



Министерство спорта и туризма Республики Беларусь

Белорусский государственный университет физической культуры
Центр координации научно-методической и инновационной
деятельности
Информационно-аналитический отдел

Цикл научно-практических мероприятий
«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ПОДГОТОВКЕ СПОРТИВНОГО РЕЗЕРВА
И СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОГО КЛАССА»

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА И СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВОДНЫХ ВИДАХ СПОРТА

Круглый стол
Информационно-аналитические материалы
09.2023



Плавание и его энергетические характеристики: ключевые детерминанты, пути оптимизации 4

Разуванов Владимир Михайлович,
ведущий специалист информационно-аналитического отдела Центра
координации научно-методической и инновационной деятельности

Ушу как средство развития гибкости в водных видах спорта 25

Харькова Виктория Александровна,
заведующий кафедрой боевых единоборств и специальной подготовки,
ведущий специалист Центра координации научно-методической
и инновационной деятельности, кандидат педагогических наук, доцент

Современные аппаратно-программные технологии в повышении эффективности тренировочного процесса в плавании 33

Шешко Валентина Владимировна,
ведущий специалист информационно-аналитического отдела
Центра координации научно-методической и инновационной деятельности

Инновационные тренировочные и диагностические системы как фактор увеличения результативности профессиональных пловцов 38

Храмцова-Босая Янина Александровна,
специалист информационно-аналитического отдела Центра координации
научно-методической и инновационной деятельности

Анализ зарубежной публикации

Силовая тренировка в плавании 45

Strength Training in Swimming / K. Wirth [et al.] // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2022. – № 19. – P. 53–69.

Перевод: Л.И. Кипчакбаева, ведущий специалист информационно-аналитического отдела БГУФК.

Научная редакция: М.Е. Агафонова, начальник информационно-аналитического отдела БГУФК, доцент кафедры спортивной медицины БГУФК, кандидат биологических наук, доцент.

ПЛАВАНИЕ И ЕГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ: КЛЮЧЕВЫЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ, ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ

Разуванов Владимир Михайлович, ведущий специалист информационно-аналитического отдела центра координации научно-методической и инновационной деятельности

В большинстве видов спортивной деятельности, в первую очередь, в локомоциях, ключевым фактором успешности является скорость перемещения тела спортсмена в пространстве на заданное расстояние. При этом результат определяется не только, а зачастую, не столько мощностью, которую способен поддерживать спортсмен, но и эффективностью, экономичностью его движений. И если при перемещении тела на суше эффективность энерготрат является важной детерминантой конечного результата, то при передвижении тела в водной среде экономичность становится ключевой характеристикой спортивной техники.

Как известно, энергия, затрачиваемая на перемещение тела на заданное расстояние, растет пропорционально скорости, однако при любой заданной скорости потребление энергии на суше (например, при беге или езде на велосипеде), ниже, чем в воде (например, при плавании или гребле), и эту разницу можно легко объяснить, если принять во внимание то, что энергия, среди прочего, должна быть затрачена на преодоление сопротивления среды. При любой заданной скорости гидродинамическое сопротивление кратно превосходит аэродинамическое, кроме того, передвижение в воде связано со значительно меньшими возможностями проявлять полезные силы. Например, отталкивание при беге биомеханически значительно более эффективно нежели гребок в плавании, что связано с высокой силой трения, создаваемой между стопой спортсмена в специальной обуви и поверхностью беговой дорожки и значительно меньшей возможностью пловца «опираться» на воду. Таким образом, эти два параметра (сопротивление и эффективность) не только могут объяснить различия в энерготратах между передвижением по суше и воде, но также могут объяснить разницу в эффективности передвижения «внутри» водной среды: например, различия между пловцами разного возраста, пола и технического уровня.

В этом обзоре будут описаны и обсуждены ключевые детерминанты эффективности энерготрат при перемещении в водной среде, а также расход энергии в различных (аэробных и анаэробных) компонентах. Отметим, что при перемещении тел в условиях водной среды достаточно сложно получить точные количественные показатели сопротивления и эффективности, и только комплексный (биофизический) подход может позволить сделать расчеты с приемлемым уровнем точности, а значит, разработать рекомендации по повышению эффективности энерготрат.

Максимальная скорость плавания тем выше, чем выше максимальная метаболическая мощность пловца и меньше его энергетические затраты при заданных параметрах движения. В свою очередь, метаболическая мощность

может быть получена из аэробных или анаэробных (лактатных и алактатных) источников энергии и зависит от общей эффективности, двигательной эффективности и гидродинамического сопротивления.

Все факторы, которые, как известно, влияют на энерготраты (например, скорость, техника гребка, возраст, пол, тренированность), действуют посредством преодоления сопротивления и генерации эффективного движения. Ключевые факторы, определяющие энергетические затраты при плавании, находятся в сложном взаимодействии и взаимовлиянии.

Затраты энергии в единицу времени при плавании, как и при других циклических формах передвижения человека, как в воде, так и на суше, выраженные в понятии «метаболическая мощность», возрастают экспоненциально в зависимости от скорости и являются мерой интенсивности упражнений.

Таким образом, энерготраты можно определить как метаболическую мощность, необходимую для движения с заданной скоростью, и метаболическую энергию, необходимую для преодоления заданного расстояния. В более общих терминах энерготраты представляют собой затраченную энергию при данной скорости не как функцию времени, а как функцию пройденного расстояния. Действительно, энерготраты также определяются как «стоимость» перемещения и обычно нормируются по массе тела субъекта (кДж/м/кг). Эта нормализация важна и особенно значима при наземном передвижении, где масса тела влияет на количество механической и метаболической энергии, которую необходимо затрачивать с целью противостояния воздействию гравитации. При водном передвижении более важную роль играют иные физические и антропометрические характеристики, например, рост, размах рук, а также крутящий момент при движении ног [6, 26]. Таким образом, в исследованиях плавания энерготраты чаще всего указывают в кДж/м или нормализуют его на площадь поверхности тела, поскольку именно площадь, а не масса тела, влияет на гидродинамическое сопротивление [26].

Подавляющее большинство исследований водной локомоции предоставляют данные о субмаксимальных энерготратах после достижения устойчивого состояния, условием которого не является необходимость оценки вклада анаэробных источников энергии, определение которых основано на нескольких дискутируемых предположениях. Измерение аэробного компонента метаболической мощности (например, потребление кислорода) в водной среде является непростой задачей, — в случае плавания эксперименты обычно проводятся в плавательных бассейнах, при этом пловцы вынуждены выполнять надводные повороты, а это означает, что энергия, необходимая для старта и поворота, не учитывается, а последствия такого рода изменения техники часто игнорируются и не обсуждаются в литературе. Действительно, «пренебрежение» стартами и поворотами имеет важные последствия для оценки общего расхода энергии при плавании. Процент времени, потраченного на старты и повороты, существенно растет по мере увеличения дистанции, при этом в соревнованиях на длинные дистанции до 30 % общего времени заплыва приходится на повороты [22]. Таким образом,

очевидно, что способность выполнять эффективные повороты оказывает заметное влияние на общий расход энергии, особенно на короткой воде. Скорость плавания, как правило, оценивается по «чистой скорости», которая обычно определяется в центральной части бассейна, где ускорение, вызванное толчком от края бассейна во время поворота, закончилось, а торможение с учетом следующего поворота еще не началось. Скорость пловца в стартах и поворотах намного превышает скорость чистого плавания: типичные средние скорости для высококвалифицированных пловцов-мужчин в кроле на груди на стартовой фазе (первые 15 м) составляют около 3 м/с, в то время как скорость «чистого плавания» не превышает 2 м/с. Скорость, превышающая среднюю скорость во время поворотов, является причиной более быстрого времени на короткой воде (25 м) по сравнению с плаванием в пятидесятиметровых бассейнах. Даже если основные изменения скорости во время заплыва наблюдаются во время старта и поворотов, скорость чистого плавания нельзя считать «постоянной», поскольку она демонстрирует внутрицикловые изменения, которые различаются в зависимости от стиля плавания и его скорости [26]. Действительно, во всех циклических формах передвижения, как на суше, так и в воде, движущие силы не постоянны, а скорее импульсивны, что приводит к циклическим изменениям скорости. Однако предполагается, что средняя эффективная сила (за один цикл) обеспечивает среднюю «постоянную» скорость передвижения.

Максимальная скорость зависит от отношения максимальной метаболической мощности к энерготратам, следовательно, для данного спортсмена максимальная скорость, которую он может достичь в различных формах передвижения, по существу определяется значением энерготрат для данной формы передвижения.

Характерно, что различия в затратах энергии в заданной локомоции более интенсивно повышаются у менее опытных пловцов, то есть если различия в энерготратах на невысокой скорости между низко и высококвалифицированным пловцом будут невелики, то на высокой скорости они будут носить существенный характер. Различия в максимально достигнутой скорости и в этом случае будут определяться максимальной метаболической мощностью и энергетическими затратами на передвижение, при этом «элитные пловцы» имеют как более высокую максимальную метаболическую мощность, так и более низкие значения энерготрат, вследствие чего могут достигать более высоких скоростей по сравнению с пловцами-любителями. Таким образом, спортсмен может улучшить свои результаты, повысив максимальную метаболическую мощность и/или уменьшив энергетические траты.

Максимальная метаболическая мощность зависит от наличия аэробных и анаэробных (лактатных и алактатных) источников энергии. Чем больше эти источники (мощность в кДж) и чем быстрее они могут быть мобилизованы, тем больше метаболическая мощность ($\text{кДж/с} = \text{кВт}$) а, следовательно, максимальная скорость плавания. Как показали исследования, повышение скорости плавания легче достичь за счет снижения энерготрат, а не роста метаболической мощности в любом из ее компонентов, аэробном или

анаэробном [4], поэтому критически важно знать, какие факторы вносят основной вклад в этот параметр.

Как будет показано далее, при движении в воде «энергетическая стоимость» ключевым образом зависит от трех факторов: гидродинамического сопротивления, а также двигательного и общего КПД. Максимальная скорость также будет определяться взаимодействием всех указанных факторов. Например, если два спортсмена имеют одинаковые показатели максимальной метаболической мощности, пловец с более высокой эффективностью движений и меньшим гидродинамическим сопротивлением и, следовательно, с более низкими энерготратам, опередит своего соперника. С другой стороны, атлет с более высокой метаболической мощностью может превзойти пловца с высоким показателем энергоэффективности, но характеризующимся относительно низкой максимальной аэробной и/или анаэробной мощностью. Влияние данных факторов непротиворечиво объясняет и то, почему тот же пловец демонстрирует более высокие показатели скорости в кроле на груди по сравнению с брасом (более высокое гидродинамическое сопротивление и относительно низкая двигательная эффективность в брасе).

Метаболическая мощность

Подавляющее большинство исследований в плавании предоставляют данные о расходах энергии в субмаксимальных режимах, главным образом потому, что в этом случае нет необходимости оценивать вклад анаэробных источников энергии, определение которого основано на нескольких недостаточно точных предположениях. Это примечательное ограничение, поскольку заплывы, как правило, не проводятся на субмаксимальных скоростях.

Аэробный вклад и метаболическая мощность при постоянных, субмаксимальных (аэробных) скоростях могут быть рассчитаны путем измерения потребления кислорода в устойчивом состоянии с помощью стандартных методов «открытого контура». В этих условиях расход энергии осуществляется за счет аэробных источников энергии, а скорость утилизации АТФ равна скорости ресинтеза АТФ путем окисления липидов и глюкозы в цикле Кребса [11]. Мешки Дугласа, баллоны или портативные метаболиметры можно использовать для измерения потребления кислорода в устойчивом состоянии во время тренировки, но в водной среде эта задача усложняется. Как указано выше, при использовании этих устройств следует избегать старта в воду, кроме того, пловцам следует выполнять открытые повороты. Таким образом, использование трубок для сбора выдыхаемого воздуха влияет на время поворота, а также на некоторые плавательные движения (например, практически исключает крен тела), однако было показано, что самые последние модели приборов не оказывают существенного влияния на гидродинамическое сопротивление [33]. Учитывая объективные трудности оценки стационарного потребления кислорода в воде, в ряде исследований применяется альтернативный метод – метод «обратной экстраполяции», при котором потребление кислорода при каждом вдохе регистрируется во рту не во время самого упражнения, а сразу после него, в первые 30–60 секунд восстановления [52].

Соревнования по плаванию в бассейне проводятся на дистанциях от 50 до 1500 м, при этом соответствующие мировые рекорды составляют примерно от 20 с до 15 мин. Дистанцию 400 м обычно рассматривают как модельное состязание по выявлению МПК пловца (длится около 4 минут в кроле на груди). Заплывы на более длинные дистанции, как правило, основаны на аэробных источниках энергообеспечения и проводятся с долей МПК, которая тем меньше, чем дольше их продолжительность, тогда как заплывы на более короткие дистанции (50, 100 и 200 м) обеспечиваются энергией при существенном вкладе анаэробных источников, тем более, чем короче продолжительность заплыва [42]. В подобных случаях вклад анаэробных (лактатных и алактатных) источников энергии в метаболическую мощность мог быть значительным и им нельзя было пренебрегать.

Анаэробный лактатный вклад можно оценить по чистому росту концентрации лактата в крови, оцениваемому в конце заплыва [11]. Например, как показали исследования, в заплывах кролем на груди на дистанции 100 м вклад анаэробного гликолиза составлял 1,29 кВт или около 47 % от общего потребления энергии, тогда как на дистанции 200 м его вклад падал до 25 % [4].

Прямая оценка *анаэробных алактатных* источников энергии с помощью инвазивных методов (например, мышечной пункции) невозможна, поэтому следует использовать неинвазивные альтернативы. Алактатный вклад можно оценить по распаду креатинфосфата в начале тренировки, при этом делается неявное предположение, что постоянная времени распада креатинфосфата начале работы представляет собой зеркальное приращение реакции потребления кислорода на мышечном уровне [34], которое, как и в случае лактатного и алактатного анаэробного энергообеспечения, снижается с увеличением продолжительности нагрузки, независимо от абсолютной концентрации креатинфосфата в состоянии покоя. Например, как показали исследования, в плавании кролем на груди на дистанции 100 м анаэробный алактатный компонент обеспечивал 0,53 кВт или около 20 % общего энергопотребления, тогда как на дистанции 200 м он падал до 0,27 кВт, или около 14 % [3]. Альтернативный метод оценки анаэробного алактатного вклада основан на анализе быстрого компонента кинетики кислорода [11], поскольку в период после тренировки восполняется кислородный долг, необходимый для восстановления высокоэнергетических субстратов, расщепленных в начале тренировки. Этот метод был применен в анализе плавания кролем на 200 м, при этом авторы показали, что, несмотря на существование некоторых предостережений относительно обоих методов, они дают схожие значения алактатного долга [39]. Наконец, вклад анаэробной энергии можно рассчитать с помощью метода накопленного дефицита кислорода [23], применявшегося в отдельных работах [28], при этом данный метод давал несколько меньшие величины анаэробного компонента.

Иной подход, описанный в литературе для оценки метаболической мощности при максимальной скорости, был применен к передвижениям как на суше, так и в воде [50]. При таком подходе во время интенсивного

двигательного теста краткой продолжительности (менее 2–3 мин) энергопотребление рассчитывается по специальной формуле на основе экстраполяции заданных постоянных.

Подводя итог, можно сказать, что аэробный, анаэробный лактатный и анаэробный алактатный компоненты энергообеспечения можно считать метаболическими детерминантами энерготрат, поскольку, как только известна метаболическая мощность, энерготраты можно рассчитать с любой заданной скоростью, однако, чтобы понять различия энерготрат между различными субъектами, средами, состояниями, важно знать, какие дополнительные параметры могут влиять на общий уровень энерготрат. Для этого необходимо рассмотреть не только биоэнергетические, но и «механические детерминанты» энерготрат, о чем пойдет речь ниже.

Механическая мощность и эффективность

Рост метаболической мощности по мере повышения скорости отражает увеличение общей выходной механической мощности, которую мышцы должны обеспечить для поддержания данной скорости. Что касается передвижения по суше, то общую механическую мощность передвижения можно рассматривать как сумму двух слагаемых: мощности, необходимой для ускорения и замедления конечностей относительно центра масс и мощности, необходимой для преодоления внешних сил. В условиях водной среды мощность можно дополнительно разделить на мощность преодоления сопротивления, что способствует полезной тяге, и мощность, которая не способствует перемещению. Эффективность, с которой внешняя механическая энергия, производимая пловцом, преобразуется в полезную механическую мощность, называется эффективностью Фруда. Гидравлический КПД имеет первостепенное значение при передвижении по воде, поскольку он указывает на способность пловца преобразовать свою мышечную силу в мощность, полезную для движения, при этом показатели могут варьироваться от 0 до 1 (1 – вся мощность используется для движения). Эффективность движения, гидравлическая эффективность и эффективность Фруда относятся только к механическому разделению. Однако для полного описания следует дополнительно рассмотреть еще и метаболическую эффективность. Эффективность, с которой входная метаболическая мощность преобразуется в выходную механическую мощность, называется общей (или валовой или механической) эффективностью, при этом эффективность, с которой входная метаболическая мощность преобразуется в полезную выходную механическую мощность, называется эффективностью производительности.

