

С. С. Волкова

ПРОПУЛЬСИВНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ПЛОВЦА

Статья посвящена исследованию пропульсивной эффективности движений пловца различными стилями. В ней рассмотрены механизмы оценки устойчивости техники плавания способом баттерфляй. Определены коэффициенты лобового сопротивления при проплывании различными стилями. Приведена методика определения гидродинамических характеристик тела пловца. Описан механизм системы оценки сопротивления с помощью портативного скоростомера.

Система управления тренировочным процессом пловцов во многом связана с возможностью получения оперативной информации о биомеханике и гидродинамике движения спортсмена. Этому способствует использование в тренировочном процессе оборудования, объединённого в систему многофункциональных научных стендов [1, с. 119]. Оценка движений пловцов во многом определяется характером взаимосвязи узловых элементов выполняемого действия [2, с. 44]. Посредством данных узловых элементов движения возможно определить рациональность кинематических и динамических структур технического элемента [3, с. 237]. Наряду с выявлением рациональных структур, особое внимание следует уделять изменению кинематических характеристик гребкового движения при возникающем утомлении скелетных мышц [4, с. 28]. Зависимость характера утомления мышц определяется формированием адаптационных процессов, позволяющих выполнять движения по рациональным траекториям и с оптимальными усилиями [5, с. 424]. Характер формирования рациональных траекторий обусловлен эргономической оценкой спортивных движений [6, с. 447]. Для оценки сопротивления среды продвижению пловцов нами использовался алгоритм метода активного сопротивления движения [7, с. 314]. Определение сопротивления среды телу пловца осуществлялось по результатам двух попыток преодоления дистанции на максимальной скорости без нагрузки и с применением дополнительной нагрузки виде буксировочного устройства.

В обоих случаях исходная гипотеза состоит в том, что механическая мощность считается постоянной:

$$RA_1 \cdot V_1 = RA_2 \cdot V_2 \quad (1)$$

где RA_1 и RA_2 – сопротивление движению для двух проплываний дистанции, V_1 соответствует скорости пловца без нагрузки, а V_2 – скорости пловца с дополнительной нагрузкой. В обоих случаях RA равно:

$$RA = \rho S C_d V^3 \quad (2)$$

Преобразовывая уравнения 1 и 2, получаем выражение:

$$\frac{1}{2} \rho S C_d V_1^3 = \frac{1}{2} \rho S C_d V_2^3 + F_b V_2 \quad (3)$$

В этом уравнении F_b является силой, связанной с дополнительной нагрузкой. В конечном итоге активное сопротивление среды телу имеет следующий вид:

$$RA_1 = \frac{F_b V_2 V_1^3}{V_1^3 - V_2^3} \quad (4)$$

Несмотря на теоретическое обоснование оценки движения, применение данного метода в практике измерения результата имеет ряд неточностей. Фактически определение гидродинамических характеристик тела, выполняющего движения на границе раздела воздух-вода (свободная поверхность), не позволяет приложить к пловцу постоянную силу. Это особенно верно в заплывах, где профиль скорости движения в цикле гребка имеет значительные колебания. Одним из таких примеров может служить выполнение плавательных движений способом «басс», когда наблюдается изменение профиля скорости в момент времени между вытягиванием рук и толчком ног. Ещё одной из возможных ошибок определения гидродинамики движения в методе активного сопротивления является предположение о постоянной механической мощности между двумя проплываниями. В исходном методе авторы считают, что использование предположения о постоянной механической мощности возможно, если изменения скорости между первым проплыванием без нагрузки и вторым проплыванием с дополнительной нагрузкой, величина которой менее 10 %. Авторы утверждают, что из-за этого небольшого изменения средней скорости техника движения не изменяется между двумя проплываниями. Однако разработанный метод не позволяет получить доступ к мгновенному профилю скорости движения во время двух проплываний. Без этого профиля скорости движения сложно сделать вывод о сохранении техники плавания. Более того, оригинальный метод Колмогорова не может быть применен в плавании способом баттерфляй, где взаимодействие частей тела в цикле движения делает невозможным измерение показателей.

