

УДК 531/534: [57+61]

ИЗМЕНЕНИЕ КИНЕМАТИКИ ГРЕБКА ПРИ УТОМЛЕНИИ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

К.К. Бондаренко¹, Е.П. Лисаевич¹, С.В. Шилько², А.Е. Бондаренко¹

¹ Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, 246699, Республика Беларусь, г. Гомель, ул. Советская, 104

² Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси, 246050, Республика Беларусь, г. Гомель, ул. Кирова, 32-а, e-mail: shilko_mpr@mail.ru

Аннотация. Цель исследования заключалась в изучении изменений кинематических параметров гребка при плавании кролем на груди, вызванных утомлением скелетных мышц, осуществляющих гребковое движение руки. В эксперименте принимали участие спортсмены 12–13 лет, имеющие квалификацию первого спортивного разряда и кандидата в мастера спорта. На четырех отрезках стометровой соревновательной дистанции регистрировались длительность и средняя скорость движения, количество гребков, шаг пловца и длительность одного гребка. По данным надводной и подводной видеосъемки проводился биомеханический анализ гребковых движений по фазам и циклам, включающий определение продолжительности фаз и формы фазовой траектории в суставах. Определены модельные параметры суставных углов и изменения кинематических характеристик гребка вследствие утомления.

Ключевые слова: модельные параметры гребка, фазы движения, углы сгибания, локтевой и лучезапястный суставы, гидродинамическое сопротивление.

ВВЕДЕНИЕ

Для качественного роста показателей в плавании необходимо достижение нового уровня технической и физической подготовленности спортсменов с учетом принципов биомеханики плавания. Техника каждого пловца индивидуальна, поэтому одним из вопросов биомеханики плавания является выявление принципиальных особенностей гребка. Совершенствование техники плавания кролем на груди начинается с постановки рационального гребка руками. Однако при проплывании соревновательной дистанции под влиянием утомления происходят изменения в технике плавания, в частности в гребковых движениях руки.

Анализ известных публикаций показывает, что авторы уделяют большое внимание особенностям кинематических параметров при прохождении различных дистанций. По данному вопросу ими накоплен обширный объем информации [1–11]. Вместе с тем в научной литературе не встречаются показатели изменения техники движения в зависимости от характера общего или локального утомления в условиях соревновательной деятельности.

Целью настоящего исследования было изучение изменений кинематических параметров гребка при плавании кролем на груди, вызванных утомлением скелетных мышц, осуществляющих гребковое движение руки.

МЕТОДИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В проведенном эксперименте принимали участие 46 пловцов в возрасте 12–13 лет, имеющих спортивную квалификацию первого спортивного разряда и кандидата в мастера спорта. Исследование проводилось в 25-метровом бассейне во время проведения соревнований на дистанции 100 м способом кроль на груди, что исключало возможность выполнения соревновательного упражнения не в полную силу и самоконтроль техники плавания под воздействием утомления. На каждые 25 м дистанции по отрезкам длиной 7,5 м (от разметки 12,5 м до 20 м) регистрировались: длительность и средняя скорость движения, число гребков, шаг пловца и длительность одного гребка. Кроме того, на отрезках 7,5 м с частотой 200 кадров/с производилась видеозапись техники плавания тремя скоростными видеокамерами, две из которых были расположены в сагиттальной плоскости (надводное и подводное положение) и одна во фронтальной (подводное положение).

По материалам надводной и подводной видеосъемки проводился биомеханический анализ гребковых движений руками по фазам и циклам. Гребок выполняется единым движением с ускорением, приходящимся на начало выхода руки из воды. Законченная система движений пловца, повторяемая многократно, называется циклом. В системе движений один цикл сменяется другим. Выделяют начало и конец цикла. Цикл гребкового движения условно был разделен на шесть фаз: 1) захват; 2) подтягивание; 3) отталкивание; 4) выход из воды (вынимание); 5) движение над водой (пронос); 6) вход в воду (вкладывание). Фазы объединяются в два периода: 1) основных рабочих движений (период активной опоры); 2) завершающих и подготовительных движений. К периоду основных рабочих движений относятся: фаза захвата, фазы подтягивания и отталкивания. К периоду завершающих и подготовительных движений относятся: выход руки из воды, движение над водой (фаза проноса) и вход в воду (фаза вкладывания). Анализ гребковых движений включал: продолжительность фаз и форму фазовой траектории в суставах. Фазовая траектория позволила определить модельные параметры суставных углов. В каждой из фаз были рассмотрены: угол сгибания в лучезапястном суставе, который условно был обозначен как угол α , и угол сгибания в локтевом суставе – угол β .