Такое разделение эффективности плавания человека основано на блок-схеме этапов преобразования энергии при устойчивом водном движении [9]: метаболическая энергия преобразуется в сократительную работу, при этом только часть ее идет на перемещение жидкости, и лишь часть этой работы уходит на полезную тягу. Таким образом, можно, зная разделение между полезными и бесполезными компонентами работы, на каждом шаге этой диаграммы рассчитать энерготраты при заданной скорости плавания, исходя из

показателей полезной тяги в воде при той же скорости. Следовательно, эффективность водного передвижения может быть рассчитана на основе значений механической и метаболической мощности, в этом случае числитель и знаменатель представляют собой энергию, затраченную в единицу времени (например, Дж/с). Когда метаболическая энергия выражается как функция расстояния (например, чтобы подчеркнуть роль затрат энергии, которая выражается в Дж/м), механическая составляющая также должна быть выражена в тех же единицах (Дж/м – работа на единицу расстояния).

При постоянной скорости сумма движущих сил должна равняться сумме сил сопротивления, – действительно, если бы пловец мог создавать движущую силу, превышающую силу сопротивления, он/она ускорился бы.

Резюмируя представленное выше, можно утверждать, что различия в метаболической мощности у пловцов при любой заданной скорости и для конкретной общей эффективности зависят от различий в двигательной эффективности. Для данного режима передвижения повышение двигательной эффективности или уменьшение необходимой мощности тяги приведет к уменьшению энерготрат, что позволит увеличить максимальную достижимую скорость.

Гидродинамическое сопротивление и мощность преодоления сопротивления

При движении в водной среде метаболическая энергия в основном расходуется на преодоление гидродинамического сопротивления, причем тем большего, чем выше скорость. Действительно, сопротивление воздуха незначительно по сравнению с сопротивлением воды, а сила Архимеда позволяет пловцу практически не тратить энергию, чтобы оставаться на поверхности воды. Гидродинамическое сопротивление можно рассматривать как сумму трех составляющих: сопротивления формы, трения и волнового сопротивления. Сопротивление формы зависит от геометрии тела и от его воздействия на поток воды, при этом данный компонент сопротивления растет пропорционально квадрату скорости и преобладает на низких и средних скоростях (он составляет около 80 % от общего пассивного и поверхностного сопротивления на скорости 1 м/с) [26].

Для частично погруженных в воду тел (в случае с надводным плаванием) сопротивление создается лишь частью тела, контактирующей с водой, которое, в свою очередь, зависит от геометрических параметров пловца (больше у более тяжелых и высоких пловцов), части тела, которая находится под водой (больше у более мускулистых и плотных спортсменов), наклона тела/угла атаки (наименьший, когда тело ориентировано в направлении потока), а также положения сегментов тела во время гребка (различается в зависимости от стиля плавания).

Первые три пункта указывают на то, что сопротивление зависит от антропометрических характеристик пловцов, – действительно было обнаружено, что энерготраты растут с увеличением длины, массы и площади поверхности тела, а уменьшаются с ростом плавучести, когда же энерготраты

масштабируются по размеру тела, различия между субъектами имеют тенденцию исчезать [19, 31].

Способ учета влияния размера и плотности тела состоит в измерении «угла погружения ног» – параметра, связанного со статическим положением, которое тело принимает при погружении в воду: более высокие, тяжелые и менее плавучие пловцы имеют более высокие значения и, таким образом, ожидается, что потребуется больше энергии для преодоления сил сопротивления. Действительно, мужчины имеют большие значения момента, чем женщины, и тратят больше энергии на единицу дистанции при медленных скоростях плавания [52]. На более высоких скоростях статическое и динамическое положение в воде больше не связаны между собой, – действительно, наклон тела и лобовое сопротивление уменьшаются с увеличением скорости, а при скорости 1,6 м/с и выше никакой связи между углом наклона тела и энерготратами больше не наблюдается [51], поскольку силы, вызванные движениями рук и ног во время плавания, влияют на плавучесть иначе, чем, когда тело находится в воде неподвижно. В частности, показано, что при высоких скоростях плавания (например, 1,6 м/с) движения рук вызывают эффект подъема, а не опускания ноги в кроле на груди. Таким образом, была оспорена интерпретация, согласно которой более высокие энерготраты у взрослых мужчин по сравнению с женщинами и детьми объясняются действиями ударов ногами, якобы необходимыми для активного противодействия склонности ног опускаться [47]. Это позволяет предположить, что различия в энерготратах следует объяснять лишь различиями в размерах и составе тела.

Четвертый момент связан с различиями между активным и пассивным сопротивлением. Во время плавания площадь лобового сопротивления больше, чем в пассивных условиях (например, когда пловца пассивно буксируют в воде в обтекаемом положении) из-за движений туловища и конечностей во время гребкового цикла [16]. Таким образом, можно ожидать, что «плавный» и эффективный гребок, который минимизирует лобовое сопротивление во время плавательного движения, приведет к уменьшению активного сопротивления.

Сопротивление трения зависит от характеристик поверхности тела и особенностей пограничного слоя (слоя более или менее неподвижной жидкости, непосредственно окружающего движущееся тело). На данный компонент сопротивления скорость плавания практически не влияет [46]. Чтобы уменьшить сопротивление трения, пловцы, как и другие спортсмены, результативность которых зависит от трения окружающей среды (например, велосипедисты), используют бритье тела. Удаления волос приводит к снижению степени затухания скорости во время скольжения лежа после максимального толчка ногой под водой, а также снижению потребления кислорода во время плавания [38]. Для уменьшения этого компонента сопротивления также используются купальники, покрывающие большую часть тела, в частности показано, что использование купальников, закрывающих все тело, позволяет существенно снизить пассивное сопротивление, что приводит к уменьшению времени на дистанции и снижает энерготраты [46].

Волновое сопротивление зависит от волнообразования на поверхности воды, при этом данный компонент сопротивления растет по мере роста скорости плавания и преобладает на наиболее высоких дистанционных скоростях, достигнутых на соревнованиях по плаванию (около 60 % общего пассивного и поверхностного сопротивления при 1,7 м/с) [44]. Напротив, волновое сопротивление уменьшается пропорционально уровню погружения тела: у поверхности оно может быть до 2,4 раз выше, чем при полном погружении [41]. До сих пор исследований по оценке влияния волнового сопротивления на затраты энергии проведено не было, возможно потому, что выделение влияния этого компонента сопротивления представляет собой нетривиальную задачу, однако косвенное влияние на затраты энергии можно оценить, поскольку скорость движения пловцов значительно увеличивается, когда они движутся под водой (например, после старта и поворотов). Другой косвенный подход к количественной оценке влияния волнового сопротивления на расход энергии заключается в исследовании влияния расстояния между пловцами на параметры заплыва. Как и в случае с ездой на велосипеде, защищенное положение (плавание вслед за другим) позволяет значительно снизить сопротивление и затраты энергии в зависимости от расстояния от ведущего пловца [5]. Морфология также влияет на сопротивление волны, при этом более высокий пловец обычно плывет быстрее, потому что создает меньше волнового сопротивления на заданной скорости и имеет больший потенциал для достижения максимальной скорости [18], поэтому больший рост является определяющим фактором в спринтерском плавании, но не так важен для заплывов на длинные дистанции, где скорость и, следовательно, волновое сопротивление ниже, а момент погружения ног больше. Гидродинамическое сопротивление, возникающее при буксировке не плавучего объекта по воде, определяется как пассивное сопротивление. Данные о пассивном сопротивлении, представленные в литературе, достаточно согласуются в разных схемах экспериментов [35]. На этапах планирования заплыва (после старта и поворотов) важно сохранять наилучшее гидродинамическое положение с тем, чтобы максимально снизить пассивное сопротивление. Поскольку эти фазы составляют 10–25 % заплыва, в зависимости от дистанции и длины бассейна, неудивительно, что пассивное сопротивление оказалось хорошим показателем общего качества плавания. При измерении пассивного сопротивления пловец не обеспечивает толчок, тогда как во время плавания толчок создают движения конечностей, одновременно создавая дополнительное сопротивление, на основании чего можно предположить, что активное сопротивление будет значительно выше пассивного. Измерение активного сопротивления представляется значительно более полезным и информативным для практики нежели оценка пассивного сопротивления, но вопрос о том, как измерить активное сопротивление, является до сих пор спорным вопросом в литературе по плаванию [46, 52]. Научные статьи, основанные на парадигмах и методах, предложенных после 2011 года, показывают, что активное сопротивление в 1,5–2,5 раза превышает пассивное [16]. Как и в случае с затратами энергии, активное сопротивление

в основном изучается при плавании кролем, при этом относительно других видов плавания данных недостаточно.

Внутренняя и «потерянная» мощность

В литературе имеется не так много данных относительно указанных параметров, однако они могут быть косвенно оценены на основе показателей эффективности Фруда, силы лобового сопротивления, а также внешней механической силы [49]. Сравнительно больше внимания в литературе уделялось внешней механической силе. В кроле на груди внешняя механическая сила тем больше, чем выше скорость, и выше при ударе ногой, чем при гребке руками [49], что дает количественное механическое объяснение неоптимальной гидравлической эффективности движений нижних конечностей по сравнению с верхними. Также ожидается, что снижение частоты движений (при заданной скорости) приведет к снижению затрат энергии. Действительно, как показали исследования [49, 51], снижение частоты гребков при использовании ласт и лопаток для рук позволяет заметно снизить энергетические затраты. Уменьшение частоты гребков при использовании ласт и лопаток также связано с ростом эффективности движений (эффективности Фруда).

Также было обнаружено, что внутренняя мощность растет по мере роста частоты гребков брассом [21], при котором действия конечностей синхронны и существенных различий между верхними и нижними конечностями не наблюдается. Интересен выявленный факт, что у пловцов имеется способность нивелировать рост внутренней мощности при увеличении частоты гребков (стратегия минимизации энергии) за счет уменьшения углового отклонения наиболее тяжелых сегментов (бедер и туловища) в пользу более легких (голени и предплечья). В целом внутренняя и внешняя мощность могут быть в некоторой степени связаны и не могут рассматриваться как независимые, аддитивные компоненты, более того, в воде, по сравнению с передвижением по суше, при расчетах внутренней мощности следует учитывать инерцию «добавленной массы воды», поскольку погруженное тело ведет себя так, как будто оно тяжелее, поэтому требуется дополнительная механическая работа, направленная как против инерции тела, так и вытесненной жидкости [21].

Эффективность сопротивления и общая эффективность

Методы, разработанные для определения активного и/или пассивного сопротивления, широко обсуждаются в литературе, при этом источники указывают на то, что лишь менее 10 % метаболической энергии может быть преобразовано в полезную механическую энергию при плавании [52]. До сих пор лишь несколько исследований целевым образом изучали общую эффективность плавания [49, 42], и в данных случаях сообщалось о совершенно иных значениях эффективности (0,10–0,20), возможно из-за различных методов, использованных для измерения и оценки общей механической мощности. Если силу преодоления сопротивления обязательно следует измерять в воде (а это непростая задача), то общую механическую мощность

можно измерить и вне ее с помощью соответствующих эргометров. Как было отмечено в недавнем исследовании [7], несмотря на трудности точного воспроизведения плавательных движений вне воды, лабораторная эргометрия (скамейки для плавания и плавательные эргометры) может использоваться для исследования механических характеристик плавания. В другой работе рассчитали эффективность сопротивления с помощью эргометра для плавания всего тела и обнаружили, что у соревнующихся пловцов оно составляет $0,23 \pm 0,01$ (с учетом только внешней работы). Аналогичные значения ($0,21 \pm 0,02$) были получены и при исследовании движения рук (эргометр на руке, на суше) у мастеров-мужчин [48]. Эти значения аналогичны тем, которые наблюдаются в велоспорте и гребле, где внешнюю мощность легко измерить с помощью эргометров. Значение около 0,25 действительно следует ожидать для всех циклических форм передвижения, при которых не происходит отдачи упругой энергии и для которых можно точно оценить выходную механическую мощность. Таким образом, парадоксально низкие значения общей эффективности плавания, о которых сообщалось в ранних исследованиях, по-видимому, объясняются неполным расчетом всех компонентов работы и потерь энергии.

Эффективность по Фруду и двигательная эффективность

Пловцу необходимо производить больше механической энергии, чем необходимо для преодоления активного сопротивления при движении в воде. Эффективность по Фруду указывает на долю общей механической энергии, которая может быть использована в воде для создания полезной тяги. Таким образом, для расчета эффективности по Фруду необходимо вычислить как работу по преодолению сопротивления, так и внешнюю полную работу. Это непростая задача для водной среды, и в литературе сообщалось о совершенно разных значениях (0,20–0,80) из-за различных методов, используемых для измерения и оценки. В последнее десятилетие был предложен альтернативный подход к определению эффективности по Фруду: метод основан на показателях скорости, а не показателях мощности, поскольку в водной среде скорость намного проще определить, нежели мощность. Это объясняется тем, что, хотя пловец движется вперед с постоянной скоростью, верхние конечности движутся вперед и назад с большей скоростью относительно тела. Отношение общей скорости движения и скорости движения конечностей пропорционально теоретической эффективности по Фруду, а также характерно для всех «жидкостных машин» (насосы, турбины, винты, водяные и гребные колеса) [15]. Скорость конечностей можно непосредственно измерить с помощью подводного кинематического анализа или оценить, моделируя движение плеч, как если бы это было движение гребного колеса. Во многих исследованиях, опубликованных на данный момент с использованием этой модели, было обнаружено, что эффективность по Фруду составляет не более 0,40–0,45 (у мужчин – высококвалифицированных пловцов кролем), как и ожидалось на теоретических основаниях [48]. Эффективность Фруда снижается со скоростью одновременно с длиной гребка [27], и в

целом между этими двумя параметрами можно наблюдать значительную корреляцию [49]. Таким образом, если бы пловец при заданной скорости мог уменьшить частоту своих движений, увеличивая длину гребка, его эффективность по Фруду увеличится, а энерготраты упадут. К сожалению, в литературе отсутствуют данные об эффективности Фруда для баттерфляя и брасса.

Факторы, влияющие на энергетические затраты в плавании

Определяющими факторами затрат энергии при плавании являются эффективность движения, гидродинамическое сопротивление и общая эффективность. Хотя общая эффективность редко исследуется в исследованиях плавания, известно, что многие факторы влияют на нее через их воздействие на сопротивление и/или эффективность движения (например, морфологические характеристики могут влиять как на сопротивление, так и на эффективность движения). Чтобы выделить влияние одного фактора, другие факторы должны оставаться постоянными. Так, половые различия могут быть значимо оценены только у пловцов с одинаковым техническим уровнем, поскольку технические навыки оказывают глубокое влияние на энерготраты, а различия между гребками следует оценивать у пловцов со схожими антропометрическими и физиологическими характеристиками и т. д.

Скорость и гребок. Энерготраты при плавании растут с увеличением скорости и различаются в зависимости от качеств гребка. После ранней работы Холмера [17] наиболее полный анализ влияния скорости и гребка на расход энергии при плавании был выполнен в 1998 году [3], в котором измеряли энерготраты у молодых пловцов-мужчин в четырех гребках на субмаксимальной и максимальной скорости. Для этой популяции взаимосвязь между энерготратами и скоростью хорошо описывается следующими соотношениями: кроль на груди: 0,670/1,614, плавание на спине: 0,799/1,624, брасс: $C=1,275/0,878$, баттерфляй: 0,784/1,809. Следовательно, для заданной скорости самыми низкими энерготратами характеризуется кроль на груди, за которым следует плавание на спине, при этом наиболее «требовательным» к энергии стилем является баттерфляй [3, 17].

Различия в энерготратах между стилями также можно объяснить разной ролью нижних и верхних конечностей в движении: в брассе толчок ногой (менее эффективный) играет более важную роль, чем в других стилях плавания, где движение в основном создается за счет тяги руки (более эффективный). Помимо стиля плавания, на энергетические затраты также может влиять техника плавания, но данная тема меньше представлена в литературе. Например, количество и время поворотов тела при кроле на груди и плавании на спине могут влиять как на сопротивление, так и на эффективность движения [25]. Другим примером являются различные стили плавания брассом, продолжительность фазы скольжения и др.

Параметры гребка (длина и частота)

Скорость плавания определяется длиной и частотой гребка. Повышение скорости обычно достигается за счет увеличения частоты гребков, в то время

как длина остается стабильной на низких и средних скоростях и имеет тенденцию к снижению на высоких. Взаимосвязь между этими тремя параметрами уникальна для каждого стиля плавания и спортсмена, при этом каждый пловец выбирает свою уникальную комбинацию длины и частоты для достижения и поддержания максимально возможной скорости. Параметры гребка тесно связаны с технической подготовленностью пловца: более техничные пловцы действительно характеризуются большей длиной и меньшей частотой гребков [8]. Несколько исследований показали, что увеличение частоты связано с увеличением энерготрат во всех видах плавания [45]. Это говорит о том, что если бы пловец мог снизить частоту гребков при заданной скорости, его энергоэффективность бы возросла. Влияние частоты гребков на энерготраты можно объяснить двумя основными механизмами: рост частоты приводит к росту внутренней мощности, что, в свою очередь, приведет к увеличению общей потребности в метаболической энергии, кроме того рост частоты связан с сокращением длины гребка при заданной скорости, что также неизбежно приведет к росту затрат энергии. По данным исследований, четкая связь между энерготратами и длиной гребка не наблюдалась [2].