В целях устранения ошибок измерения элементов движения в плавании и возможности использовать метод активного сопротивления движениям во время плавания способом баттерфляй нами предпринята попытка разработки активной системы оценки сопротивления с помощью портативного скоростомера и программного обеспечения «SwimAnalyzer – 3.02». Суть способа заключается во взаимосвязи стартового блока скоростомера (закрепленного на стенке бассейна) с пловцом, посредством полимерного троса и эластичного пояса, надетого на пловца. Управление и модуляция дополнительной нагрузкой (через ограничитель крутящего момента) за пределами воды, позволяет минимизировать погрешности измерения при вычислении активного сопротивления. Управление этой нагрузкой вне воды вносит небольшую ошибку в горизонтальную нагрузку, прикладываемую к пловцу, из-за угла между тросом и горизонтом (эта ошибка оценивается в 1,5 % на 10 метрах и 0,4 % на 20 метрах). При движении пловец раскручивает катушку, помещенную в аппарат. Вращение этой катушки может быть ограничено таким образом, чтобы прикладывать к пловцу силу при выполнении движения. Сила, развиваемая пловцом при разматывании катушки, определяется с помощью датчика крутящего момента. Затем крутящий момент преобразуется в значение силы. Сила регистрируется в реальном времени и позволяет отслеживать колебания во время плавательного цикла. Данные о скорости, используемые для расчета сопротивления движению, получены с помощью цифровой видеокамеры, помещенной в водонепроницаемый бокс.

С помощью данной системы мы смогли оценить устойчивость техники движения способом «баттерфляй». Нами были протестированы 14 пловцов в возрасте 14–15 лет. Протокол эксперимента состоял из оценки активного сопротивления во время преодоления 25-метрового участка дистанции под водой при проплывании техникой «баттерфляй» на максимальной скорости в соответствии с ранее описанным методом. Чтобы ограничить влияние волнового сопротивления, все пловцы должны были преодолеть 25 метров на максимальной глубине 1 метр. Движения, сделанные на глубине более 10 % о заявленной, были отклонены. Чтобы получить данные скорости, необходимые для расчета сопротивления продвижению, мы разместили цифровую камеру на расстоянии 7,5 м от пловца в сагиттальной плоскости. Анализ движения проводился на расстоянии 10 м от стенки бассейна, чтобы движение не было связано с отталкиванием от стены. Для более

точной характеристики движения с гидродинамической точки зрения нами была рассчитана площадь ведущего крутящего момента, а также коэффициент лобового сопротивления. Для определения характера вертикальных колебаний, во фронтальной плоскости была размещена ещё одна видеокамера, синхронизированная с сагиттальной камерой. Мидельное сопротивление рассчитывалось в ключевые моменты плавательного цикла (восходящая фаза, нисходящая фаза и переходная фаза). При каждом проплывании удерживались мидельные параметры тела спортсмена, обозначенные S . Коэффициент сопротивления рассчитывался следующим образом:

$$K_d = \frac{F_b V_2}{\frac{1}{2} S (V_1^3 - V_2^3)} \quad (5)$$

В нашем исследовании мы оценивали эталонность активного сопротивления пловцов среде при выполнении движений в стиле «баттерфляй». Активное сопротивление рассчитывалось при первоначальном воспроизведении (RA_1), а затем на следующий день (RA_2). Результаты проплывания с вариациями между RA_1 и RA_2 более 10 % были исключены из анализа. При проплывании дистанции в стиле «баттерфляй» были получены результаты активного сопротивления тела среде, составляющие в среднем порядка $7,49 \pm 0,27$ кгс. Эти показатели близки к значениям, полученным при проплывании дистанции способом «кроль на груди». Отмечено, что волновая техника движения вызывает уменьшение коэффициента лобового сопротивления ($K = 0,039$ при выполнении движений стилем «баттерфляй» по отношению к параметрам движения стилем «кроль на груди» – $K = 0,57$). Следовательно, эффект, связанный со скоростью перемещения тела в водной среде, компенсируется снижением постоянства пропорциональности $K = 0,5Sc_d$.