Использование данной методики позволяет выявить изменения кинематики гребка на фоне утомления в сравнении с модельным движением.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ биомеханических характеристик техники гребка юных пловцов базировался на изучении изменения диапазона суставных углов в кинематических парах и положений структурных элементов кинематических цепей (звеньев руки) относительно тела пловца в момент выполнения гребка. Кроме того, были определены кинематические характеристики прохождения 100-метровой соревновательной дистанции (таблица).

Кинематические характеристики плавания на участках 100-метровой дистанции

Параметры	Отрезки дистанции			
	12,5–20 м	37,5–45 м	62,5–70 м	87,5–95 м
Число гребков	10 ± 0,9	11 ± 0,4	10 ± 0,7	11 ± 1
Время проплывания (с)	4,42 ± 0,21	4,91 ± 0,26	5,09 ± 0,19	5,04 ± 0,14
Средняя скорость (с)	1,70 ± 0,12	1,53 ± 0,16	1,47 ± 0,14	1,49 ± 0,11
Шаг пловца (м)	0,74 ± 0,06	0,72 ± 0,04	0,75 ± 0,07	0,69 ± 0,07
Длительность гребка (с)	0,44 ± 0,02	0,47 ± 0,02	0,51 ± 0,04	0,46 ± 0,03

Анализ кинематических параметров плавания свидетельствует о неоднородности прохождения соревновательной дистанции. На протяжении всей дистанции отмечается постепенное увеличение количества гребков. В третьей четверти стометрового отрезка на фоне снижения скорости движения и увеличения шага пловца количество гребков соответствует показателям первого 25-метрового отрезка. Следует отметить, что третья четверть является самой слабой по всем кинематическим параметрам плавания. Динамика прохождения соревновательной дистанции свидетельствует, что на каждом последующем 25-метровом отрезке увеличивается длительность проплывания и, соответственно, снижается средняя скорость движения.

Полученные данные на участке дистанции 62,5–70 м свидетельствуют о накоплении утомления и, как следствие, изменении структуры движения. По длительности одного гребка и прохождения контрольного участка последний 25-метровый участок дистанции более эффективен в сравнении с третьим отрезком дистанции. Вместе с тем данное преимущество определяется финишным ускорением, а структура движения отличается от модельной, проигрывая в шаге пловца, количестве движений на одинаковых участках дистанции и, что наиболее важно, в техническом исполнении гребкового движения.

На основании данных скоростной видеосъемки выявлены модельная структура гребкового движения в начале дистанции и изменения кинематики гребка в ее конце на фоне утомления. Структурные элементы гребка в начале дистанции на схемах гребка представлены на рисунках сплошной линией, а изменения кинематики гребка под воздействием утомления – пунктирной.

Фаза захвата воды начинается сразу после погружения руки в воду. Эта фаза гребка выполняется наиболее плавно. Рука движется вперед – вниз, ладонь и предплечье активно опираются о встречный поток воды. В начальной стадии фазы (сагиттальная плоскость) угол в лучезапястном суставе (α) равен $(172 \pm 2)^\circ$, а угол в локтевом суставе (β) равен $(170 \pm 3)^\circ$ (рис. 1, а). Для фронтальной проекции угол в лучезапястном суставе (α) равен $(172 \pm 1)^\circ$, а в локтевом (β) – $(173 \pm 3)^\circ$ (рис. 2, а). При последующем движении руки кисть немного сгибается и разворачивается ладонью кнаружи. Проекция локтевого сустава находится выше кисти. Далее кисть быстро, но плавно меняет направление и движется «снаружи вниз – внутрь» под продольную ось тела.

При наступлении утомления изменяются углы сгибания в лучезапястном и локтевом суставах. Кисть не разворачивается ладонью кнаружи, а в некоторых случаях направлена внутрь. Под давлением воды она начинает терять опору о встречный поток. Угол сгибания в лучезапястном суставе увеличивается и составляет $(187 \pm 1)^\circ$. В локтевом суставе наблюдается уменьшение угла сгибания до $(163 \pm 2)^\circ$ (см. рис. 1, а). При наблюдении во фронтальной плоскости отмечается поворот кисти немного внутрь и угол α равен $(180 \pm 1)^\circ$, а угол $\beta = (168 \pm 2)^\circ$ (см. рис. 2, а).

