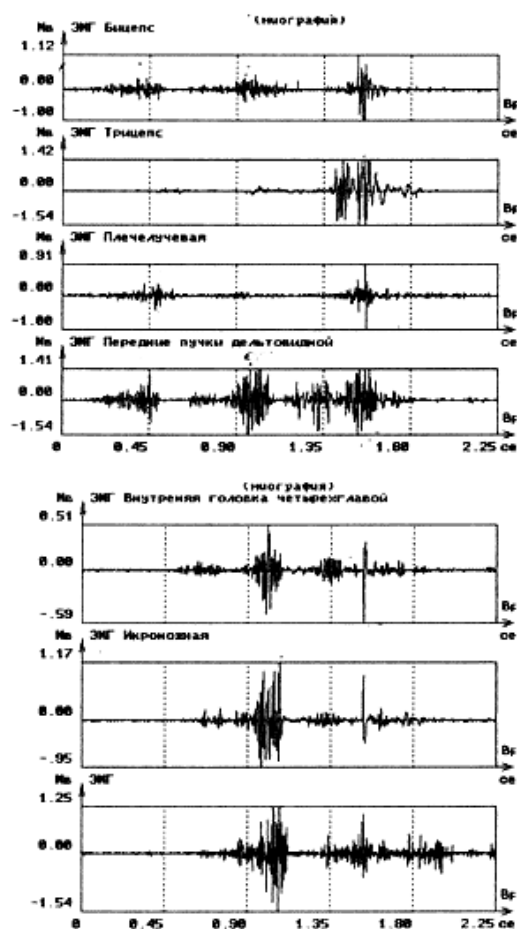


Рис. 1. Электрическая активность мышц при выполнении точного нападающего удара

Показатели электрической активности мышц рук и ног на отметках времени цикла движений

Мышцы ног и рук	Последовательность появления пиков возбуждения на отметках времени цикла движения, с		
	Подготовительная фаза	Основная фаза	Заключительная фаза
Икроножная	1,0±0,09	1,48±0,04	0,7±0,07
Внутренняя головка четырехглавой мышцы бедра	0,98±0,08	1,5±0,04	0,7±0,07
Передние пучки дельтовидной мышцы	0,98±0,08	1,5±0,03	0,7±0,07
Трехглавая	–	1,5±0,02	0,7±0,07
Двуглавая	–	1,5±0,02	0,7±0,07
Плечелучевая	–	1,5±0,03	0,7±0,07

В основной фазе выполнения нападающего удара коэффициенты вариации показателей времени появления пиков возбуждения выявлены в пределах от 1,3 до 2,7%. Вариационный разброс показателей времени появления пиков возбуждения на всех мышцах рук и ног составил 0,02 с. Среднее значение времени пиков возбуждения мышц в подготовительной фазе было в 3,7 раза больше, чем в основной фазе выполнения игрового действия.

Показатели электрической активности мышц у спортсменов в подготовительной фазе и основной фазе соответственно составили 1,8 и 0,8 мкв. Коэффициенты вариации показателей биоэлектрического тока активности возбуждения всех мышц у нападающих игроков в подготовительной фазе выявлены в пределах от 12,5 до

13,6%, а в основной фазе выполнения у тех же нападающих волейболистов – в пределах от 2,3 до 3,1%.

В заключительной фазе выполнения нападающего удара пики возбуждения на мышцах рук и ног не появляются. Коэффициент вариаций времени в заключительной фазе выполнения нападающего удара составил 5,7%.

**Обсуждение.** Таким образом, более продолжительные по времени средние показатели электрической активности мышц в подготовительной фазе по сравнению с основной фазой говорят, во-первых, о том, что игрок в процессе выполнения нападающего удара больше времени тратит на восприятие элементов содержания задач и на их решение, чем на выполнение удара; во-вторых, еще и о том, что динамический сте-

реотип в основной фазе более стабилен, чем в подготовительной фазе. С физиологической точки зрения это объясняется тем, что чем дольше человек выполняет движение, тем в большей степени оно подвергается коррекции. Об этом свидетельствует последовательное проявление электрической активности на мышцах спортсмена.

Отметим, что при выполнении точных нападающих ударов наиболее высокие коэффициенты вариаций показателей электрической активности наблюдаются в основной фазе движений. Следовательно, внутренние механизмы когнитивной программы игрового действия формируются в подготовительной фазе, а реализуются в основной фазе через моторную программу под контролем высших отделов центральной нервной системы [6].