Наиболее полный анализ влияния механики гребка на расход энергии в кроле на груди [40] был посвящен исследованию влияния 4-летней «высокоскоростной тренировки» на соотношение скорость/частота и на расход энергии. В процессе исследования наблюдался рост результатов на 8–10 % на дистанциях 100–200 м, что превышало эффективность традиционных программ (не более 3 %). При этом на субмаксимальных скоростях пловцы могли поддерживать заданную скорость с меньшей частотой за счет увеличения длины гребка, кроме того, они смогли достичь более высоких максимальных скоростей (+27 %) и поддерживать более высокую частоту гребков (+8 %). Эти авторы, кроме того, показали, что эти изменения в механике гребка «совпадают» с уменьшением энерготрат во всем диапазоне скоростей (–20 %) и ростом максимальной метаболической мощности (+16 %) как в аэробных (+48 %), так и анаэробных (+35 %) компонентах [40].

Обучение, детренированность и уровень квалификации

В рекомендациях Американского колледжа спортивной медицины (ACSM 2018) подчеркивается, что расход энергии «может существенно варьироваться от человека к человеку во время плавания в результате использования различной техники гребков и различий в уровне развития навыков». Действительно, техническое мастерство глубоко влияет на энерготраты из-за его влияния на эффективность движений (и, в меньшей степени, на сопротивление). Так, при любой заданной скорости в аэробном режиме пловец-любитель может потратить в два раза больше энергии, чем высококвалифицированный пловец [17]. Аналогичные результаты были получены в исследовании пловцов трех уровней подготовки: при заданной скорости [5]. Объем аэробных или анаэробных тренировок и специализация в соревнованиях на длинные дистанции или спринте также влияют на расход энергии: на субмаксимальных скоростях спринтеры обычно имеют более высокий

показатель энерготрат, чем пловцы на длинные дистанции [6]. Это показывает важность протокола тестирования: ожидается, что пловцы на длинные дистанции будут менее эффективными, когда будут выполнять максимальные спринты, тогда как спринтеры находятся в невыгодном положении при выполнении аэробных нагрузок. Эти соображения подчеркивают сложность выделения факторов, влияющих на результативность плавания.

Внутрицикловые вариации скорости

Пловцы не движутся с постоянной скоростью, а профиль скорости показывает внутрицикловые вариации, которые различаются в зависимости от стиля плавания: больше в брассе и баттерфляе, нежели в вольном стиле и плавании на спине [8].

Большие колебания скорости увеличивают работу, необходимую для продолжения движения на определенной скорости, как из-за необходимости преодоления инерции, так и из-за сопротивления. Таким образом, ожидается, что «гладкий двигательный паттерн» со сниженной вариацией скорости минимизирует энерготраты. Действительно, различия в энерготратах среди стилей плавания во многом могут быть объяснены различиями во внутрицикловой вариации скорости, которая максимальна в брассе. Однако в некоторых исследованиях по этой теме влияние внутрицикловой вариации на энерготраты было «переоценено», поскольку взаимосвязь исследовалась путем объединения данных, собранных в широком диапазоне скоростей и, таким образом, скорее отражает влияние скорости на энерготраты [2]. Расхождения в результатах исследований в этой области можно объяснить, среди прочего, методами измерения вариации и их ограничениями. В исследовании пловцов вариации были точно измерены в 3D и относительно центра масс тела во время плавания кролем на 200 метров и показали примечательную стабильность на всех отрезках (независимо от снижения скорости из-за усталости). Таким образом, вариация скорости не коррелирует с качеством плавания и средней скоростью [30]. Аналогичные результаты были получены и в другом исследовании [13], которые, кроме того, продемонстрировали, что энерготраты росли от первого к последнему отрезку на 200 м, в то время как эффективность движений падала. Таким образом, внутрицикловая вариация также не связана с изменениями энерготрат или эффективностью движений, по крайней мере, в кроле, поскольку пловцы адаптируют свою модель координации движений с тем, чтобы справиться с усталостью [13].

Плавание «на руках», «на ногах» и обычное плавание

Комплексный анализ энергетике плавания только с использованием рук, ног и всех конечностей был выполнен в четырех видах плавания со скоростью до 1,2–1,4 м/с (в плавательном дыму) [17]. Выявлено, что при любой заданной скорости расход энергии ниже при движении только руками по сравнению с полным движением и движением только ногами, при этом плавание только с использованием ног является наиболее энергозатратным. Также было выявлено, что во всех стилях более высокие значения МПК

и скорости были достигнуты при совместном движении руками и ногами. Более поздняя литература подтверждает и расширяет эти данные, уделяя особое внимание плаванию кролем на груди с максимальной скоростью. Удар ногой сам по себе требует очень больших затрат энергии, но его вклад позволяет увеличить максимальную скорость в кроле на груди лишь на 10 % [32]. При субмаксимальных скоростях плавания вклад движения ногой имеет тенденцию к снижению [27]. Работа нижних конечностей важна для баланса туловища, плавучести и общей координации, но удар ногой не только помогает удерживать тело в более обтекаемом положении, уменьшая угол атаки, но также влияет на толчковое действие рук, изменяя их траекторию движения и увеличивая длину гребка, а, следовательно, улучшая эффективность движения [32, 27].

Как неоднократно подчеркивалось в этом обзоре, скорость необходимо контролировать при исследовании влияния удара ногой и гребка рукой, в противном случае наблюдаемые различия в затратах энергии могут быть (также) отнесены к различиям в скорости. Интересным является выявленный факт, состоящий в том, что при умеренных скоростях затраты энергии при движении только руками были выше у мужчин, чем у женщин, что, по-видимому, связано с большей необходимостью поддерживать гидродинамическое положение тела у мужчин. Влияние удара ногой на кинематику гребка руки указывает на то, что координация между конечностями (например, синхронизация движений рук и ног) должна быть оптимизирована для снижения энерготрат и повышения результатов плавания.

Координация движений конечностями

Движение в плавании основано на согласованном действии верхних и нижних конечностей. Когда скорость плавания повышается, пловцы изменяют координацию рук и ног, чтобы адаптироваться к более высокому сопротивлению воды. Индекс координации отражает изменения в организации фаз гребка и измеряет временной промежуток между фазами тяги и толчка в кроле на груди. Другие индексы были предложены для измерения временного разрыва между движениями верхних и нижних конечностей при брассе. Индекс координации растет вместе со скоростью более интенсивно у мужчин, по сравнению с женщинами с сопоставимыми техническими навыками [37], он выше у более опытных пловцов, а также у спринтеров по сравнению с пловцами на длинные дистанции [36]. По этим причинам можно было ожидать, что различия в индексе координации среди пловцов будут коррелировать с различиями в энерготратах, однако в нескольких исследованиях по этой теме было показано, что высокий индекс, как это не парадоксально, связан с повышенными затратами энергии. При устранении эффекта скорости связь между индексом координации и энерготратами становится незначительной [12]. Вместе с тем, было замечено, что в плавании брассом свободно выбранный паттерн движений является и наиболее экономичным (вероятно потому, что он более тренирован) и что высокий индекс координации связан с низким потреблением энергии, что кажется разумным, но несколько противоречит предыдущим результатам) [36]. Таким

образом, опытные пловцы брассом выбирают модель координации, которая предполагает минимальную продолжительность скольжения, которая характеризуется более низким индексом координации и более низким энергопотреблением. На максимальных скоростях (например, плавание кролем на груди 200 м) снижение скорости с 1-го по 4-й этап связано с ростом индекса координации, уменьшением двигательной эффективности и ростом энерготрат без изменений внутрициклового вариации скорости. Таким образом, в этих условиях более высокий индекс координации связан с высокими энерготратами [14], что дополнительно подтверждает необходимость учета взаимодействий между всеми параметрами, принимая во внимание осложнения, связанные с развитием утомления.

Возраст и пол

Как эффективность движений, так и эффективность по Фруду, зависят от антропометрических характеристик пловца и оба изменяются в процессе роста (наряду с развитием тела и тренированностью). Следовательно, ожидается, что энерготраты будут различаться у детей и взрослых, а также у мужчин и женщин. Энерготраты при субмаксимальных скоростях плавания примерно на 20–30 % ниже у женщин [24], что традиционно объясняется меньшим гидродинамическим сопротивлением из-за их меньшего размера тела, большего процента жира в организме и более горизонтального положения в воде женщин по сравнению с пловцами-мужчинами. Поскольку до полового созревания между мужчинами и женщинами не наблюдается существенных различий в антропометрических характеристиках, между мальчиками и девочками (с одинаковыми техническими навыками) никаких различий в энерготратах также не наблюдается (Zamparo et al. 2008; Ratel and Poujade 2009) [49]. На данный момент лишь несколько исследований изучали факторы, определяющие экономичность плавания у детей и подростков. Эти исследования показывают, что при сопоставимой скорости энерготраты действительно ниже у детей, чем у подростков [29], тем более, чем моложе возраст. Более высокая экономичность детей, объясняется меньшим гидродинамическим сопротивлением из-за их меньшего размера тела и более горизонтального положения в воде. Рост энерготрат с ростом можно, по крайней мере частично, объяснить повышением сопротивления, однако увеличение длины тела в процессе развития одновременно приводит к лучшей обтекаемости тела (соотношению длина/объем) и росту числа Фруда (например, уменьшению волнообразующего сопротивления. При нормализации антропометрических характеристик различия в энерготратах между мужчинами и женщинами, а также взрослыми и детьми имеют тенденцию исчезать, особенно если учесть еще и уровень технических навыков. Однако можно наблюдать половые различия в длине гребка (показатель эффективности движения), который при данной скорости короче у женщин по сравнению с мужчинами того же технического уровня и возраста [49].

В терминах абсолютных затрат энергии, представленные в литературе данные показывают, что: энерготраты при данной скорости тем ниже, чем младше возраст; рост энерготрат с возрастом у мальчиков более резкий по

сравнению с девочками; у мужчин энерготраты выше, чем у женщин. У обоих полов максимальная аэробная и анаэробная мощность растет с возрастом и тренированностью, способствуя повышению производительности и, возможно, нивелируя эффекты изменения эффективности движений и гидродинамического сопротивления. Мастера-пловцы характеризуются более низким уровнем экономичности по сравнению с молодыми пловцами, тем более, чем старше возраст [49]. Снижение максимальной метаболической мощности, происходящее с возрастом, вынуждает пловцов снижать скорость, при этом малые скорости связаны с неблагоприятной центровкой тела, повышением угла атаки и гидродинамического сопротивления, однако, что еще более важно, с возрастом происходит ухудшение эффективности движений, что приводит к росту энерготрат (около 0,75 % в год после 50 лет) [49].

Плавание на открытой воде и сверхдлинные заплывы

Плавание на открытой воде – дисциплина на выносливость, проводимая на открытом воздухе и в открытых водоемах (океанах, морях, реках и озерах). Обычные заплывы проводятся на дистанциях 5, 10 и 25 км (заплыв на 10 км является олимпийским соревнованием с 2008 года), тогда как в сверхдальних заплывах дистанция плавания обычно превышает 30 км (Ла-Манш – 34 км, Канал Каталина – 32,2 км, Марафонское плавание на острове Манхэттен – 45,9 км, вместе именуемые «Тройная Корона»).

Значения МПК у элитных пловцов на средние дистанции и на открытой воде сопоставимы с показателями, зарегистрированными для спортсменов, специализирующихся в соревнованиях на выносливость на суше (марафонцы, лыжники) – около 60 и 70 мл/мин/кг для пловцов женского и мужского пола соответственно. Однако для пловцов на открытой воде, марафонцев, более важным фактором является не само МПК, а способность длительное время его, или его долю, поддерживать на заданном уровне относительно ПАНО [1]. Таким образом, кажется логичным предположить, что способность плавать с высокой долей МПК важна для всех дистанций на открытой воде, а также в соревнованиях в бассейне на наиболее длинные дистанции (1500 м). Действительно, у элитных пловцов на открытой воде порог лактата возникает при скорости, равной 89 % от пикового темпа для мужчин и 94 % для женщин [1].

Прямые измерения затрат энергии во время соревнований по плаванию на открытой воде технически сложны, и в литературе опубликовано лишь несколько исследований, посвященных, главным образом, сердечно-сосудистым реакциям (мониторинг сердечного ритма) и механике гребков. Контролировались частота и длина гребков опытного пловца во время одиночного пересечения Адриатического моря (78,1 км за 23 ч 44 мин), при этом после первых 3 часов длина гребка и скорость плавания начали снижаться, а частота – увеличиваться [10]. Действительно, в условиях утомления частота гребков имеет тенденцию увеличиваться, а длина – уменьшаться, и поскольку длина гребка является показателем эффективности, ожидается, что уменьшение длины гребка дополнительно приведет к росту энерготрат.

Так, у высококвалифицированных пловцов на выносливость (во время заплыва на 400 м в бассейне) до и после «утомительной» 2-километровой дистанции, выполняемой в высоком темпе, отмечалось увеличение энергопотребления (около 20 %) и сокращение длины гребка. Пловцы, занимающиеся выносливостью, характеризуются значениями энерготрат, сравнимыми со значениями пловцов на короткие дистанции при той же скорости плавания, а пловцы-женщины ожидаемо превосходили мужчин [52], что позволяет предположить наличие некоторого преимущества женщин для достижения успеха в соревнованиях на длинные дистанции. Действительно, самым быстрым из когда-либо завершивших «Тройную Корону» спортсменом была женщина, выполнившая 3 заплыва в течение 36 дней за 70 часов [20].

Дополнительные средства при плавании

Изменения в затратах энергии на плавание можно наблюдать, когда для передвижения в воде используются пассивные средства интенсификации передвижения, такие как ласты и лопатки для рук. По аналогии с передвижением по суше эти инструменты не передают телу никакой дополнительной механической энергии, но обеспечивают эффективную компенсацию ограничений анатомической конструкции и недостаточности мышечной работы. Ласты, например, снижают затраты энергии при плавании кролем на заданной скорости; примерно на 10–15 %, что связано со снижением частоты ударов и увеличением эффективности движений [49]. Затраты энергии на заданной скорости также снижаются при использовании лопаток для рук, и в этом случае это также связано с ростом эффективности Фруда. Таким образом, когда используются небольшие вспомогательные средства, выигрыш в скорости и экономии в основном происходит за счет увеличения эффективности, а не за счет уменьшения сил сопротивления, причем способность преодолевать сопротивление практически не зависит от их использования [49]. Ласты и лопатки повышают эффективность главным образом потому, что увеличивают площадь движущейся поверхности для данной движущей силы, что означает придание большему количеству воды меньшего изменения скорости, тем самым уменьшая диссипацию кинетической энергии. Соответственно, ожидается, что размер рук и ног также влияет на результативность плавания и затраты энергии, что можно использовать в спортивном отборе и оптимизации техники. Например, такой прием, как небольшое разведение пальцев кисти увеличивает функционально эквивалентную площадь ладони, возможно, позволяя пловцам улучшить, хотя и в небольшой степени, качество движения при плавании [43]. Гораздо более значительное улучшение скорости и экономии энергии можно наблюдать при использовании «более крупных инструментов» (например, лодок). В этом случае более низкая потребность в энергии по сравнению с плаванием с заданной скоростью объясняется не только повышением эффективности, но и существенным снижением гидродинамического сопротивления. Как и в случае с плаванием, затраты энергии на передвижение на лодке

растут в зависимости от скорости и зависят от типа лодки и уровня квалификации спортсмена. Таким образом, по сравнению с плаванием, сопротивление снижается, поскольку уменьшается площадь погружения, сопротивление давления и волновое сопротивление. Однако, в отличие от плавания, в гребле, парусном спорте или каноэ давление и волновое сопротивление составляют лишь 10–20 % от общего сопротивления, а сопротивление трения является основным источником сопротивления движению. По этой причине снижение сопротивления трения является основной проблемой при движении спортивных лодок, и смачиваемые поверхности лодки обычно обрабатываются для уменьшения турбулентного потока (аналогично тому, как пловцы бреют тело или носят костюмы).

Таким образом, знание параметров, влияющих на характеристики передвижения лодки, можно использовать для понимания плавания, а передвижение человека в воде можно описать схожими правилами, несмотря на различия в типе «гребного винта» (ноги, руки и т. д.), используемых инструментах (ласты, весла, лодки) и в характере движений (синхронность в гребле и баттерфляе, попеременность в гребле на байдарках и кроле на груди).

Выводы и рекомендации

Эффективность движения и гидродинамическое сопротивление являются основными факторами, определяющими энергетические затраты в плавании (в более общих терминах, на водное передвижение). Эти параметры трудно измерить в водной среде, но недавние данные свидетельствуют о том, что оценки, полученные в настоящее время, «вполне разумны», что позволяет оценить энерготраты с приемлемой точностью. Сегодня существует консенсус в отношении методов оценки и расчета метаболической мощности плавания. Известно, что многие факторы влияют на энерготраты посредством воздействия на эффективность движений, эффективность Фруда, или на то и другое, например, пол, возраст, тренированность.

Чтобы выделить влияние одного из этих факторов, иные «шумовые факторы» должны оставаться постоянными, однако этого не всегда легко достичь, поэтому некоторые из «расхождений», о которых сообщается в научной литературе относительно детерминант энергоэффективности, можно отнести к данной проблеме. В частности, важно контролировать скорость, поскольку при росте скорости в обязательном порядке растет гидродинамическое сопротивление вместе с общим расходом энергии.