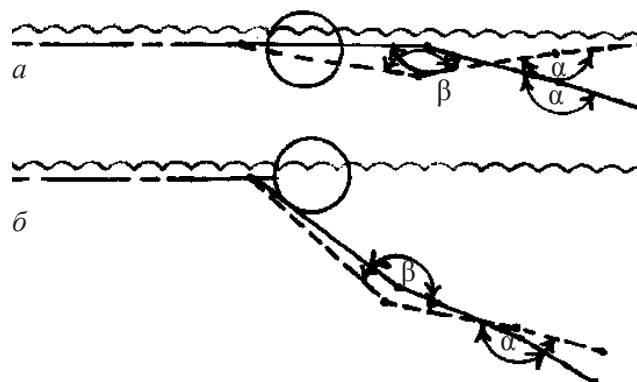


Рис. 1. Фаза захвата (сагиттальная плоскость)

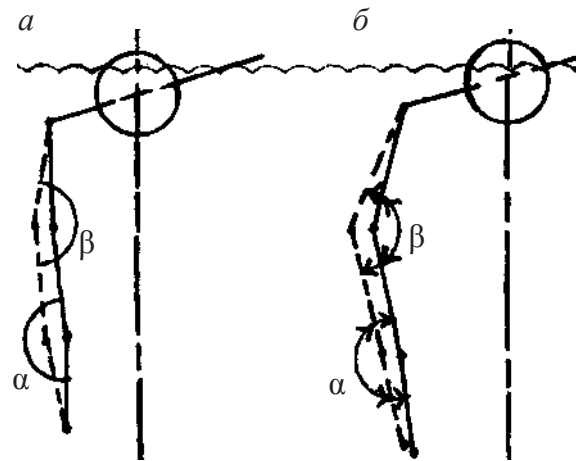


Рис. 2. Фаза захвата (фронтальная плоскость)

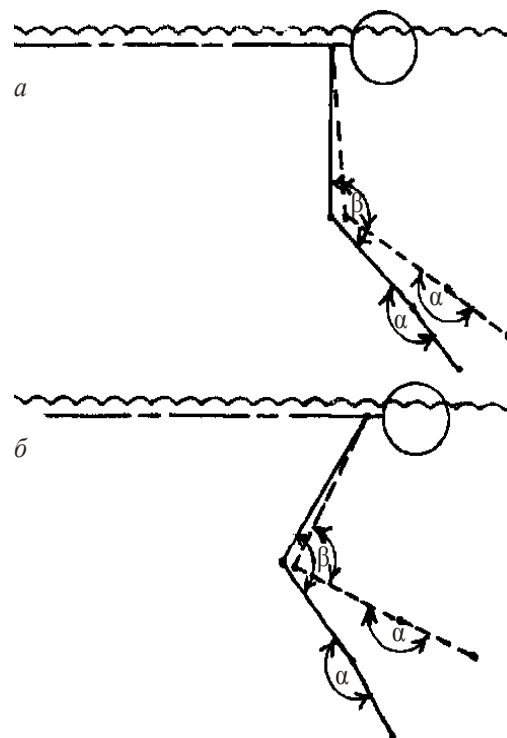


Рис. 3. Фаза подтягивания (сагиттальная плоскость)

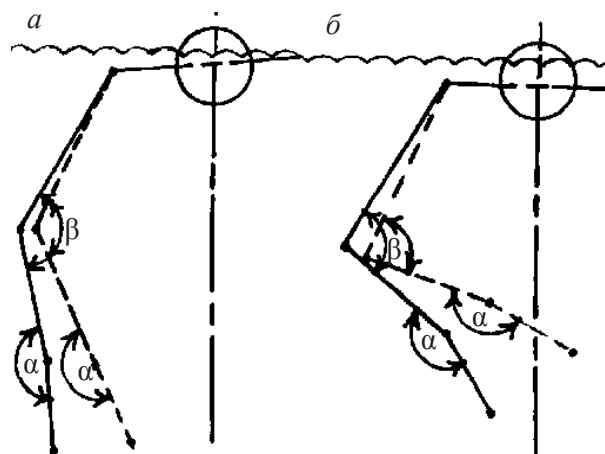


Рис. 4. Фаза подтягивания (фронтальная плоскость)