Литература

1 Бондаренко, К. К. Система управления тренировочным процессом на основе многофункциональных научно-исследовательских стендов / К. К. Бондаренко [и др.] // Состояние и перспективы технического обеспечения спортивной деятельности : сб. статей (матер. IV Междунар. науч.-техн. конф.), Минск, 18–19 февр. 2016 г. – Минск : БНТУ, 2016. – С. 118–122.

2 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-Шилюк (зам. гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУФК, 2019. – Ч. 2. – С. 42–45.

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, Елец, 26 апр. 2019 г. / Под общей редакцией А. А. Шахова – Елец : ЕГУ им. И. А. Бунина, 2019. – С. 235–239.

4 Бондаренко, К. К. Изменение кинематики гребка при утомлении скелетных мышц / К. К. Бондаренко [и др.] // Российский журнал биомеханики. – 2009. – Т. 13. – № 2. – С. 24–33.

5 Бондаренко, К. К. Контроль механизмов адаптации юных пловцов / К. К. Бондаренко [и др.] // Материалы докладов 51-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. Витебск, 25 апр. 2018 г. : в 2-х томах. – Витебск : ВГТУ, 2018. – Т. 1 – С. 424–426.

6 Shilko, S. V. Ergonomic assessment of sport skies based on analysis of athlete's hemodynamics at loading test using tonometry and electrocardiography / S. V. Shilko [and etc.] // Russian Journal of Biomechanics. – 2020. – Vol. 24, № 4. – P. 439–452.

7 Kolmogorov, S. Oscillating foils of high propulsive efficiency / S. Kolmogorov & O. Duplisheva // Journal of Biomechanics – 1992. – vol. 25. – P. 311–318.

УДК 796.015.12:796.41:796.012.1

А. А. Никитина

ОБУЧЕНИЕ ГИМНАСТИЧЕСКОМУ ЭЛЕМЕНТУ НА ОСНОВЕ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ

Статья посвящена последовательности обучения гимнастическому элементу «кувырок вперед». В ней рассмотрены фазовые положения движения, даны пояснения по биомеханической структуре положений. Проиллюстрированы угловые положения суставных сочленений. Приведён разбор положения звеньев тела во взаимосвязи с проекцией общего центра масс относительно опоры. Описаны межзвенные траектории движения.

Достижение наилучшего спортивного результата в настоящее время невозможно без досконального понимания биомеханических основ построения движения [1, с. 79]. Правильность выполнения гимнастических элементов определяется пониманием структуры движения и его биомеханических особенностей. Рациональность движений формируется посредством определения его кинематических характеристик [2, с. 19]. Для наиболее качественного анализа гимнастического элемента используется его структурно-фазовая модель [3, с. 134]. При начальном этапе разучивании элемента возникает большое количество ошибок, связанное с вовлечением большого количества мышечных групп [4, с. 331]. По мере многократного повторения движения ведущую роль в обеспечении правильных траекторий берут на себя основные мышечные группы [5, с. 112]. Это является ведущим фактором обеспечения рациональной двигательной деятельности [6, с. 78]. По данным ряда авторов, биомеханические параметры выполнения спортивных движений подчиняются ряду требований к созданию необходимых усилий и рациональных траекторий [7, с. 461; 8, с. 448]. Ещё одним немаловажным фактором является влияние утомления на характер выполняемого движения [9, с. 434]. Это может приводить не только к появлению ошибок, но и при чрезмерном воздействии приводить к получению травмы. Всё это и предопределило направление нашего научного исследования.

Исследование проводилось в рамках учебных курсов «Гимнастика с основами обучения» и «Повышение спортивного мастерства. Гимнастика» на базе учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины». В рамках проводимого исследования определялись биомеханические параметры гимнастического элемента «кувырок вперед» и его узловых положения.

Кувырок вперед выполняется из исходного положения «упор присев, руки вперед». В момент выполнения вращения туловища относительно его общего центра масс занимающийся ставит руки на опору, а ногами выполняет толчок. Движение выполняется в группировке с обязательным опусканием головы на грудь. В конечной точке движения необходимо выполнить приход в исходное положение.