Представленный обзор может послужить основой для понимания сложного взаимодействия между многими факторами, влияющими на энергетические характеристики плавания, его эффективность, скорость, экономичность, что, в свою очередь, позволит системно совершенствовать тренировочный процесс как в контексте развития физических качеств, так и в технико-тактических аспектах и отдельных аспектах спортивного отбора.

Источники:

1. Characteristics and challenges of open water swimming performance : a review / R. Baldassarre [et al.] // Int J Sport Physiol Perf. – 2017. – Vol. 12 (10). – P. 1275–1284.

2. Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance : updating the state of the art / T. M. Barbosa [et al.] // *J Sci Med Sport*. – 2010. – Vol. 13. – P. 262–269.
3. Energetics of swimming at maximal speed in humans / C. Capelli [et al.] // *Eur J Appl Physiol*. – 1998. – Vol. 78. – P. 385–393.
4. Capelli, C. Physiological determinants of best performances in human locomotion / C. Capelli // *Eur J Appl Physiol*. – 1999. – Vol. 80. – P. 298–307.
5. Effect of fatskin suits on performance, drag and energy cost of swimming / J. C. Chatard [et al.] // *Med Sci Sports Exerc*. – 2008. – Vol. 40 (6). – P. 1149–1154.
6. The contribution of passive drag as a determinant of swimming performance / J. C. Chatard [et al.] // *Int J Sports Med*. – 1990. – Vol. 11. – P. 367–372.
7. Laboratory based ergometry for swimmers : a narrative review / M. Cortesi [et al.] // *J Sport Med Phys Fitness*. – 2019. – Vol. 59 (9). – P. 1503–1512.
8. Craig, A. B. Jr. Relationships of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming / A. B. Craig Jr., D. R. Pendergast // *Med Sci Sports*. – 1979. – Vol. 11. – P. 278–283.
9. Daniel, T. L. Efficiency in aquatic locomotion: limitations from single cells to animals / T. L. Daniel // In: Blake RW (ed) *Efficiency and economy in animal physiology*. – Cambridge: Cambridge University Press, 1991. – P. 83–96.
10. Pacing and mood changes while crossing the Adriatic Sea from Italy to Albania : a case study / G. de Ioannon [et al.] // *Int J Sports Physiol Perform*. – 2015. – Vol. 10 (4). – P. 520–523.
11. Di Prampero, P. E. Energetics of muscular exercise / P. E. di Prampero // *Rev Physiol Biochem Pharmacol*. – 1981. – Vol. 89. – P. 143–222.
12. Fernandes, R. J. Relationship between arm coordination and energy cost in front crawl swimming / R. J. Fernandes // In: Kjendlie PL, Stallman RK, Cabri J (eds) *Biomechanics and medicine in swimming XI*. – Oslo: Norwegian School of Sport Sciences, 2010. – P. 74–76.
13. Figueiredo, P. Energy cost and body centre of mass' 3D intracycle velocity variation in swimming / P. Figueiredo // *Eur J Appl Physiol*. – 2012. – Vol. 112. – P. 3319–3326.
14. Relation between efficiency and energy cost with coordination in aquatic locomotion / P. Figueiredo [et al.] // *Eur J Appl Physiol*. – 2013. – Vol. 113. – P. 651–659.
15. Fox, R. W. Fluid machines. Introduction to fluid machines / R. W. Fox, A. T. McDonald. – New York: Wiley, 1992. – P. 544–625.
16. Planimetric frontal area in the four swimming strokes: implications for drag, energetics and speed / G. Gatta [et al.] // *Human Mov Sci*. – 2015. – Vol. 39. – P. 41–54.
17. Holmer, I. Energy cost of arm stroke, leg kick and the whole stroke in competitive swimming styles / I. Holmer // *Eur J Appl Physiol*. – 1974. – Vol. 33. – P. 105–118.
18. Differences in the energy cost between children and adults during front crawl swimming / P. L. Kjendlie [et al.] // *Eur J Appl Physiol*. – 2004. – Vol. 91. – P. 473–480.
19. Kjendlie, P. L. Factors affecting swimming economy in children and adults / P. L. Kjendlie [et al.] // *Eur J Appl Physiol*. – Vol. 93. – P. 65–74.
20. Women outperform men in ultradistance swimming: the Manhattan Island Marathon Swim from 1983 to 2013 / B. Knechtle [et al.] // *Int J Sport Physiol Perf*. – 2014. – Vol. 9. – P. 913–924.
21. Breaststroke swimmers moderate internal work increases toward the highest stroke frequencies / J. Lauer [et al.] // *J Biomech*. – 2015. – Vol. 48 (12). – P. 3012–3016.
22. Lyttle, A. A review of swimming dive starting and turning performance / A. Lyttle, B. Blanksby // In: Seifert L, Chollet D, Mujika I (eds) *Word book of swimming: from science to performance*. – Hauppauge: Nova Science Publishers, 2011. – P. 425–442.
23. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit / J. Medbø [et al.] // *J Appl Physiol*. – 1988. – Vol. 64. – P. 50–60.
24. Velocity, oxygen uptake and metabolic cost of pull, kick and whole body swimming / K. S. Morris [et al.] // *Int J Sport Physiol Perf*. – 2017. – Vol. 12. – P. 1046–1051.
25. Payton, C. J. Body-roll in front crawl swimming / C. J. Payton, R. H. Sanders // In: Seifert L, Chollet D, Mujika I (eds) *Word book of Swimming: from science to performance*. – Hauppauge: Nova Science Publishers, 2011. – P. 173–190.
26. Energy balance of human locomotion in water / D. R. Pendergast [et al.] // *Eur J Appl Physiol*. – 2003. – Vol. 90. – P. 377–386.

27. The effects of leg kick on swimming speed and arm-stroke efficiency in the front crawl / R. Peterson-Silveira [et al.] // *Int J Sport Physiol Perform.* – 2017. – Vol. 12 (6). – P. 728–735.
28. Estimating the energy contribution during single and repeated sprint swimming / M. C. Peyrebrune [et al.] // *Scand J Med Sci Sports.* – 2014. – Vol. 24. – P. 369–376.
29. Determinants of the energy cost of front crawl swimming in children / B. Poujade [et al.] // *Eur J Appl Physiol.* – 2002. – Vol. 87. – P. 1–6.
30. Three-dimensional analysis of intracycle velocity fluctuations in front crawl swimming / S. G. Psycharakis [et al.] // *Scand J Med Sci Sports.* – 2010. – Vol. 20 (1). – P. 128–135.
31. Ratel, S. Comparative analysis of the energy cost during front crawl swimming in children and adults / S. Ratel, B. Poujade // *Eur J Appl Physiol.* – 2009. – Vol. 105. – P. 543–549.
32. VO₂ kinetics and metabolic contribution during full and upper body extreme swimming intensities / J. Ribeiro [et al.] // *Eur J Appl Physiol.* – 2015. – Vol. 115. – P. 1117–1124.
33. AquaTrainer snorkel does not increase hydrodynamic drag but influences turning time / J. Ribeiro [et al.] // *Int J Sports Med.* – 2016. – Vol. 37 (04). – P. 324–328.
34. Dynamic asymmetry of phosphocreatine concentration and O₂ uptake between the on- and off-transients of moderate and high-intensity exercise in humans / H. B. Rossiter [et al.] // *J Physiol.* – 2002. – Vol. 541. – P. 991–1002.
35. Techniques and considerations for monitoring swimmer's passive drag / R. Scurati [et al.] // *J Sports Sci.* – 2019. – Vol. 37 (19). – P. 1168–1180.
36. Arm coordination, power and swim efficiency in national and regional front crawl swimmers / L. Seifert [et al.] // *Hum Mov Sci.* – 2010. – Vol. 29. – P. 426–439.
37. Effect of gender on the adaptation of arm coordination in front crawl / L. Seifert [et al.] // *Int J Sports Med.* – 2004. – Vol. 25. – P. 217–223.
38. Sharp, R. L. Influence of body air removal on physiological responses during breaststroke swimming / R. L. Sharp, D. L. Costill // *Med Sci Sports Exerc.* – 1989. – Vol. 21 (5). – P. 576–580.
39. Anaerobic alactic energy assessment in middle distance swimming / A. Sousa [et al.] // *Eur J Appl Physiol.* – 2013. – Vol. 113 (8). – P. 2153–2158.
40. Termin, B. Training using the stroke frequency-velocity relationship to combine biomechanical and metabolic paradigms / B. Termin, D. R. Pendergast // *J Swim Res.* – 2000. – Vol. 14. – P. 9–17.
41. How does drag affect the underwater phase of a swimming start / E. Tor [et al.] // *J Appl Biomech.* – 2015. – Vol. 31. – P. 8–12.
42. Toussaint, H. M. Energetics of competitive swimming. Implications for training programmes / H. M. Toussaint, A. P. Hollander // *Sports Med.* – 1994. – Vol. 18 (6). – P. 384–405.
43. The effect of finger spreading on drag of the hand in human swimming / J. Van Houwelingen [et al.] // *J Biomech.* – 2017. – Vol. 63. – P. 67–73.
44. Wave drag on human swimmers / R. Vennell [et al.] // *J Biomech.* – 2006. – Vol. 39. – P. 664–671.
45. Relationship between oxygen uptake, stroke rate and swimming velocity in competitive swimming / K. Wakayoshi [et al.] // *Int J Sports Med.* – 1995. – Vol. 16 (1). – P. 19–23.
46. Active drag in swimming / B. Wilson, R. Thorp // In: Chatard JC (ed) *Biomechanics and medicine in swimming IX.* – Saint Etienne: University Press, 2003. – P. 15–20.
47. Yanai, T. How does buoyancy influence front crawl performance? Exploring the assumptions / T. Yanai, B. D. Wilson // *Sports Technol.* – 2008. – Vol. 1 (2–3). – P. 89–99.
48. Zamparo, P. Mechanical and propelling efficiency in swimming derived from exercise using a laboratory based wholebody swimming ergometer / P. Zamparo, I. Swaine // *J Appl Physiol.* – 2012. – Vol. 113. – P. 584–594.
49. An energy balance of front crawl / P. Zamparo [et al.] // *Eur J Appl Physiol.* – 2005. – Vol. 94. – P. 134–144.
50. Energetics of kayaking at submaximal and maximal speeds / P. Zamparo [et al.] // *Eur J Appl Physiol.* – 1999. – Vol. 80 (6). – P. 542–548.
51. Energy cost of front crawl swimming at supramaximal speeds and underwater torque in young swimmers / P. Zamparo [et al.] // *Eur J Appl Physiol.* – 2000. – Vol. 83. – P. 487–491.
52. The interplay between propelling efficiency, hydrodynamic position and energy cost of front crawl in 8 to 19-year-old swimmers / P. Zamparo [et al.] // *Eur J Appl Physiol.* – 2008. – Vol. 104. – P. 689–699.

Харькова Виктория Александровна, заведующий кафедрой боевых единоборств и специальной подготовки, ведущий специалист Центра координации научно-методической и инновационной деятельности, кандидат педагогических наук, доцент

Обобщение данных научно-методической литературы позволяет утверждать, что специалисты в водных видах спорта придерживаются мнения о высокой значимости уровня развития гибкости у спортсменов на всех этапах многолетней спортивной подготовки [1, 2, 3, 6]. Это связано со многими аспектами учебно-тренировочной и соревновательной деятельности. Низкий уровень развития гибкости несет за собой негативные последствия. К ним можно отнести, в первую очередь, нерациональную технику плавания различными спортивными способами, неэкономичная техника движений руками и ногами при работе различными спортивными способами, ограничение амплитуды движений [1]. Недостаточный уровень развития гибкости может приводить к травмам [4]. Недостаточная подвижность в голеностопных суставах существенно сказывается на эффективности работы ногами: имеются потери в величине шага пловца. В результате этого повышается темп движений руками. Низкий уровень мобильности в плечевых суставах ограничивает пронос рук над поверхностью воды, что нарушает фазу входа руки в воду и как следствие ухудшается весь гребок [1].

Включение в учебно-тренировочный процесс упражнений на развитие гибкости зачастую происходит только на ранних этапах подготовки юных пловцов. Однако в более зрелом возрасте подвижность суставов спортсмена играет немаловажную роль. Она позволяет выполнять технические элементы, затрачивая на их выполнение меньшее количество энергии, но развитию гибкости уделяется мало внимания [2]. В то же время исследования [3] показывают, что использование средств, направленных на развитие подвижности суставов и эластичности мышечно-связочного аппарата, существенно повышает уровень развития гибкости спортсменов и положительно влияет на рост соревновательных результатов в различных водных видах спорта [8].

Однако, как свидетельствуют некоторые специалисты в области спортивной тренировки, упражнения на гибкость подразумевают значительный объем заданий, что вызывает монотонию у занимающихся [5]. В связи с вышесказанным для повышения подвижности в суставах и эластичности мышечно-связочного аппарата можно предложить включать в учебно-тренировочный процесс средства ушу.

Практически в любых направлениях ушу, вне зависимости от акцентов того или иного стиля, у тренирующихся формируется достаточно высокий уровень развития гибкости (подвижности в суставах) [7]. Ушу относительно исторического развития является молодым видом спорта, который характеризуется разнонаправленными динамическими параметрами и подвижностью

суставов, обеспечивающих координационные способности, направленные на перестройку двигательных действий при освоении технических приемов [10].

В американской и европейской литературе в последние годы для обозначения методики развития гибкости используется термин “stretching” от английского слова “to stretch” – растягивать. Стретчинг – это целый ряд упражнений, направленных на развитие подвижности в суставах. В настоящее время стретчинг сводится к шести методам, таким как:

1. Ballistic and Hold (баллистика и удержание).
2. Passive Lift and Hold (пассивное поднимание и удержание).
3. Prolonged Stretch (продолжительное растягивание).
4. Relaxation Method (метод расслабления).
5. Active PNF (активное облегчение нервно-мышечных ощущений).
6. Passive PNF (пассивное облегчение нервно-мышечных ощущений).

Эти методы оказывают благоприятное влияние на развитие подвижности опорно-двигательного аппарата и позволяют отодвинуть границы подвижности мягких тканей. Все они приводят к очень заметному долговременному повышению подвижности опорно-двигательного аппарата благодаря изменению внутримолекулярных составляющих, которые влияют на пластичность мышечных тканей. Кроме вышеперечисленных, выделяют еще три метода стретчинга, которые дают наибольший эффект:

- 1) метод растягивания с сопротивлением. Этот вид тренировки подразделяется на две части: метод «легкого растягивания» (easy stretching); метод «интенсивного растягивания» (development stretch);
- 2) метод напряжения – расслабления (contractrelaxmethode);
- 3) метод растягивания – расслабления (растягивание под действием взаимного торможения).

Важным вопросом составления тренировочной программы по развитию подвижности в суставах является правильное использование упражнений с различным режимом активности действий. Направленно воздействуя на совокупность факторов, прямо или косвенно определяющих подвижность опорно-двигательного аппарата, можно обеспечить ее поступательное развитие в той степени, в какой это необходимо для достижения целевого спортивного результата. Реализация этого положения зависит от содержания средств, методов, форм педагогического воздействия, рациональной их структуры, а также наличия системы контроля за состоянием спортсмена [9].

Развитие подвижности суставов у спортсменов, занимающихся ушу, имеет свою специфику. Занятия ушу требуют от спортсменов постоянной проработки сложнокоординационных и широкоамплитудных движений. Выполнение данных движений напрямую зависит от эластичности мышц и связок, подвижности суставов, а также возможности мышц-антагонистов к быстрому расслаблению и мгновенному напряжению в ходе выполнения различных упражнений. Специфическим отличием развития подвижности костного скелета и эластичности скелетной у спортсменов ушу является система упражнений – жоугун, отсутствующая в других видах спорта. В систему жоугун вошли [11]:

Цзяньбу жоугун – развитие гибкости плечевого пояса:

1. Чжэньцзянь – прямое давление на плечевой сустав. В положении стоя ноги на ширине плеч наклонитесь вперед и положите руки на опору на высоте поясицы. Выполняйте прогибы в плечевых суставах вниз с постепенным увеличением амплитуды.

2. Хоуяцзянь – обратное давление на плечевой сустав. В положении ноги вместе положите руки на опору, находящуюся сзади на уровне поясицы. Не отпуская хват, выполняйте приседания с постепенным увеличением амплитуды, удерживая корпус прямо.

3. Цзяцзянь – боковое давление на плечевой сустав. В положении стоя поднимите руку, согнутую в локте, вверх, повернитесь боком к стене и обопритесь о нее локтем. Выполняйте надавливания локтем на стену с постепенным увеличением амплитуды.

4. Чжэньбаньцзянь – прямое отведение рук назад с прогибом в плечевом суставе (выполняется с партнером). В положении лежа лицом вниз вытяните руки вперед. Партнер садится на поясицу и, захватывая руки ниже локтевого сустава, выполняет движения отведения рук назад-вверх с постепенным увеличением амплитуды.

5. Хоубаньцзянь – обратное отведение рук (выполняется с партнером). В положении лежа лицом вниз вытяните руки назад вдоль корпуса. Партнер захватывает руки в области предплечий и выполняет движения отведения вверх к голове с постепенным увеличением амплитуды.

6. Цзяоча шуанлуньбэй – парные круги руками. Из положения ноги на ширине плеч, руки опущены вдоль корпуса, выполняйте разноименные встречные круги руками в вертикальной плоскости с одновременным проворотом в поясице.