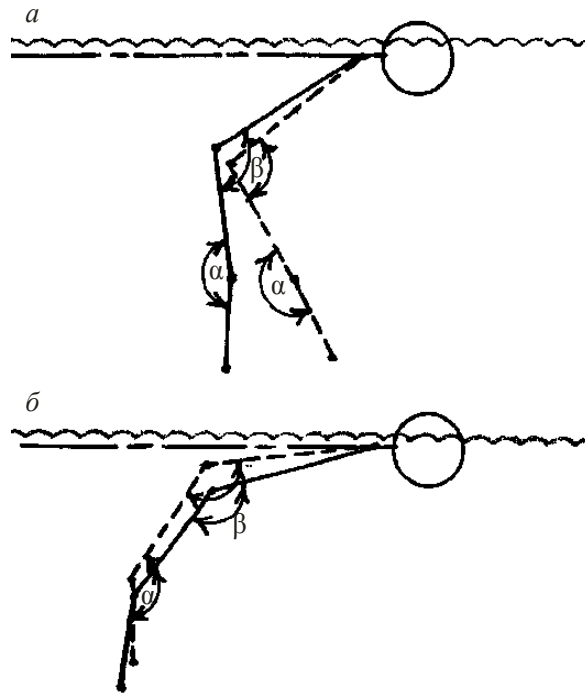


Рис. 5. Фаза отталкивания (сагиттальная плоскость)

При модельных показателях гребка окончание фазы захвата выполняется с высоким положением локтя по отношению к кисти. Движение кисти по отношению к локтю является ведущим, а локоть удерживается в верхнем положении и до уровня кисти не опускается. Угол сгибания в лучезапястном суставе остается на прежнем уровне – $(172 \pm 2)^\circ$, а в локтевом уменьшается до $(165 \pm 3)^\circ$ (рис. 1, б). При анализе гребкового движения во фронтальной плоскости отмечается усиление захвата воды вращением и сгибанием руки в локте ($\beta = (153 \pm 3)^\circ$). Угол α составляет $(176 \pm 1)^\circ$ (рис. 2, б). Выявлена категория пловцов, у которых при плавании кролем на груди небольшой поворот предплечья и кисти ладонью кнаружи является следствием высокого положения локтя; другие пловцы специально разворачивают руку в такое положение, чтобы удержать локоть выше кисти.

При утомлении движение кисти по отношению к локтю изменяется. Не выполняется вращательное движение предплечья и локоть опускается книзу. Это делает начало гребка смазанным. Угол сгибания в лучезапястном суставе равен $(178 \pm 1)^\circ$, а в локтевом при визуализации в сагиттальной плоскости равен $(150 \pm 3)^\circ$ и во фронтальной плоскости $(155 \pm 2)^\circ$ соответственно (рис. 1, б, рис. 2, б). В процентном соотношении продолжительность фазы захвата составляет $(11 \pm 3)\%$ времени от всего цикла.

По окончании фазы захвата начинается фаза подтягивания. Характерной чертой данной фазы является сгибание предплечья и выраженное вращение руки внутрь. Движение кисти и предплечья осуществляется по схеме «вниз – внутрь – назад». В начале гребка кисть сохраняет свое ведущее положение по отношению к локтю. В зависимости от особенностей индивидуальной техники кисть может отклоняться от продольной оси тела внутрь или кнаружи. В момент выполнения гребкового движения отмечается плавное увеличение усилия, что определяет основное направление действия – «разгон туловища».

Кинематическая цепь в сагиттальной плоскости характеризуется углом сгибания в лучезапястном суставе в $(176 \pm 1)^\circ$, в локтевом $(135 \pm 5)^\circ$ (рис. 3, а). Анализ положения звеньев руки во фронтальной плоскости характеризуется углом $\alpha = (174 \pm 2)^\circ$ и углом $\beta = (138 \pm 5)^\circ$ (рис. 4, а). Под влиянием утомления в фазе подтягивания отмечается «проваливание» локтя с уменьшением угла сгибания до $(125 \pm 5)^\circ$ в сагиттальной плоскости и $(130 \pm 5)^\circ$ во фронтальной плоскости.

К моменту основной части гребка пловец придает телу высокую внутрицикловую скорость. Это одна из основных задач фазы подтягивания. Затем происходит наиболее мощная часть гребка – приведение и разгибание плеча. Следовательно, рука более жестко фиксируется в лучезапястном и локтевом суставах. Анализ движения в сагиттальной плоскости фиксирует угол сгибания в лучезапястном суставе (α) в $(173 \pm 2)^\circ$, а в локтевом (β) – $(110 \pm 4)^\circ$ (рис. 3, б). При анализе гребка во фронтальной плоскости угол α равен $(160 \pm 2)^\circ$, а угол β – $(100 \pm 5)^\circ$ (рис. 4, б). Некоторые пловцы, стараясь увеличить усилие гребкового движения, выполняют это движение недостаточно плавно. Существует даже такое выражение, что «спортсмен рвет воду». Следовательно, фаза подтягивания утрачивает свою «разгонную» функцию. При этом теряется внутрицикловая скорость.