В процессе исследований выявлены следующие модельные характеристики выполнения нападающего удара:

- время опоры в процессе выполнения нападающего удара –  $270 \pm 9$  мс;  $V = 3,3\%$ ;
- время безопорной фазы полета игрока –  $966,0 \pm 81,7$  мс;  $V = 8,2\%$ ;
- время приземления на опору –  $160 \pm 81,7$  мс;  $V = 3,1\%$ ;
- вертикальное усилие ( $F_z$ ) на опору при отталкивании от нее –  $2402,7 \pm 480,5$  Н;  $V = 2,0\%$ ;
- горизонтальное усилие ( $F_x$ ) на опору –  $22,7 \pm 0,8$  Н;  $V = 3,5\%$ ;
- переднее и заднее усилие на опору ( $F_y$ ) –  $15,4 \pm 0,7$  Н;  $V = 4,5\%$ ;
- вертикальное усилие ( $F_z$ ) на опору при приземлении –  $1796,0 \pm 133$  Н;  $V = 7,4\%$ ;
- время пиков возбуждения всех мышц –  $680,6 \pm 23,4$  с;  $V = 3,4\%$ ;
- время нанесения удара по мячу от момента отталкивания –  $559,3 \pm 14,0$  мс;  $V = 2,5\%$ ;
- вариационный размах средних значений пиков возбуждения мышц ног –  $30 \pm 2,7$  мс;  $V = 9\%$ ;
- размах средних значений пиков возбуждения мышц рук –  $150 \pm 7,8$ ;  $V = 5,2\%$ .

**Заключение.** Восприятие условий игровой деятельности при решении оперативно-тактических задач определяется фиксированием внимания спортсменов на объектах в процессе поиска и осознания содержания задачи; при этом выделяется приоритетное направление оси симметрии, вокруг которой осуществляется поиск цели. Выполнение технических приемов в спортивных играх, связанных с точным выполнением мяча в цель, характеризуется последовательным включением в движение «рабочих» мышц, обеспечивающих реализацию целевой функции, а также относительной стабильностью показателей работы этих мышц по амплитуде, времени и порядку их включения в работу; относительной стабильностью кинематических характеристик движения: временем и значениями составляющих реакции опоры, угловых величин, угловых скоростей звеньев тела и т.д. В то же время выполнение технических приемов в спортивных играх, не обеспечивающих точного выполнения мяча в цель, характеризуется отсутствием синхронизации в последовательном включении «рабочих» мышц (позднее включение, рассогласование в порядке включения и т.д.), а также высокой вариативностью показателей работы этих мышц по амплитуде, времени и порядку включения; высокой вариативностью кинематических характеристик движения по всем показателям реакции опоры и угловых значений; увеличением времени реакции опоры по всем составляющим ( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ) и увеличением значений показателей горизонтальной и передней и задней составляющих реакции опоры до 12% (относительно точных попыток).

Таким образом, показателем технико-тактического мастерства спортсмена в спортивных играх, связанного с успешной реализацией оперативно-тактических решений, может служить выполнение технических приемов при оптимальном значении стабильности кинематических характеристик (формы движения), а также определенная последовательность включения в работу необходимых мышц и стабильность их показателей (механизм движения).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бернштейн Н.А. Избранные труды по биомеханике и кибернетике. М. : СпортАкадемПресс, 2001. 296 с.
2. Бочаров М.И. Частная биомеханика с физиологией движения. Ухта : УГТУ, 2010. 235 с.
3. Воронов А.В., Усков В.А. Методика оценки точных и неточных действий в игровых видах спорта на примере штрафных бросков в баскетболе // Моделирование спортивной деятельности человека в искусственно созданной среде (стенды, тренажеры, имитаторы) : сб. тез. науч.-практ. конф. М. : Физкультура, образование и наука, 1999. С. 7–9.
4. Усков В.А. Педагогическая технология программированной тактико-технической подготовки спортсменов в игровых видах спорта : автореф. ... дис. д-ра пед. наук. М. : РГУФК, 2004. 56 с.
5. Совершенствование техники выполнения волейболистами прямого нападающего удара методом компьютерной стабилографии / Л.В. Каплевич, Е.В. Кошельская, В.И. Андреев, И.А. Зюбанова // Теория и практика физической культуры. 2011. № 9. С. 66–69.
6. Казенников О.В., Литиц М.И. Об участии первичной моторной коры в программировании двигательной активности при ловле груза // Физиология человека. 2011. Т. 37, № 5. С. 108–112.

Статья представлена научной редакцией «Психология и педагогика» 14 декабря 2012 г.