7. Цэцибэй – подъем рук через стороны. Из положения ноги на ширине плеч выполняйте подъемы и опускания рук через стороны вверх над головой.

8. Яошэнь пугуа – скручивание корпуса с захлестыванием рук. Из положения ноги шире плеч резко поверните корпус в сторону и выполните свободный мах левой рукой в сторону назад, сгибая в конечной фазе движения руку в локтевом суставе и выполняя хлопок тыльной стороной ладони по спине. Одновременно правая рука выполняет маховое движение вниз-влево-вверх и хлопок по левой стороне груди.

9. Чжаньсюн куньда – разведение и сведение рук с хлопками. Из положения ноги на ширине плеч поднимите руки в стороны и резко отведите их до предела назад. Затем сделайте движение руками вперед в горизонтальной плоскости и выполните хлопок ладонями по корпусу.

10. Даньби жаохуань – одиночные круги руками. В положении ноги шире плеч выполняйте широкоамплитудные круги рукой, выпрямленной в локтевом суставе. Руки и плечевой сустав расслаблены, корпус проворачивается в поясице.

11. Шуанби жаохуань – поочередные круги руками. Из положения ноги на ширине плеч выполняйте одновременные круги руками в вертикальной

плоскости с чередованием движений вперед и назад. Руки выпрямлены в локтевом суставе и находятся на одной линии.

Яобу жоугун – развитие гибкости поясницы:

1. Цяньчэньяо – вытягивание вперед. Поставьте ноги на ширине плеч, поднимите руки над головой и соедините их в замок таким образом, чтобы тыльная часть ладоней была обращена к голове. Удерживая корпус в прямом положении (без прогиба в грудном отделе) выполняйте наклоны вперед, не сгибая ноги в коленном суставе и максимально вытягиваясь вперед. Во время выполнения наклона таз оттягивается назад. В крайней точке наклона угол между ногами и корпусом составляет 90°.

2. Фаньчжуаньяо – проворот с прогибом в пояснице. Упражнение можно выполнять как с партнером, так и самостоятельно у опоры. Во втором случае в качестве опоры лучше всего использовать шведскую стенку, поскольку она позволяет менять уровень высоты. Примите положение ноги на ширине плеч. Руками возьмите конец палки или жгута, находящегося в руках у партнера. Сделайте зашагивание ногой, находящейся сзади вовнутрь, одновременно прогибаясь в пояснице таким образом, чтобы взгляд во время проворота был направлен на партнера. Во время проворота таз и бедра максимально выводятся вперед, а колени чуть сгибаются.

3. Чжуаньяо туйнин – проворот в пояснице со скручиванием бедер. Во время выполнения данного упражнения, в противофазе выполняются два скручивающих движения: корпус с помощью рук скручивается в одну сторону, а нога, находящаяся впереди, выполняет зашагивание (коубу), скручивая корпус в пояснице в противоположную сторону. Во время выполнения скручивания корпуса голова поворачивается до упора в направлении вращения корпуса, включая в движение шейный отдел позвоночника.

4. Цяньфуяо – наклоны вперед. Общеизвестное упражнение, которое, тем не менее, в большинстве случаев выполняется спортсменами неправильно. Самым важным требованием, предъявляемым к наклонам вперед, является сохранение прямого положения корпуса, отсутствия прогиба в грудном отделе позвоночника. Выполнять сериями по три наклона: вниз к левой стопе, вниз-вперед и вниз к правой стопе с задержкой в нижнем положении на каждом пятом цикле. Между циклами следует обязательно прогнуться назад. На начальном этапе нужно ставить ноги на ширине плеч, по мере освоения упражнения сокращая расстояние между стопами. Руки соединены в замок таким образом, чтобы тыльная сторона ладоней была обращена к лицу. Ноги выпрямлены в коленном суставе на протяжении всего цикла наклонов. Наклоны выполняются на выдохе, при прогибе назад делается вдох.

5. Шуайяо – пружинящие полунаклоны. Из положения ноги на ширине плеч выведите выпрямленные в локтевом суставе руки перед собой и наклонитесь вперед на угол 45°. Отводя руки назад прогнитесь в поясничном отделе таким образом, чтобы взгляд был направлен назад. Ноги выпрямлены в коленном суставе.

6. Шуаньсюаньсяо – круговой проворот в пояснице. Из положения ноги шире плеч выведите руки, выпрямленные в локтевом суставе, перед собой. Сделайте широкий замах руками в сторону, затем выполните последовательный мах одной, затем другой рукой по широкой дуге назад, одновременно прогибаясь в пояснице и выводя таз вперед. Взгляд во время выполнения этого движения направлен назад. Сделайте это упражнение по пять раз в каждую сторону. В конце цикла примите положение ся яо «мост», максимально выпрямляя ноги в коленном суставе и руки в локтевом.

7. Фаньсяо – вращение в пояснице. Этот элемент, часто встречающийся в комплексах чанцюань, требует особого внимания при разучивании. Примите позицию бинбу. Сделайте шаг ногой в сторону, затем примите позицию гаочабу и выполните круговое движение руками жаохуань снизу вверх-вниз. Одновременно с шагом поверните голову в сторону. Корпус наклонен вперед под углом 45°. Левая рука выполняет движение вниз-вверх в вертикальной плоскости. Когда руки находятся на одной линии и начинается движение лунь-бэй (полный круг руками), корпус резко проворачивается, одновременно прогибаясь в поясничном отделе, и принимается позиция чабу. Опустите руки и приставьте ногу, принимая позицию бинбу. Примечание: проворот должен выполняться с сохранением наклона корпуса вперед под углом 45°.

8. Ниньсяо – скручивание с наклоном. Из исходного положения выполните широкий шаг вперед, сгибая опорную ногу в колене и перенося на нее вес тела. Корпус отклоняется назад, составляя с вытянутой ногой прямую линию. Одноименная рука вытягивается назад в продолжение корпуса. Взгляд направлен вверх. Выполните быстрый проворот по часовой стрелке, удерживая вытянутую руку параллельно полу. Во время выполнения ниньсяо следует удерживать корпус в выпрямленном положении, избегать прогиба в поясничном и грудном отделе. Носок ноги, выведенной вперед, оттянут. Нога выпрямлена в колене. Во время проворота вытянутая вперед нога не поднимается.

9. Ся яо – «мост». Данное упражнение отрабатывается как в статическом, так и в динамическом режиме. В статическом режиме «мост» удерживается на время, в течение 10–15 секунд, с максимальным выпрямлением ног в коленном, а рук в локтевом суставах. В динамическом режиме чередуются положения цяньфуяо и ся яо. Начинать отработку ся яо следует с помощью партнера, который страхует спортсмена от падения назад, удерживая его за поясницу, и помогает вернуться в исходное положение.

Туйбу жоугун – гибкость тазобедренного сустава:

1. Чжэньятуй – прямое давление на ногу. Название этого упражнения отражает его характер. Во время выполнения чжэньятуй спортсмен как бы нажимает корпусом на ногу, удерживая корпус и ногу в выпрямленном состоянии, стараясь достать подбородком носка ноги, оттянутого на себя. Основное внимание следует уделять даже не выпрямлению ноги в коленном суставе – это подразумевается, а обязательному контролю за удерживание

корпуса в выпрямленном состоянии, особенно в поясничном отделе. Именно произвольный прогиб в поясничном отделе приводит к тому, что наклон выполняется неправильно, и спортсмен не может достать подбородком до стопы. Встаньте лицом к опоре, выпрямите опорную ногу. Вторую ногу поднимите на опору, выпрямив ее в коленном суставе. «Втяните» бедро, развернув тазобедренный сустав перпендикулярно поднятой ноге. Носок ноги оттянут на себя. Удерживая корпус в максимально выпрямленном состоянии (особенно поясничный отдел позвоночника), выполняйте наклоны вперед, подбородком к носку поднятой ноги с постепенным увеличением амплитуды. После каждых десяти наклонов выполняйте задержку в конечной фазе на 2–3 с, подтягивая себя руками к носку ноги.

2. Цэятуй – боковое давление на ногу. Боковое давление на ногу в разных положениях применяется для увеличения подвижности тазобедренного сустава в разных плоскостях и занимает в отработке жоугун не менее важное место, чем чжэньятуй. Помимо этого, прорабатывается широчайшая мышца спины и увеличивается подвижность поясничного раздела позвоночника. Примите положение стоя боком к опоре и положите на опору одну ногу. Опорная нога выпрямлена в колене, корпус максимально выпрямлен, как и в чжэньятуй следует избегать прогиба в пояснице. Выполняйте наклоны в ногу, находящейся на опоре, стараясь достать подъема ноги теменной частью головы. Носок оттянут на себя. Зафиксируйте корпус в конечной точке наклона, захватите ребро стопы рукой, плечом другой руки упритесь в колено ноги, находящейся на опоре, и максимально выпрямите корпус. Взгляд направлен вверх. Старайтесь максимально развернуть плечевой пояс вверх.

3. Хоуятуй – обратное давление на ногу. Данное упражнение относится одновременно к группам туйбу жоугун и яобу жоугун (упражнения для развития гибкости поясничного отдела позвоночника). Рассматривая его в данном разделе, мы рассматриваем его прежде всего с точки зрения средства для повышения эластичности мышц передней поверхности бедра. Встаньте спиной к опоре и положите ногу на подъем стопы. Максимально выпрямите ногу в коленном суставе и выполняйте движения назад, максимально прогибаясь в поясничном отделе позвоночника. При движении назад нога не должна сгибаться в коленном суставе.

4. Чжэнбаньтуй – подъемы ног вперед. Подъемы ног являются важной частью работы над гибкостью тазобедренного сустава. Данное упражнение может выполняться как с партнером, так и без него. Из положения стоя ноги вместе поднимите одну ногу и захватите ее за внешнее ребро стопы. Выпрямите ногу в коленном суставе и удерживайте ее на уровне лица 2–3 секунды.

5. Цэбаньтуй – подъем ноги в сторону. Упражнение аналогичное чжэнбаньтуй. Может выполняться как самостоятельно (чаотяньдэн), так и с партнером. Основные требования: выпрямленная в колене опорная нога, максимально выпрямленный корпус, контроль за прогибом поясничного отдела позвоночника, разворот плечевого пояса.

Цзухуайбу жоугуни – подвижность голеностопа:

1. Гуй я – давление сидя на коленях. Примите положения сидя на коленях, вытянув стопы назад так, чтобы подъем стопы прижимался к полу ягодичными мышцами. Перенесите вес тела назад и обопритесь на руки, отрывая колени от пола. В этом положении выполняйте подъемы и опускания таза, прилагая усилие к сгибу голеностопа.

2. Кэн я – давление с наклоном. Данное упражнение, выполняемое с помощью опоры, должно обеспечить увеличение амплитуды сгиба голеностопа вперед за счет вытягивания ахиллесова сухожилия и увеличения подвижности самого сустава. В положении стоя лицом к опоре поставьте ноги таким образом, чтобы они находились в метре от нее (впоследствии это расстояние можно увеличить). Перенесите вес тела на одну ногу и, прижимая стопу к полу, выполняйте неглубокие приседания, не отрывая пятку от пола. С увеличением подвижности сустава увеличьте угол наклона корпуса и расстояние до опоры.

3. Пу я – давление с сопровождением. Примите позицию пубу и возьмитесь руками за подъем стопы вытянутой ноги. Максимально оттяните носок вытянутой ноги на себя, плотно прижимая стопу к полу. Выполняйте переходы из левой позиции в правую, не поднимая таза и не отрывая стоп от пола. Руки во время перехода продолжают удерживать подъем стопы.

Для развития подвижности и эластичности суставов, мышц и связок Г.Н. Музруков рекомендует соблюдать следующие принципы: 1) постепенность – проработка упражнений от простых к наиболее сложным и, как следствие, увеличение нагрузки; 2) регулярность – ежедневная отработка упражнений на подвижность и гибкость: в период формирования – не менее 1 часа в день, период поддержания сформированного опорнодвигательного аппарата – не менее 30 минут в день; 3) комплексный подход – постепенное увеличение гибкости и эластичности мышц и связок, а также развитие подвижности суставов [11].

Методические указания о выполнении стандартных заданий сводятся к следующему:

1. Весь объем упражнений на развитие гибкости подлежит: нормированному выполнению в определенной части тренировочного занятия; установленной последовательности выполнения упражнений; постепенному повышению количества выполняемых движений.

2. Перед тренировкой (в начале подготовительной части занятия) желательно выполнить комплекс для расслабления мышц тела.

3. В тренировочное занятие обязательно должны включаться отдельные упражнения или специально подобранный комплекс, направленный на развитие и поддержание уровня гибкости позвоночника.

4. Тренировочное занятие должно содержать хотя бы один комплекс, развивающий подвижность в суставах, участвующих в технических приемах, разучиваемых (совершенствуемых) на данной тренировке.

5. В каждом занятии рекомендуется выполнение: не более 3 комплексов, если они состоят из 8 упражнений; не более 5 комплексов, если они состоят

из 5 упражнений. Общее число упражнений на гибкость в одном занятии – не более 25.

6. Каждый из комплексов на развитие гибкости может быть разделен на две части и выполняться не сразу, а в два приема, разделенных тренировочными заданиями иной направленности.

Таким образом, все комплексы пригодны для спортсменов различной квалификации и уровня подготовленности. Единственное различие – в рекомендуемой дозировке: числе движений в подходе и количестве подходов [9].

Источники:

1. Андреев, В. И. Влияние гибкости на результативность занятий плаванием / В. И. Андреев // Дети, спорт, здоровье : межрегиональный сб. науч. тр. по проблемам интегративной и спортивной антропологии, посвящ. памяти д-ра мед. наук, проф. Р. Н. Дорохова, Смоленск, 6 апр. 2023 г. – Вып. 19. – Смоленск : Смоленский гос. ун-т спорта, 2023. – С. 6–10.
2. Воеводина, Т. М. Результаты введения в тренировочный процесс пловцов упражнений на развитие гибкости / Т. М. Воеводина, Д. Т. Богданов // Актуальные проблемы теории и практики спортивной тренировки и оздоровительной физической культуры : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч., Самара, 25 апр. 2023 г. – Самара : ООО «Научно-технический центр», 2023. – С. 22–28.
3. Исследование гибкости в спортивном плавании / Е. В. Феськова [и др.] // Физическая культура, спорт, здоровье и долголетие : сб. материалов 5-й Всерос. с междунар. уч. науч. конф., Ростов-на-Дону, 08–11 февр. 2016 г. – Ростов н/Д : Южный фед. ун-т, 2016. – С. 102–106.
4. Карпеев, А. Г. Обоснование режимов выполнения статических упражнений растягивающего характера / А. Г. Карпеев, О. Л. Трещева, А. С. Сагалеев // Вестник Бурятского гос. ун-та. – 2012. – № 2. – С. 195–199.
5. Круцевич, Т. Ю. Теория и методика физического воспитания : учеб. / Т. Ю. Круцевич. – Киев: Олимпийская лит., 2003. – 410 с.
6. Ларюшина, С. Г. Особенности использования комплексного воздействия физических средств на развитие гибкости в синхронном плавании / С. Г. Ларюшина, Г. Н. Зинкевич // Здоровый образ жизни, физическая культура и спорт: тенденции, традиции, инновации : сб. науч. тр. – Симферополь : Ариал, 2022. – С. 224–228.
7. Левченков, А. А. Развитие гибкости в учебно-тренировочных группах по ушу / А. А. Левченков // Молодая наука – 2021 : материалы конф. // под ред. О. А. Лавшук, Н. В. Маковской. – 2021. – С. 222–223.
8. Легостаев, О. Ю. Значение гибкости в плавании / О. Ю. Легостаев, Н. В. Погорелкина // Вестник науч. конф. – 2018. – № 9–3 (37). – С. 66–67.
9. Рукоуев, Д. А. Методические особенности развития гибкости у спортсменов ушу 10–12 лет на тренировочных занятиях / Д. А. Рукоуев, А. А. Смирная // Проблемы современного педагогического образования. – 2017. – № 55–6. – С. 184–191.
10. Рукоуев, Д. А. Развитие подвижности опорно-двигательного аппарата у спортсменов ушу 10–12 лет / Д. А. Рукоуев, А. И. Завьялов, А. А. Смирная // Современный ученый. – 2019. – № 2. – С. 134–139.
11. Muzrukova, G. N. Osnovy ushu : uchebnik dlya sportivnyh shkol. Edinaya Vserossiyskaya uchebnaya programma / G. N. Muzrukova. – M. : Gorodec, 2016. – 576 s.

СОВРЕМЕННЫЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА В ПЛАВАНИИ

Шешко Валентина Владимировна, ведущий специалист информационно-аналитического отдела центра координации научно-методической и инновационной деятельности

Плавание – один из самых популярных и массовых видов спорта в мире, имеющий многовековую историю [1]: еще Платон говорил, что любой, кто не умеет плавать, испытывает недостаток в надлежащем образовании, а средневековые английские рыцари плавали в броне – и это считалось одним из их обязательных «семи умений».

Плавание стало частью Олимпийских игр с 1896 г. и с тех пор постоянно совершенствовалось и модернизировалось по всем направлениям. Появлялись новые стили, правила, экипировка, бассейны, более точные системы хронометража, а самые яркие звезды плавания, такие как Майкл Фелпс, по сей день по праву считаются настоящими легендами спорта.

Ни в одном другом виде спорта результативность не зависит от взаимодействия спортсмена с окружающей средой так, как в плавании. Для профессионального пловца верна следующая пропорция: 70 % успеха определяет техника и только 30 % – сила [2].