В результате утомления угол сгибания в лучезапястном суставе становится равным $(178 \pm 2)^\circ$, а в локтевом уменьшается до $(88 \pm 3)^\circ$ в сагиттальной плоскости и $(85 \pm 2)^\circ$ во фронтальной плоскости (рис. 3, б, рис. 4, б). Продолжительность фазы подтягивания в процентном соотношении составляет $(23 \pm 3)\%$ от длительности всего цикла движений.

Фаза отталкивания – наиболее энергичная фаза гребка. Во время отталкивания продолжается энергичное разгибание и приведение плеча. В этой фазе происходит мощное отталкивание кистью и предплечьем от воды при выполнении гребкового движения по криволинейной траектории под животом и тазом. Основным является движение «спереди – назад», которое совмещается с умеренным вращением руки «назад – кнаружи». От характера сгибания, разгибания и вращения руки зависит петлеобразная траектория гребка. В начале фазы угол сгибания в лучезапястном суставе равен $(173 \pm 2)^\circ$, в локтевом – $(119 \pm 3)^\circ$ (рис. 5, а). Во фронтальной проекции показатели углов составляют α – $(165 \pm 2)^\circ$, β – $(118 \pm 3)^\circ$ (рис. 6, а).

При утомлении в этой фазе исчезают энергичное приведение и разгибание плеча и мощное отталкивание предплечьем и кистью от воды. В результате кисть сразу за локтем начинает движение вверх и завершения гребка не происходит. Угол сгибания в лучезапястном суставе равен $(176 \pm 2)^\circ$, а в локтевом – $(100 \pm 3)^\circ$ (сагиттальная плоскость) (см. рис. 5, а). Во фронтальной плоскости угол α – $(175 \pm 1)^\circ$, угол β – $(110 \pm 2)^\circ$ (см. рис. 6, а).

На протяжении почти всей фазы отталкивания рабочие плоскости кисти и предплечья занимают положение, близкое к вертикали. Пловец постепенно расслабляет запястье, разгибая при этом кисть. Выполняется это для того, чтобы кисть заняла наиболее выгодное положение. Заканчивается гребок мощным скользящим движением предплечья и кисти вверх – назад. В конце отталкивания кисть проходит близко около бедра, почти касаясь его большим пальцем. По окончании фазы отталкивания угол α составляет $(143 \pm 2)^\circ$, а угол β – $(150 \pm 3)^\circ$ (рис. 5, б). Во фронтальной плоскости угол сгибания в лучезапястном суставе составляет $(178 \pm 1)^\circ$, а в локтевом – $(167 \pm 2)^\circ$ (рис. 6, б). На фоне усталости в этой фазе рука чаще всего вынимается из воды раньше, не доходя до уровня бедра. В некоторых случаях, при сильном утомлении, отмечалось отсутствие данной фазы. Таким образом, пропадает мощное, скользящее движение предплечьем и кистью вверх – назад. На рис. 5, б угол α равен $(150 \pm 2)^\circ$, угол β – $(130 \pm 3)^\circ$. Показатели угла лучезапястного сустава во фронтальной плоскости равны $(178 \pm 1)^\circ$, локтевого – $(155 \pm 2)^\circ$ (рис. 6, б). Продолжительность фазы отталкивания в процентном отношении составляет $(17 \pm 3)\%$ по отношению к времени полного цикла.

Фаза выхода руки из воды начинается с появлением локтя над поверхностью воды. Кисть выходит из воды за линией таза или немного дальше, около бедра, в зависимости от индивидуальной техники гребкового движения. Движение выполняется энергично, но без рывков. В начале фазы угол сгибания в лучезапястном суставе равен $(162 \pm 2)^\circ$, в локтевом суставе – $(133 \pm 2)^\circ$ (рис. 7, а). В конце фазы угол α становится $(147 \pm 2)^\circ$, угол β уменьшается до $(92 \pm 2)^\circ$ (рис. 7, б).

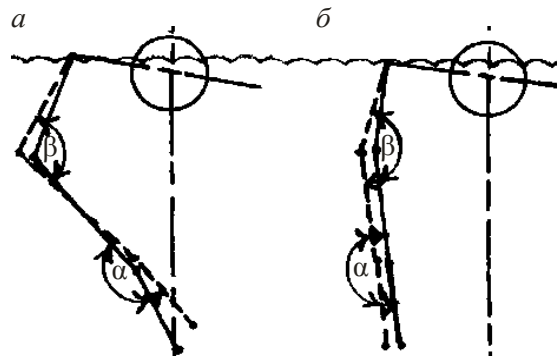


Рис. 6. Фаза отталкивания (фронтальная плоскость)

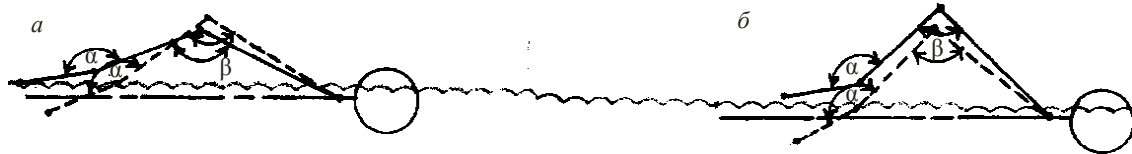


Рис. 7. Фаза вынимания руки из воды

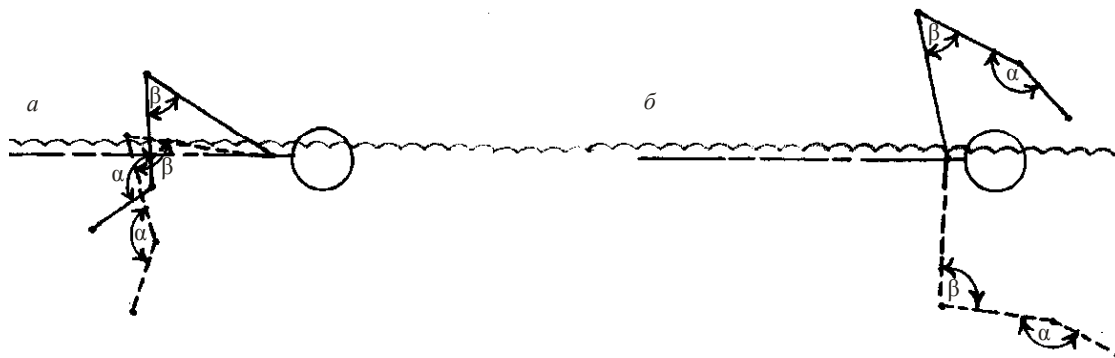


Рис. 8. Фаза проноса руки над водой

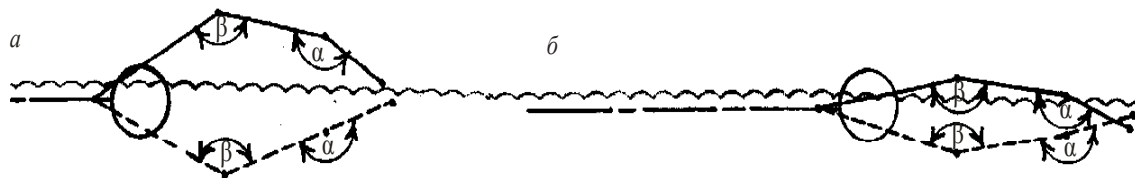


Рис. 9. Фаза входа руки в воду

При утомлении кисть не доходит до линии таза, гребковое движение остается незаконченным. Поэтому при выходе из воды руке приходится преодолевать значительное сопротивление. По сравнению с модельными показателями угол в лучезапястном суставе оказывается больше на 10° и составляет $(172 \pm 1)^\circ$, в то время как угол в локтевом суставе уменьшается до $(120 \pm 3)^\circ$ (рис. 7, а). Угол сгибания в лучезапястном суставе в конце фазы при утомлении достигает $(160 \pm 1)^\circ$, в локтевом – $(95 \pm 2)^\circ$ (рис. 7, б). Бывает, что пловец, стараясь выполнить выход руки из воды более быстро и энергично, делает это движение «рывками». Продолжительность фазы в процентном отношении составляет $(6 \pm 1)\%$ от времени полного цикла движений.