Спортивная техника [3] – это способ выполнения двигательных действий в избранном виде спорта. Техника, пользуясь которой достигают наиболее высоких спортивных результатов (то есть та, которой пользуются сильнейшие спортсмены мира), считается наиболее совершенной. Поэтому понятие «спортивная техника» часто воспринимается как наиболее рациональный, эффективный способ выполнения физических действий в данном виде спорта. Между тем зачастую биомеханический анализ обнаруживает ряд погрешностей в движениях даже самых высококвалифицированных спортсменов. В свою очередь, различия между тем, кто добивается высоких спортивных результатов, и представителем массового спорта, состоит в том, что первый стремится к совершенству движений, а второй – не ставит перед собой такой задачи в должной мере, однако и первый, и второй могут овладеть совершенной структурой движений. И только в этом случае их будет отличать, главным образом, не схема выполняемых движений, а скорость, сила и другие стороны, характеризующие степень развития двигательных качеств, в единстве проявляющихся в данном виде спорта, у данного спортсмена.

Говоря о технике плавания и возможных путях ее развития мнения исследователей в данном вопросе расходятся. Можно выделить две наиболее часто обсуждаемые позиции (таблица).

Мнения расходятся, и споры по данной теме ведутся и по сей день. Остается принять идею, что роль рук и ног зависит от индивидуальных особенностей пловца и требует дальнейшего изучения.

Таблица – Распространенные мнения о значимости силы рук и ног в плавании

Позиция	Сторонник	Характеристика	Цитата
в пользу сильных ног	Гарри Холл (старший)	10-кратный мировой рекордсмен, трехкратный олимпийский чемпион	«Я бы сказал, у большинства довольно хороших пловцов работа ног влияет на общую скорость плавания больше, чем гребок» [4]
в пользу сильных рук	Шейла Таормина	золотая медаль в эстафете 4×200 м на Олимпийских играх 1996, автор книг по плаванию	«От чего зависят результаты пловца? В первую очередь от техники плавания, в которой важнее правильный гребок» [5]

С целью поиска ответа на поставленный вопрос американским тренером Джеймсом Каунсилменом был проведен интересный эксперимент [6], который заключался в том, что пловцов тянули при помощи троса по поверхности воды и изучали, каким образом влияет на скорость движения задействование конечностей верхнего и нижнего поясов тела. Каунсилмен измерял натяжение веревки, когда пловец двигал ногами и когда просто вытягивал их. Лишь в одном случае было замечено уменьшение натяжения веревки (то есть спортсмен добавлял усилие): на низкой скорости, когда пловец двигал ногами с максимальной силой. На всех же скоростях свыше 1,5 м/с (90 м/мин) движения ногами не помогали, а в некоторых случаях даже усиливали сопротивление воды.

Каунсилмен пришел к личному выводу, что все спортсмены быстрее плавают, задействуя только руки, нежели только ноги. Для лучшего понимания он сравнивал пловцов с полноприводным автомобилем. В случае, если передние колеса вращаются со скоростью 50 км/ч, а задние – со скоростью 30 км/ч, то скорость машины вовсе не будет составлять 80 км/ч. Наоборот, она будет меньше 50 км/ч, поскольку задние колеса тормозят его движение. То же самое происходит, когда пловец уделяет слишком много внимания ударам ногами. Движение ног требует усилий и создает сопротивление – чем больше ими работать, тем ниже окажется скорость.

«Энергетическая стоимость» такого удара также была измерена другими исследователями. Они изучали вопросы, связанные с поглощением кислорода при плавании только на руках, только на ногах и в обычном стиле. В каждом эксперименте обнаруживалось, что интенсивная работа ногами при заданной скорости движения требует больших усилий. В одном из исследований пловец плыл в 50-метровом бассейне только на ногах и проходил дистанцию за 60 секунд, с умеренной для тренированного пловца скоростью. При этом он расходовал в четыре раза больше энергии, чем когда двигался с той же скоростью только на руках.

Таким образом, за основу можно взять гипотезу о том, что интенсивная работа ногами дает весьма скромную прибавку к общей мощности, зато увеличивает сопротивление и требует больших усилий. Поэтому, если говорить о движении ногами, пловцам следует расходовать как можно меньше энергии.

Говоря о работе рук, скорость определяется произведением частоты на длину гребка. Естественное желание спортсмена-любителя, который хочет ускориться, – начать чаще и сильнее работать руками. Однако давить сильнее – не всегда означает двигаться быстрее, к тому же анализ техники чемпионов говорит о том, что они делают меньшее количество гребков. Поэтому ключевым вопросом становится – как делать более длинные и эффективные гребки и сохранять силы на протяжении всей дистанции. Другими словами, если вы хотите двигаться быстро, работа над одной только мощностью не даст вам полную картину и ответы на все вопросы. Именно так думал финский генеральный директор Trainesense Рикку Римпеля, создавший Smartpaddle [7] – первое устройство для измерения силы рук при выполнении гребка специально для пловцов (рисунок 1).

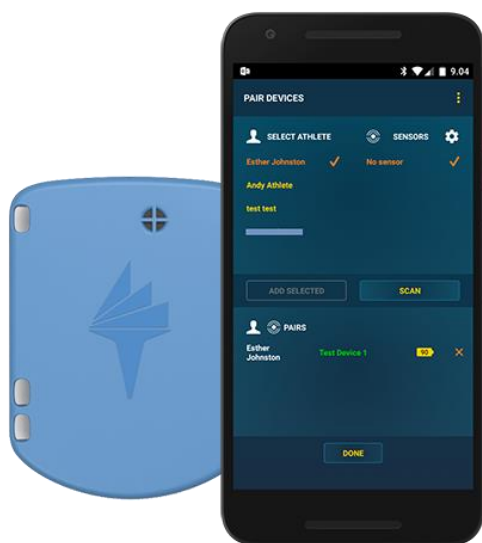


Рисунок 1 – Устройство и приложение Smartpaddle

Пользоваться Smartpaddle в действительности очень просто. Вам просто необходимо надеть его на пальцы с помощью специальных резиновых креплений и приступить к плаванию в привычном режиме (рисунок 2). Данные считываются в режиме реального времени и их можно перенести в свое мобильное приложение на телефоне при помощи Bluetooth за считанные секунды.



Рисунок 2 – Правило крепления Smartpaddle

Рассмотрим три примера наиболее информативных графиков, которые можно извлечь из программного обеспечения Smartpaddle (рисунки 3–5).

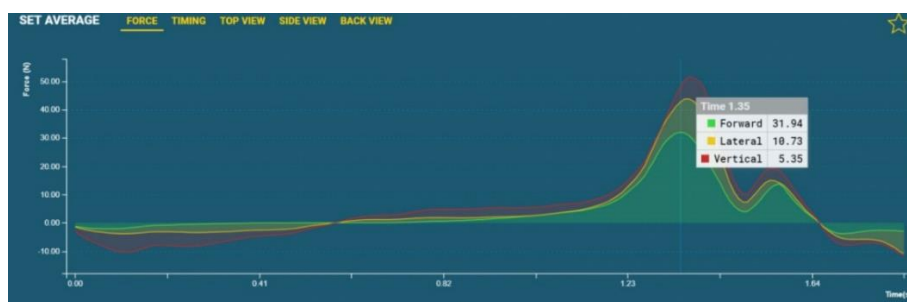


Рисунок 3 – Соотношение вектора силы давления руки ко времени совершения гребка [8]

На рисунке ось Y отвечает за силу, создаваемую вашими руками с течением времени (ось X). Зеленая линия показывает горизонтальную силу, которая движет нас вперед. Красная линия показывает вертикальную силу, которая поднимает тело вверх. Желтая линия – это сила, создаваемая для выталкивания воды в сторону. Подведем краткий итог: «зеленая сила» – это та сила, которую мы хотим развить, а «красная сила», в свою очередь, для эффективного гребка должна быть сведена к минимуму.

Далее, как только вам удастся свести к минимуму свою «красную силу» и за счет экономии энергии максимизировать «зеленую», задача состоит в том, чтобы продолжать качественную работу на фоне растущего чувства усталости. Вот когда пригодится информация со следующего примера графика (рисунок 4).

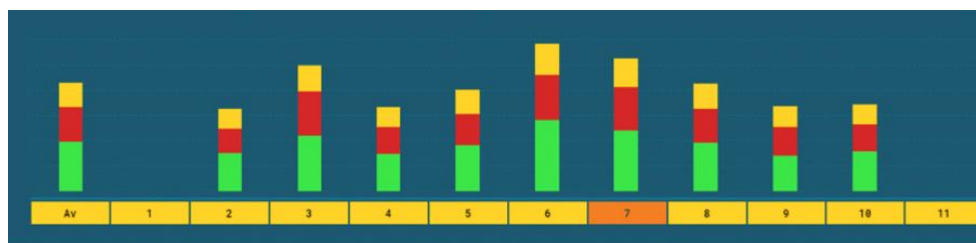


Рисунок 4 – Динамика вектора силы от гребка к гребку [8]

Благодаря информации, представленной на рисунке, можно наблюдать изменение силы от гребка к гребку в виде столбчатой диаграммы. Этот график показывает разницу не только в эффективности гребка («зеленая сила» против «красной»), но и в общей (суммарной) силе (высота столбца). Таким образом становится понятно, что целью является добиться высокой эффективности гребков, даже если в конце спортсмен устает. Для этого нужно свести к минимуму изменение суммарной силы между гребками, чтобы скорость оставалась как можно более неизменной, поскольку любое ускорение требует дополнительных затрат энергии.

Smartpaddle измеряет не только силу давления на воду и ускорение, но и способно оценивать положение рук в воде. Таким образом, можно построить график (рисунок 5), на котором вы сможете увидеть путь, который проходит рука в воде в момент совершения гребка.

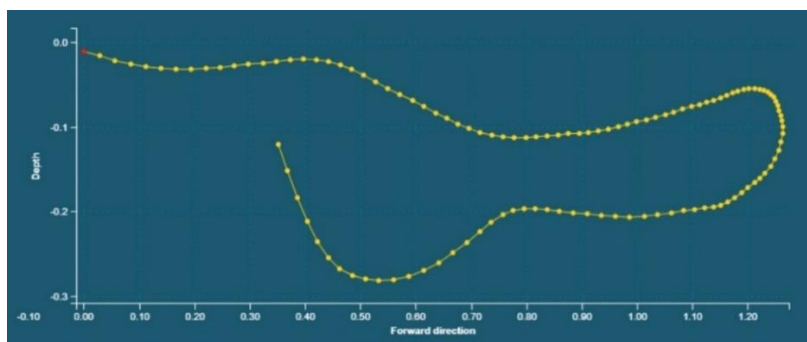


Рисунок 5 – Траектория движения руки в воде [8]

Красная стрелка на графике означает момент погружения руки в воду. Затем по часовой стрелке она перемещается вперед, переходя в фазу скольжения, а затем опускается на глубину, переходя в фазу вытягивания.

Этот график может рассказать немного больше о возможной причине появления нежелательных «красных сил». В данном случае видно, что рука погружается слишком глубоко в воду уже на моменте погружения в нее, в то время, как через 80 см (ось X 0,80) после точки входа стрелка поднимается вверх. Такая техника может привести не только к опусканию ног и, как следствие, к увеличению лобового сопротивления, но и усложнить переход от фазы скольжения к фазе вытягивания без предварительного создания вертикальной «красной» силы.

Таким образом, Smartpaddle является полезным и удобным дополнением в тренировочной деятельности современных пловцов в том случае, если ставится цель усовершенствовать технику гребковых движений рук. На практике оказывается довольно трудно оценить технику чисто визуально, но появление возможности в режиме реального времени дает понять спортсмену, что именно в его движениях не так, позволяет ему исправляться и достигать эффективной техники гребков и сохранять оптимальный экономичный уровень работы на протяжении всей дистанции.

Источники:

1. Самые интересные факты о плавании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pandia.ru/text/80/455/88417.php>. – Дата доступа: 05.09.2023.
2. Лафлин, Т. Полное погружение. Как плавать лучше, быстрее и легче / Т. Лафлин, Д. Делвз ; пер. с англ. Е. Шелеховой, К. Бильдановой ; под ред. М. Буслаева. – 6-е изд. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2017. – 197 с.
3. Чертов, Н. В. Теория и методика плавания : учеб. / Н. В. Чертов . – Ростов н/Д : Изд-во Южного фед. ун-та, 2011. – 452 с.
4. Hall, G. What is your Baseline Freestyle Speed? [Электронный ресурс] / G. Hall. – Режим доступа: <https://moluch.ru/young/archive/51/2657/>. – Дата доступа: 05.09.2023.
5. Таормина, Ш. Как рыба в воде. Секреты быстрого плавания для пловцов и триатлетов / Ш. Таормина. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 158 с.
6. Лафлин, Т. Как рыба в воде. Эффективные техники плавания, доступные каждому : пер. с англ. / Т. Лафлин. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2012. – 232 с.
7. Home Page – Smart Paddle [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://smartpaddle.com/page-visitor/>. – Дата доступа: 05.09.2023.
8. Review: smartpaddle. Swimming with power [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://molab.me/swimming-with-power-smartpaddle-review/>. – Дата доступа: 05.09.2023.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ И ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КАК ФАКТОР УВЕЛИЧЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ПЛОВЦОВ

Храмцова-Босая Янина Александровна, специалист информационно-аналитического отдела центра координации научно-методической и инновационной деятельности

Подготовка высококвалифицированных спортсменов – колоссальный труд. В эпоху компьютерных технологий регулировать тренировочную нагрузку и составлять планы тренировок значительно помогают разнообразные автоматизированные системы. Например, на сегодняшний день распространены тренажеры, позволяющие досконально регулировать объем физических нагрузок в зависимости от уровня тренированности спортсменов и целей подготовки.

В ситуации с водными видами спорта осуществить контроль тренировочной нагрузки сложнее, при этом тренер является и ориентиром, и координатором. Чтобы исключить человеческий фактор при дозировании объема тренировок актуально использовать дополнительное оборудование.

Устройство “AqVaspeed”

Первыми эту задачу решили профессиональные спортивные команды. Несколько лет назад перед национальной сборной Италии по плаванию встала потребность в оптимизации тренировочного процесса при возможном внедрении системы, которая могла бы помочь пловцам качественно и полноценно выполнять тренировочные планы.

Так инженеры компании “AqVatech” создали аппаратно-программное устройство (рисунок 1) [5] управления тренировками по плаванию “AqVaspeed”.



Рисунок 1 – Устройство “AqVaspeed”

Оборудование, которое представляет собой браслет на запястье, обладает следующими достоинствами:

- индивидуальная визуализация результатов, что позволяет обеспечить запланированную плотность и интенсивность нагрузки;

- оптимизация тренировочного процесса – параметры тренировки видны спортсменам (скорость, дистанция, режим, ритм), при этом тренер сосредоточен на технике спортсмена и скоростно-силовой нагрузке;
- отсутствие привязанности к датчикам или диагностическому оборудованию.

При использовании аппаратно-программного устройства “AqVaspeed” тренер может корректировать процесс тренировки с учетом возможностей программного обеспечения.

Другим уникальным техническим средством для сложнокоординационной подготовки спортсменов в серфинге является **тренажер “Olympic Wave”** [3]. Инновационным решением для совершенствования техники серфинга стало изобретение тренажера “Olympic Wave” (рисунок 2): wave-станции с искусственной волной.



Рисунок 2 – Тренажер “Olympic Wave”

“Olympic Wave” от компании “Worldex Sport” – стационарная установка для классического серфинга, вейксерфинга и бодиборда (рисунок 3).



Рисунок 3 – Тренажер “Olympic Wave” в действии

Съемный гребень тренажера может быть размещен диагонально и поперечно потоку воды, что позволяет проводить мероприятия различного

уровня сложности и подготовку участников олимпийской сборной в разных условиях (рисунок 4).



Рисунок 4 – Технические упражнения на тренажере “Olympic Wave”

Пропускная способность: 320–480 заездов в час. Размеры: 20,4×12,2×2–4 м. Мощность гидротурбин – 495 кВт. Объем бассейна – 435 м³.

Пластырь “Gx Sweat Patch”

Участники стартапа “Epicore Biosystems” экспонировали пластырь “Gx Sweat Patch” (рисунок 5), при использовании которого можно получать данные о потере жидкостей и температуре тела в режиме реального времени [1].

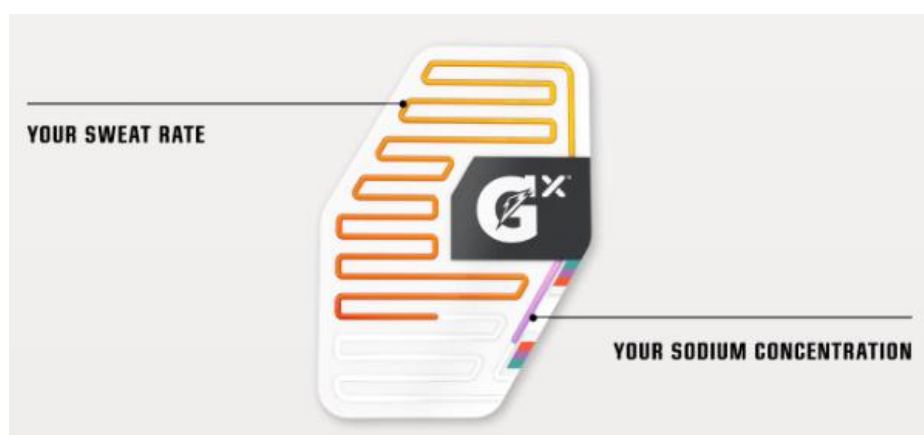


Рисунок 5 – Пластырь “Gx Sweat Patch”

Это изобретение поможет спортсменам избежать обезвоживания во время тренировок на суше. Пластырь измеряет скорость потоотделения и концентрацию хлорида натрия в поте во время тренировок. Данные можно использовать для определения оптимального режима питания и сна.