Движение руки над водой большинство пловцов выполняет с высоким положением локтя. Это помогает пловцу сохранить положение тела на продольной оси. Рука свободно согнута в локте. Мышцы руки расслаблены. Кисть проходит вдоль тела над поверхностью воды. Локоть движется почти над телом. В середине движения руки над водой локоть немного замедляет свое движение, а потом, вслед за кистью и предплечьем, ускоряет движение. Кисть руки расслаблена и повернута ладонью назад, немного кнаружи. В начале фазы угол α равен $(125 \pm 1)^\circ$, угол β – $(55 \pm 2)^\circ$ (рис. 8, а).

В конце фазы угол сгибания в лучезапястном суставе увеличивается до $(160 \pm 2)^\circ$, а в локтевом уменьшается до $(50 \pm 2)^\circ$ (рис. 8, б).

При утомлении плечо не поднимает локоть на достаточную высоту над поверхностью воды. Локоть проходит в стороне от тела и опущен почти до уровня кисти. Кисть напряжена и повернута ладонью книзу. В начале фазы происходит значительное увеличение угла в лучезапястном суставе, составляющего $(150 \pm 2)^\circ$, а также угла в локтевом суставе, составляющего $(70 \pm 2)^\circ$ (рис. 8, а). В конце фазы угол α увеличивается до $(160 \pm 2)^\circ$, а угол β до $(95 \pm 2)^\circ$ (рис. 8, б). Однако бывают случаи, когда кисть остается расслабленной, но из-за низкого положения локтя пальцы могут «цеплять» воду. Продолжительность движения руки над водой составляет $(30 \pm 5)\%$ всего цикла движений.

В фазе входа руки в воду (фаза вкладывания) кисть жестко фиксируется в лучезапястном суставе и немного сгибается. Эта фаза завершает подготовку к следующему гребку. Она выполняется плавно, но быстро. Последовательно в воду погружаются пальцы, запястье, локоть и плечо. Ладонь повернута вниз – назад и немного кнаружи. Такое положение позволяет удерживать голову и переднюю часть тела строго на продольной оси и сохранять высокое положение локтя. Во время входа руки в воду локоть направлен в сторону и немного вверх. Следом за кистью в эту же самую «точку» вперед – вниз входит предплечье и плечо. Рука почти полностью выпрямляется и начинает захват. В начале фазы угол в лучезапястном суставе равен $(160 \pm 1)^\circ$, а в локтевом $(137 \pm 3)^\circ$ (рис. 9, а). В конце фазы угол $\alpha = (168 \pm 2)^\circ$, а угол $\beta = (165 \pm 3)^\circ$.

При утомлении в фазе входа руки в воду локоть не поднимается достаточно высоко. Он находится практически на одном уровне с кистью и происходит не плавное вкладывание руки в одну «точку», а удар кистью и предплечьем о воду. Кисть не повернута ладонью кнаружи, а направлена вниз. Угол в лучезапястном суставе в начале фазы доходит до $(177 \pm 1)^\circ$, а угол в локтевом суставе составляет $(134 \pm 2)^\circ$ (рис. 9, а). В конце фазы отмечены показатели угла сгибания в лучезапястном суставе в пределах $(178 \pm 1)^\circ$, в локтевом – $(163 \pm 2)^\circ$ (рис. 9, б). Продолжительность фазы вкладывания составляет в процентном отношении $(10 \pm 2)\%$ от времени всего цикла.

Выводы

1. Неоднородность прохождения соревновательной дистанции на различных ее участках, а именно изменение основных кинематических параметров: длительности проплывания, числа гребков, средней скорости, шага пловца и продолжительности одного гребка, оказывает значительное влияние на результат соревновательной деятельности. Структура движения на различных отрезках дистанции отличается от модельной, проигрывая в шаге пловца, количестве движений на одинаковых расстояниях и, что наиболее важно, в техническом исполнении гребка.

2. Утомление скелетных мышц пловца при прохождении соревновательной дистанции оказывает влияние на кинематические показатели, определяющие характер перемещения звеньев руки относительно друг друга и поверхности воды. По фазам движения отмечаются следующие существенные изменения кинематики:

- в фазе захвата кисть не разворачивается ладонью кнаружи и теряет опору о встречный поток; вращательного движения предплечьем не происходит, и локоть опускается книзу;
- в фазе подтягивания отмечается «проваливание» локтя и снижение тягового усилия гребущей руки;
- в фазе отталкивания исчезают энергичное приведение и разгибание плеча, а также мощное отталкивание предплечьем и кистью от воды. В некоторых случаях данная