Устройство направляет пот через микрофлюидные каналы. В одном из микроканалов, используемых для отслеживания скорости и объема потоотделения, он подкрашивается в оранжевый цвет. Химические реагенты вступают в реакцию с хлоридом натрия в поте и превращают его в пурпурный. Интенсивность цвета соответствует концентрации обнаруженных ионов хлора.

Пластырь нужно носить на внутренней стороне левого предплечья во время тренировки. Отслеживание показателей ведется через приложение “Gx” (рисунок 6) на смартфоне.

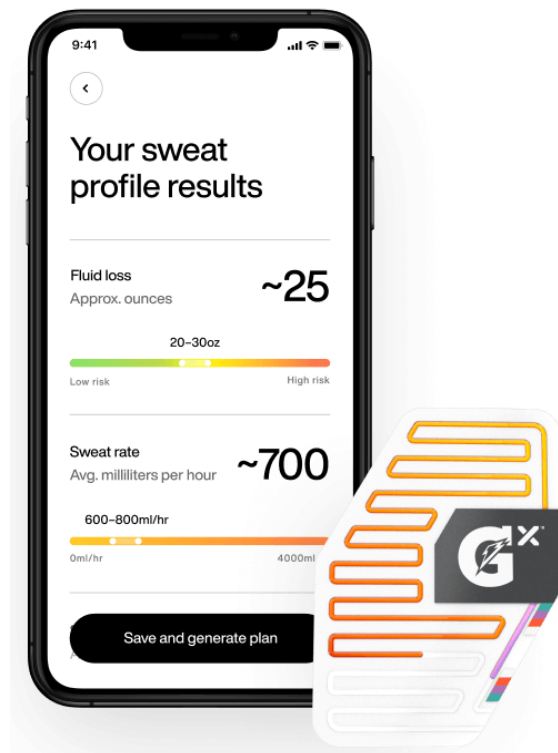


Рисунок 6 – Приложение “Gx”

Для получения результатов используются данные совместно с информацией о весе, поле спортсмена и типе его тренировки, об окружающей среде, а также приложение дает рекомендации по потреблению жидкости.

Биометрический трекер от “Nowatch”

Компания “Nowatch” представила биометрический трекер “Nowatch” (рисунок 7) на запястье, способный измерять и прогнозировать уровень стресса.



Рисунок 7 – Биометрический трекер от “Nowatch”

Трекер использует мягкие вибрации для передачи информации. “Nowatch” оснащен технологией “Philips Biosensing”, которая использует датчики электродермальной активности (EDA) для измерения активности потовых желез. Устройство объединяет эту информацию с показаниями частоты сердечных сокращений, физических движений и режима сна пользователя, чтобы помочь составить представление о его психическом и физическом состоянии.

Устройство поддерживается приложением для iOS и Android, которое отображает подробную информацию о физическом состоянии и дает индивидуальные рекомендации по улучшению самочувствия, создает динамическую графику для визуализации текущего состояния пользователя, а также предлагает дыхательные упражнения (рисунок 8) [2].



Рисунок 8 – Приложение для биометрического трекера от “Nowatch”

Удобство в применении биометрического трекера у представителей водных видов спорта обусловлено водонепроницаемостью конструкции. Данная характеристика позволяет использовать устройство как во время непосредственных тренировок, так и в свободное от них время для поддержания баланса между нагрузкой и отдыхом на моральном и физиологическом уровнях.

Тренажер для гребных видов спорта “FDF” с регулируемым водным сопротивлением последнего поколения

Продукция австралийского предприятия “First Degree Fitness” представлена на рынке серией ноу-хау тренажеров для гребных видов спорта (рисунок 9), использующих силу сопротивления воды и оснащенных инновационной запатентованной системой “Fluid Technology”, которая позволяет быстро регулировать нагрузку от начального до олимпийского уровня [4].

Для наглядной презентации работы построен график, за основание которого взялись объективные измерения технических характеристик рассматриваемого тренажера (рисунок 10).



Рисунок 9 – Тренажер для гребных видов спорта “FDF”

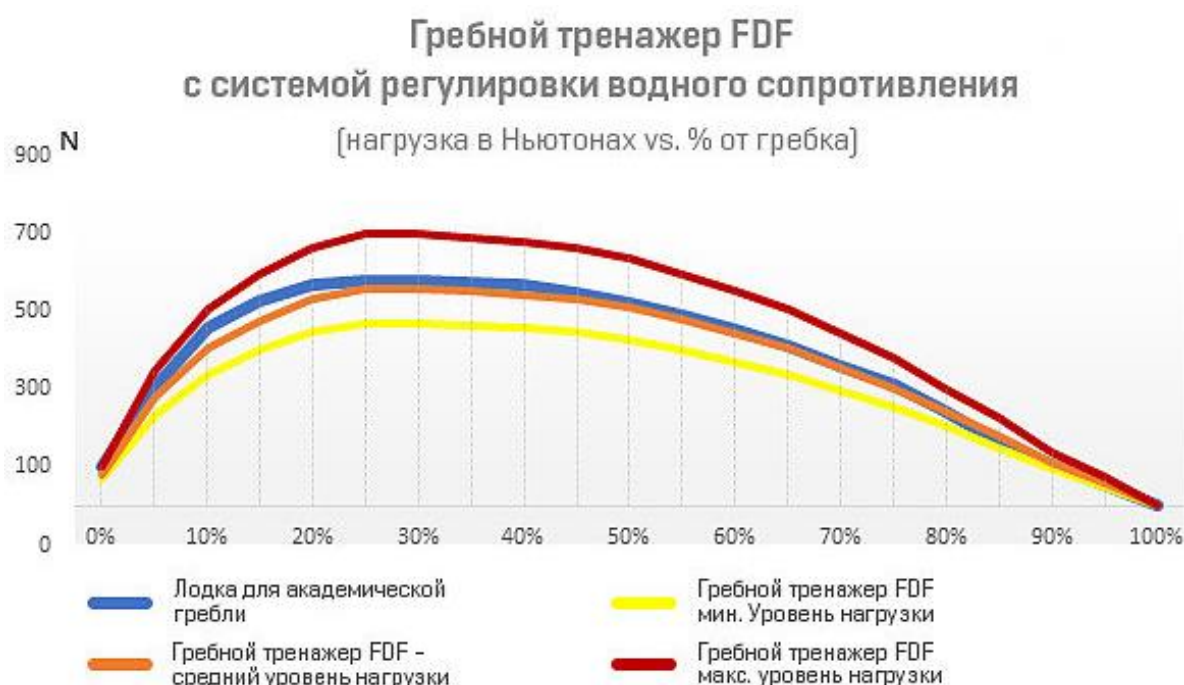


Рисунок 10 – График зависимости абсолютных показателей силы относительно гребка в принципе работы тренажера “FDF”

Оценилось распределение усилия (нагрузки) в течении всего гребка в реальной лодке для академической гребли и в тренажере. На основании идентичности нагрузки на спортсмена во время гребка сделаны выводы об аналогии работы гребного тренажера и гребли на воде. В расчет принялись абсолютные показатели силы в Ньютонах относительно гребка в %.

На среднем уровне нагрузки тренажера “FDF” происходит абсолютная корреляция кривых, получается 100 % имитация гребли для поддержания физического тонуса, а на максимальном уровне – увеличивается усилие для большей силовой проработки мышц.

Такой эффект достигается за счет возможности выбора уровня наиболее оптимальной нагрузки, близкой к реальной гребле, усовершенствованной конструкции механизма с тремя лопастями и предусмотренных в конструкции резервуара специальных перегородок, которые позволяют избежать инерции воды во второй фазе гребка. Одновременно прорабатываются около 80 % скелетных мышц.

Таким образом, использование инновационного тренировочного и диагностического оборудования оказывает существенное влияние на эффективность подготовки пловцов и работу тренерского состава. Внедрение изобретений в тренировочный процесс не только улучшает показатели спортсменов, но и позволяет тренерам оптимизировать временные и энергетические ресурсы на этапах многолетней подготовки спортсменов.

Источники:

1. Gx Sweat Patch [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gatorade.com/gear/tech/gx-sweat-patch/2-pack>. – Дата доступа: 29.08.2023.
2. Time is now. Don't miss a moment [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nowatch.com>. – Дата доступа: 29.08.2023.
3. Worldex Sport [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.worldexsport.ru>. – Дата доступа: 29.08.2023.
4. Все ли гребные тренажеры способны имитировать реальную греблю? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fdfitness.ru/academy/academy/vse-li-grebnye-trenazhery-sposobny-imitirovat-realnuyu-greblyu>. – Дата доступа: 29.08.2023.
5. Инновационные технологии подготовки спортсменов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dvvs.ru/innovatsionnyye-tehnologii-podgotovki-sportsmenov>. – Дата доступа: 29.08.2023.

СИЛОВАЯ ТРЕНИРОВКА В ПЛАВАНИИ

Клаус Вирт¹, Михаэль Кейнер², Стефан Фюрманн³, Альфред Ниммерихтер¹, Г. Грегори Хафф⁴

¹ Факультет подготовки кадров и спортивных наук, Университет прикладных наук Винер Нойштадт, 2700 Винер Нойштадт, Австрия;

² Факультет спортивных наук, Университет здоровья и спорта, 85737 Исманинг, Германия;

³ Олимпийский тренировочно-исследовательский центр Гамбург/Шлезвиг-Гольштейн, 22049 Гамбург, Германия;

⁴ Школа медицинских и оздоровительных наук, Университет Эдит Коуэн, Джоондалуп, Западная Австралия 6027, Австралия

STRENGTH TRAINING IN SWIMMING

Klaus Wirth¹, Michael Keiner², Stefan Fuhrmann³, Alfred Nimmerichter¹, G. Gregory Haff⁴

¹ Faculty of Training and Sports Sciences, University of Applied Sciences Wiener Neustadt, 2700 Wiener Neustadt, Austria;

² Department of Sport Science, University of Health and Sports, 85737 Ismaning, Germany;

³ Olympic Training and Testing Centre Hamburg/Schleswig-Holstein, 22049 Hamburg, Germany;

⁴ School of Medical and Health Sciences, Edith Cowan University, Joondalup, WA 6027, Australia

Аннотация. В данной обзорной статье рассматривается тема силовых тренировок в плавании, которая является спорным вопросом на протяжении десятилетий. Речь идет не только о важности выполнения старта, разворота и скорости плавания, но и о построении программы силовых тренировок. В научной литературе представлены различные подходы к данной теме, в которых выделены два основных аспекта. С одной стороны, это дискуссия об оптимальной интенсивности силовых тренировок, а с другой стороны, вопрос о специфике построения силовых тренировок. В дополнение к обзору современного состояния исследований, касающихся важности силовых тренировок в плавании, в статье показано, какие физиологические адаптации должны быть достигнуты для повышения работоспособности в долгосрочной перспективе. Кроме того, делается попытка объяснить тот факт, почему некоторые тренировочные приемы не соответствуют поставленной цели – повышению силовых показателей как основы для более результативного выполнения старта, разворота и самого плавания. От этого зависит результат практических тренировок. Независимо от вопросов повышения результативности, рассматриваются проблемы профилактики здоровья спортсмена. В статье представлен критический анализ вышеупомянутых

ключевых вопросов. Важнейшим моментом при разработке программы силовых тренировок в плавании является достаточно высокая интенсивность нагрузки для развития максимальной силы, которая в свою очередь является основой для повышения мощности, круглогодичной силовой тренировки, проводимой параллельно плавательным тренировкам, и для работы по трансформации приобретенных силовых навыков в плавательных тренировках, а не через якобы специфические силовые тренировки на суше или в воде.

Ключевые слова: силовая тренировка с отягощением; выполнение старта; выполнение разворота; профилактические методы тренировки; элитные пловцы.

1. Введение

Важность силы или силовых тренировок в плавании обсуждается с начала XX века. Этот аспект особенно ассоциируется с Робертом Кипхутом (Robert Kiphuth), который был одним из первых тренеров в плавании в 1920–1930 годах, применивший тренировки вне бассейна (тренировка на суше) в попытке укрепить мышцы, активно участвующие в процессе плавания [1, 2]. Важность силовых тренировок в плавании была и остается предметом дискуссий, которые показывают, что некоторые авторы недооценивают ее способность влиять на результаты в плавании [3]. Однако помимо повышения результативности при использовании силовых тренировок, важно учитывать аспекты профилактики травм, возможных при включении силовых тренировок в подготовку пловцов [4]. Очевидно, что поддержание здоровья пловца является основной целью, но также является основополагающей предпосылкой для реализации тренировочного плана и, исходя из этого – высокого уровня результативности. Однако в имеющейся литературе по проблеме силовых тренировок в плавании представлены противоречивые подходы, а также ряд аргументов в пользу различных методов силовых тренировок, при этом их значимость эмпирически обоснована лишь частично. Например, Mouroço & colleagues [5] пишут, что с научной точки зрения неясно, помогает ли силовая подготовка повысить эффективность плавания и как должна быть построена такая тренировка для оптимизации результативности. Вопросы, касающиеся правильной периодизации силовых тренировок в течение сезона или годового плана тренировок, также часто полностью игнорируются. Следовательно отсутствуют конкретные рекомендации относительно интеграции индивидуального плана силовой тренировки в годовой план подготовки пловцов. Особой проблемой для планирования тренировок в плавании является развитие релевантной для результативности силы (например, максимальной силы, скорости развития силы) в сочетании с преимущественно ориентированными на выносливость тренировками на воде, поскольку экстенсивная (значительная) тренировка на выносливость может негативно влиять на оптимальное развитие силовых показателей [6]. Хотя одновременные тренировки на силу и выносливость вызывают конкурирующие стимулы,

которые запускают различные адаптивные механизмы [7–11], исследования по другим видам спорта на выносливость, таким как триатлон [12] и лыжные гонки [13], показали, что силовые тренировки могут успешно использоваться, несмотря на большие объемы тренировок на выносливость. Эта проблема также относится к большим тренировочным объемам, которые обычно проводятся в соревновательном плавании или плавании высших достижений. Однако ориентация только на объем в тренировках на выносливость больше не соответствует требованиям времени [14–17], что в равной степени относится и к плаванию [18–29]. Результаты работы ряда исследовательских групп подчеркивают и/или предоставляют доказательства, подтверждающие важность анаэробного энергообеспечения для прохождения соревновательных плавательных дистанций до 200 м [18, 30–34]. В некоторых национальных программах по плаванию особое внимание уделяется объему тренировок, который достигает 110 км в неделю [35]. Однако такой подход вызывает сомнения, поскольку он не учитывает метаболические требования различных соревновательных дистанций. Costill & colleagues [24] пишут об этой проблеме: «Поскольку продолжительность большинства соревновательных заплывов составляет менее 3 минут, сложно понять, как тренировки на значительно меньших скоростях, по сравнению с соревновательным темпом $3-4 \text{ ч} \cdot \text{д}^{-1}$ ($3-4 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$), подготовят пловца к сверхмаксимальным усилиям соревнований». Успех сопутствующей программы силовых тренировок, вероятно, будет зависеть прежде всего от оптимального сочетания различных стратегий силовых тренировок и тренировок на выносливость, интегрированных в программу тренировок пловцов, в результате чего невозможно избежать взаимодействий из-за большого количества факторов работоспособности спортсмена, которые должны быть запущены. В следующем разделе представлены доказательные свидетельства важности силовых тренировок в плавании, а затем основные требования к построению силовых тренировок для достижения желаемой адаптации организма пловцов.

2. Цели силовых тренировок в плавании

Основными целями интеграции силовых тренировок в подготовку пловцов является предотвращение дегенеративных изменений в активной и пассивной опорно-двигательной системе и улучшение различных показателей силы (например, максимальной силы, скорости развития силы), которые влияют на соревновательную результативность. Помимо влияния силовых тренировок на генерацию импульсов в плавательном движении, особое значение для успеха в соревновании имеет совершенствование техники выполнения старта и разворотов.

2.1. Профилактические аспекты силовых тренировок для пловцов

Необходимость ранних и регулярных силовых тренировок возникает в результате наблюдения за типичными для плавания травмами, получаемыми как следствие перетренированности. В первую очередь поражаются

такие части тела, как позвоночник [36–46], плечи [35–41, 43, 45, 47–53] и колени [36–38, 40, 41, 43, 54–56]. Причинами этих проблем являются, в частности, ортопедически неблагоприятные последовательности движений (например, толчок ногой при плавании брассом с последствиями перетренированности медиальной коллатеральной связки и/или хондромалиции надколенника, синовиита медиального отдела, воспаления и фиброза синовиальной складки; плечо: субакромиальное или внутрисуставное соударение, снижение гленогумеральной стабильности (передняя нестабильность плечевого сустава); позвоночник: дегенеративные изменения диска, неправильная техника плавания (например, вытянутое положение рук в фазе выхода из воды в плавании кролем и баттерфляй, повышенный лордоз во время плавания дельфином) и неправильное использование тренировочных средств [4]. Различные авторы связывают использование лопаток с возникновением травм плеча [41, 49, 52]. С этими явлениями связаны следующие обстоятельства [35, 44, 49–51, 57, 58]: большой объем тренировок в воде; раннее начало занятий спортом; неправильная техника выполнения силовых тренировок на суше; быстрое увеличение объема тренировок в плавании; зависимость от стиля плавания (в первую очередь, плавание брассом и баттерфляем); упражнения в воде, которые приводят к усилению лордоза позвоночника при использовании вспомогательных устройств.