фаза может отсутствовать вследствие раннего вынимания руки из воды и невозможности совершать силовое движение;

- в фазе выхода руки из воды вследствие незаконченности предыдущей фазы руке приходится преодолевать значительное сопротивление воды, и как следствие, появляется момент торможения;
- в фазе проноса руки над водой плечо не поднимает достаточно высоко локоть над ее поверхностью, вследствие чего локоть проходит в стороне от тела и опущен почти до уровня кисти;
- в фазе входа руки в воду локоть находится практически на одном уровне с кистью, и происходит не плавное вкладывание руки в одну «точку», а удар кистью и предплечьем о воду.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа выполнена в рамках задания 4.07 раздела «Биомеханика» ГКПНИ «Механика».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков, Д.А. Эффективность тренировочных средств при коррекции параметров соревновательной деятельности пловцов различной квалификации / Д.А. Волков, Е.В. Липский // Сб. науч. тр. ВНИИФК 2000 г. – М.: ВНИИФК, 2001. – С. 285–288.
2. Гилев, Г.А. О реализации скоростно-силового потенциала в гребковых движениях пловца / Г.А. Гилев, И.П. Ратов, В.В. Беляев // Теория и практика физической культуры. – 1985. – № 5. – С. 15–17.
3. Гилев, Г.А. Эффективность продвижения пловца в кроле на груди / Г.А. Гилев, В.В. Ломоносов // Теория и практика физической культуры. – 1976. – № 12. – С. 10–11.
4. Глухов, В.И. Изменения техники плавания кролем при утомлении / В.И. Глухов // Теория и практика физической культуры. – 1979. – № 8. – С.15–17.
5. Иссурин, В.Б. Подводная кинематика движений и фазовый состав гребка при плавании / В.Б. Иссурин, Ю.И. Костюк // Теория и практика физической культуры. – 1978. – № 9. – С. 13–15.
6. Иссурин, В.Б. Пространственная кинематика гребка и перенос навыка в плавании различными способами / В.Б. Иссурин, Ю.И. Костюк // Теория и практика физической культуры. – 1982. – № 5. – С. 15–17.
7. Иссурин, В.Б. Оптимизация пространственного построения гребка при плавании / В.Б. Иссурин, Ю.И. Костюк // Теория и практика физической культуры. – 1984. – № 4. – С. 10–12.
8. Колмогоров, С.В. Гидродинамические характеристики пловцов различного пола и квалификации / С.В. Колмогоров, О.А. Румянцева, С.В. Койгеров // Теория и практика физической культуры. – 1994. – № 9. – С. 31–38.
9. Костюк, Ю.И. Совершенствование спортивно-технического мастерства в плавании на основе анализа движений пловцов и переноса навыка: автореф. дис. ... канд. пед. наук. / Ю.И. Костюк. – Малаховка: МОГИФК, 1981. – 21 с.
10. Gautier, J. A kinematics study of finswimming at surface / J. Gautier, L. Baly, P.G. Zanone, B. Watier // J. of Sports Science and Medicine. – 2003. – No. 3. – P. 91–95.
11. Vezos, N. Underwater stroke kinematics during breathing and breath-holding front crawl swimming / N. Vezos, V. Gourgoulis, N. Aggeloussis, P. Kasimatis, C. Christoforidis, G. Mavromatis // J. of Sports Science and Medicine. – 2007. – No. 6. – P. 58–62.

CHANGE OF KINEMATICS OF THE STROKE AT EXHAUSTION OF SKELETAL MUSCLES

K.K. Bondarenko, E.P. Lisaevich, S.V. Shilko, A.E. Bondarenko (Gomel, Belarus)

The purpose of the research consists in studying changes of kinematics parameters of the stroke at swimming by the crawl on the breast, caused by exhaustion of the skeletal muscles which produce the stroke movement of an arm. The sportsmen of 12–13 years having qualification of the first sport category and the candidate in the master of sport took part in experiment. On four pieces of a hundred-meter competitive distance, there were registered duration and average speed of movement, quantity of the strokes, a step of the swimmer, and duration of one stroke. According to above-water and underwater video shootings, the biomechanical analysis of the stroke movements in the phases and the cycles, including determination of duration of phases and forms of a phase trajectory in joints was carried out. Model parameters of articulate angles and changes of kinematic characteristics of the stroke owing to exhaustion are determined.

Key words: model parameters of the stroke, phases of movement, angle of bending, elbow and wrist joints, hydrodynamic resistance.

Получено 8 апреля 2009