Ряд исследователей сообщают, что костная структура соревнующихся пловцов не отличается от структуры нетренированных людей [59–67], тогда как результаты других ученых свидетельствуют о значительном нарушении костной структуры (например, содержание костных минералов, минеральная плотность костей) [68–71]. В различных исследованиях сообщалось, что подростки и взрослые пловцы имеют более низкую минеральную плотность костей, чем спортсмены-тяжелоатлеты, а также занимающиеся силовыми видами спорта [59, 60, 64, 72–77]. Эти нарушения в первую очередь влияют на поясничную область позвоночника и нижние конечности. Дегенеративные изменения в позвоночнике были задокументированы несколькими исследовательскими группами [57, 78–80]. Например, Kaneoka & colleagues [81] сообщили, что около двух третей всех исследованных пловцов демонстрируют дегенеративные изменения позвоночника, которые часто связаны с самооценкой болей в спине. Один из факторов, который может быть связан со снижением плотности костной ткани, скорее всего, связан с высокой долей тренировок по снижению веса в воде [78]. В этом контексте следует отметить положительное влияние силовых тренировок на структуру костной ткани [62, 64, 65, 75, 82–93]. Соответственно, устойчивость к внешним факторам можно повысить путем воздействия на костную структуру на ранней стадии с помощью регулярных силовых тренировок. Помимо классических силовых тренировок, рекомендуется любая форма «высокоударной» нагрузки, такой как плиометрия [61–63, 67, 75, 91, 92, 94–98]. Как интенсивность, так и объем нагрузки имеют большое значение для формирования костной структуры [59–61, 99–104].

Помимо положительного влияния на минерализацию костей, силовые тренировки могут также улучшить стабильность коленного, тазобедренного и плечевого суставов. Повышенное внимание к состоянию суставов способно снизить степень повреждающего воздействия на суставы. Однако важно отметить, что силовые тренировки должны быть тщательно спланированы и интегрированы в тренировочный процесс. Если к существующему объему тренировок просто добавить силовую подготовку, это приведет к увеличению общей тренировочной нагрузки и, следовательно, к увеличению риска перетренированности. Силовая тренировка не должна начинаться, если пловец демонстрирует какие-либо признаки перенапряжения или перетренированности. Если силовые тренировки включены в план тренировок пловца, важно, чтобы оставшийся объем тренировки по плаванию был адаптирован (значительно уменьшен) с учетом нового содержания тренировок. Важно отметить, что с профилактической точки зрения силовые тренировки должны быть начаты на ранней стадии долгосрочного плана совершенствования мастерства спортсмена, поскольку начальные силовые тренировки до наступления половой зрелости способствуют формированию хорошей костной структуры [62, 82, 98, 105–107]. В случае возникновения проблем с плечевым суставом, тренировка должна быть подвергнута критическому анализу, особенно в тех случаях, когда проводится работа по устранению повышенного сопротивления углов суставов, которое трудно стабилизировать, что часто имеет место в случае выполнения так называемых «специальных» тренировочных упражнений на тяговых устройствах (например, биокинетический эргометр для тренировок по плаванию).

2.2. Силовые тренировки для повышения мышечной силы, используемой для продвижения пловца

В дополнение к влиянию силовых тренировок на предупреждение травм также важно учитывать преимущества этого типа тренировок с точки зрения их влияния на работоспособность (результативность) спортсмена. Особое внимание следует уделять как выполнению старта, так и разворота, а также самому плавательному движению, так как силовые тренировки также положительно влияют и на сам процесс плавания. Повышением суммарного импульса, возникающего в результате увеличения частных импульсов рук и ног, можно увеличить скорость движения.

2.2.1. Увеличение импульса плавательных движений

Что следует называть силовыми тренировками?

С точки зрения биомеханики увеличение скорости плавания может быть достигнуто двумя способами. Во-первых, путем оптимизации частоты цикла и/или удлинения хода плавания (плавательного гребка). Однако существует зависящая от расстояния оптимальная взаимосвязь между траекторией цикла и частотой гребка, поскольку увеличение частоты может привести к уменьшению траектории цикла и наоборот. Удлинение траектории цикла достигается двумя способами: во-первых, путем снижения силы торможения (отрицательное ускорение: например, тормозящее сопротивление

воды) и, во-вторых, путем увеличения движущих сил. Силовая подготовка положительно влияет как на частоту, так и на траекторию цикла (увеличивая движущую силу) [108, 109]. Степень влияния силовых тренировок зависит от уровня работоспособности (производительности спортсмена) и соревновательной дистанции. Увеличение общей движущей силы является результатом увеличения силы одного движения, что может быть достигнуто за счет развития максимальной силы. Кроме того, в случае повторяющейся циклической нагрузки с течением времени снижение импульсов должно поддерживаться на самом низком уровне. В основном это осуществляется путем тренировки специфической для соревнований метаболической ситуации. В данном контексте часто используется термин «силовая выносливость» [110]. Силовая выносливость относится к способности нервно-мышечной системы реализовать максимально возможную сумму импульсов в течение данного периода времени в отношении более высоких сопротивлений. Импульс:

$$P_{Total} = \sum_{i=1}^n \int_{t_{i1}}^{t_{i2}} F_i(t) dt$$

Импульс состоит из величины воздействия единой силы и способности максимально поддерживать снижение этих силовых воздействий (сопротивление усталости). Следует отметить, что точная граница, при которой силовая выносливость отличается от показателей общей выносливости, в литературе четко не определена. Это часто приводит к якобы противоречивым утверждениям относительно роли силовой выносливости в плавании.

Термин «силовая тренировка» следует использовать только в том случае, когда долгосрочной целью тренировки являются центральные нервные адаптации, связанные с высокой степенью активации (почти полная активация пула мотонейронов в короткие сроки) и/или морфологические адаптации. Такие адаптации обычно связаны с использованием высокоинтенсивных тренировочных нагрузок (относительно максимальной силы – 1 RM). Для нетренированных лиц изначально достаточны нагрузки относительно низкой интенсивности, которые не должны опускаться ниже 50–60 % от 1 RM. Однако при низкой интенсивности нагрузки не следует ожидать положительных адаптаций (например, для улучшения структуры кости) даже у нетренированных лиц [91]. Вследствие высоких энергозатрат и того факта, что при интенсивных нагрузках, превышающих 50–60 % от максимальной силы, в значительной степени нарушается приток крови к мышцам [111, 112], энергетические потребности в первую очередь обеспечиваются анаэробным метаболизмом [85, 113]. Чем дальше тренировочная нагрузка отклоняется от интенсивной активации мускулатуры центральной нервной системой и доминирующей анаэробной подачи энергии к более частой и более низкой тренировочной нагрузке, тем ниже вклад силовых тренировок в работоспособность. Не более чем через две-три минуты можно предположить,

что преобладает аэробное энергоснабжение [114–117]. Различие между силовой тренировкой и тренировкой на выносливость физиологически трудно объяснить и поэтому всегда является условным. Однако в тренировке на выносливость имеет смысл планировать силовые нагрузки менее 50–60 % от максимальной силы и, таким образом, с преобладающим аэробным метаболическим состоянием, поскольку они не приводят к нейрональным и морфологическим адаптациям, характерным для силовой тренировки в долгосрочной перспективе [118, 119]. Однако важно отметить, что в начале силовых тренировок нагрузки еще меньшей интенсивности могут быть эффективны в течение нескольких месяцев [120, 121]. Тренировки с более низкой интенсивностью, как правило, приводят к длительным метаболическим адаптациям, которые, вероятно, лучше развиваются во время специфических для плавания тренировок на воде. При рассмотрении интенсивности тренировки можно предположить, что в долгосрочной перспективе использование интенсивностей ниже 80 % от 1 RM не способствует дальнейшему развитию активной (мышечной) и пассивной (например, костной) системы опорно-двигательного аппарата, которые часто считаются основными целями силовых тренировок [122]. Это также объясняет, почему тренировки с большим количеством повторений и с низкой интенсивностью не способствуют дальнейшему повышению силовых показателей после нескольких недель и месяцев тренировок и поэтому должны рассматриваться как неэффективные для достижения высокой работоспособности. По этой причине силовые тренировки на выносливость не рекомендуются для пловцов, даже если они включены для внесения разнообразия в методики тренировок. Для спортсменов с низкими силовыми показателями возможно положительное влияние тренировок с низкими нагрузками на частоту гребков (то есть увеличение числа силовых гребков в единицу времени) за короткий период времени. Это особенно важно для эффективной работы ног при частоте движений ног более 120 циклов/минуту [123–126]. Для пловцов с более высокими силовыми показателями повышение максимальной силы может привести к способности поддерживать частоту гребков в течение более длительного времени и увеличению расстояния, пройденного за один гребок. Все три эффекта (более высокая частота гребка, поддержание частоты гребка и увеличение длины гребка) будут способствовать увеличению суммы циклов (рывков вперед). Как уже упомянуто, на повышение эффективности в результате силовых тренировок влияет количество выполненных циклов, необходимых для покрытия расстояния, которое нужно проплыть.

Существует ограниченное количество источников научной литературы с результатами исследований достаточного количества силовых тренировок с более высокой интенсивностью, направленных на долгосрочное повышение максимальной силы. Большинство методов включают либо работу с повышенным сопротивлением в воде [127–130], попытку имитировать плавательное движение с повышенным сопротивлением рывку на скамейке биомеханического плавания на суше [127, 131, 132], либо проведение тренировок

с низким сопротивлением и большим количеством повторений [131, 133–139]. Однако из-за продолжительности и низкой интенсивности тренировочной нагрузки такие процедуры обычно классифицируются как тренировки на выносливость. В этом контексте часто говорят, что это специфическая или полуспецифическая силовая тренировка. Другие исследования не позволяют четко оценить данную методику тренировки [108, 129, 140]. Выбор упражнений является еще одной проблемой в ряде исследований. Часто невозможно оценить, позволяют ли вообще выбранные тренировочные упражнения применять высокие сопротивления. Например, тренировки на нестабильной поверхности или упражнения, которые выполняются на суставах под небезопасными углами, ограничивающими сопротивление, которое может быть использовано во время тренировок [141]. В этом случае заявленные интенсивности и малое количество повторений убеждают в высокой интенсивности нагрузки. Другими словами, постуральная задача приводит к ложному ощущению высокой интенсивности. Чтобы держать риск травмы на низком уровне, даже определенная максимальная сила может представлять сопротивление, которое слишком мало, чтобы вызвать тренировочный стимул в таких условиях, что делает эффективность такой тренировки сомнительной. Следует отметить, что в плавании все содержание тренировки, которое позволяет генерировать больший импульс, чем это возможно в воде, часто называют силовыми тренировками. Однако сомнительно, является ли это достаточным критерием, чтобы назвать этот метод тренировки силовой тренировкой. Аналогично, для марафонца любая форма тренировки, в которой генерируется больший импульс, чем в самом марафоне, также будет упоминаться как силовая тренировка. Силовая тренировка, как предполагает название, должна быть нацелена на развитие силы или максимальной силы, и, таким образом, включает специфические физиологические адаптации. Если следовать этому подходу, большинство тренировочных методов, используемых в исследованиях, направленных на увеличения максимальной силы, с одной стороны, и результативности плавания, с другой, являются интенсивными тренировками на выносливость, а не силовыми тренировками. Поэтому эти исследования нельзя использовать для ответа на вопрос об эффективности силовых тренировок для повышения показателей в плавании.

2.2.2. Увеличение импульса (инерции движущегося тела) при старте и развороте

Важность стартов и поворотов подчеркивается и документально отражается многими авторами, особенно это относится к соревновательным дистанциям до 200 м [32, 287–299]. Представляется, что из-за большого количества поворотов на дистанциях 800 и 1500 м силовые показатели оказывают значительное влияние на соревновательные результаты на более длинных дистанциях [198–200]. Старт ($>4,65 \pm 0,24$ м/с) и развороты ($2,6 \pm 0,19$ м/с) – это те моменты в плавании на время, где достигаются самые высокие скорости по сравнению с плаванием свободным стилем ($1,78 \pm 0,06$ м/с) [300, 301]. Для обеих соревновательных ситуаций одинаково

справедливо, что наибольший возможный импульс должен генерироваться в короткий момент удлинением ноги и бедра. Для старта время отталкивания от блока составляет между 0,5 и 0,9 с [289, 302–308], а время контакта для разворотов обычно измеряется между 200 мс и 600 мс [160, 291, 309–316]. Эти очень короткие периоды контакта, как, например, в работе Lyttle & colleagues [310], являются частично результатом концентрической фазы отталкивания. Сильный наклон верхней части туловища вперед во время старта образует небольшой угол в тазобедренном суставе в начале движения отталкивания. При этом верхняя часть тела ускоряется акцентированным открытием угла тазобедренного сустава. Доля мышц ног и разгибателей бедра в общем импульсе зависит прежде всего от стартового положения пловца. Чем меньше углы в коленных и тазобедренных суставах, тем больше расстояние ускорения и, следовательно, возможность приложения силы к массе тела с целью ускорения. Небольшие углы предъявляют более высокие требования к условной возможности силы и увеличивают время на стартовом блоке, а также время контакта во время разворотов. При наличии необходимой силы более длительный старт и разворот может привести к более высокой скорости старта или скорости отталкивания при развороте. В то время как Nicol & Krüger [313] и Takahashi & colleagues [316] сообщают о корреляции $r=0,83$ между скоростью отталкивания и импульсом, генерируемым при отталкивании от стены, Cronin & colleagues [317] не смогли подтвердить эти результаты. Blanksby & co-workers [160] определили пиковую силу как лучший предиктор времени до 5 м после разворота, используя результаты множественной регрессии, в то время как Cronin & co-workers [317] обнаружили связь между высотой вертикального прыжка и скоростью между 2 и 4 м после разворота. Аналогичные результаты были получены Jones & co-workers [318], которые обнаружили как более высокие показатели в прыжке с приседанием (squat jump) (с дополнительной нагрузкой и без нее), так и значительно лучшее время разворота у элитных австралийских пловцов по сравнению с группой с более низкой результативностью. Keiner & co-workers [163] установили корреляцию между временем достижения 5-метровой отметки и 1 RM в глубоком приседе $r=-0,54$ и вертикальным прыжком (CMJ) $r=-0,75$.

На старте коэффициенты корреляции с максимальными значениями силы нижних конечностей и временем достижения отметки 5, 10 или 15 м варьировались от $r=-0,47$ – $-0,78$ [163, 166, 308]. Однако Garcia-Ramos & co-workers [319] не обнаружили существенной связи между результативностью старта и максимальным произвольным изометрическим удлинением коленного сустава и сгибанием. De la Fuente & co-workers [320] сообщили, что мужчины по сравнению с женщинами могут генерировать более высокие горизонтальные силы на стартовом блоке, что приводит к значительно более высоким горизонтальным скоростям. О сопоставимых результатах сообщили Slawson & colleagues [307]. Mason & colleagues [306] сообщили, что реактивные силы на стартовом блоке в некоторых случаях

достигают уровня, в два раза превышающего массу тела. Были обнаружены корреляции $r=0,50$ и $r=0,76$ между измерениями максимальной производительности при различных испытаниях на силу и различными стартовыми параметрами [319, 321, 322]. Кроме того, Miyashita & colleagues [322] смогли определить корреляцию $r=-0,68$ между максимальной производительностью при удлинении коленного сустава и временем достижения 15-метровой отметки. В многочисленных исследованиях вертикальный прыжок сравнивался с показателями на старте. В то время как производительность прыжка коррелировала со временем достижения отметок 5, 10 и 15 м при $r=-0,49$ – $r=-0,85$ [163, 166, 319, 323], коэффициенты корреляции между $r=0,57$ – $0,70$ [319, 324–326] были определены между различными параметрами силы и производительности, измеренными на стартовом блоке.

Ряд продольных исследований, проведенных в отношении повышения результативности во время стартов и разворотов, показали противоречивые результаты. Например, Lee & colleagues [327] и colleagues [327] и Breed & Young [324] не обнаружили никаких улучшений в результативности прыжка (взлета) после выполнения чисто плиометрических тренировок или комбинации силовых и плиометрических тренировок. Jones & co-workers [328] не удалось выявить каких-либо улучшений в характеристиках разворота у высококвалифицированных пловцов после шести недель силовых или плиометрических тренировок. В частности, результаты Breed & Young [324] являются неожиданными, так как участники эксперимента были малотренированными в отношении силовых показателей (средний показатель в вертикальном прыжке составлял 27,3 см). С другой стороны, исследовательская группа под руководством Nohmann [329] продемонстрировала положительные результаты после четырехнедельной силовой тренировки, не уточняя детали тренировок. Несколько исследовательских групп смогли продемонстрировать положительное влияние плиометрических тренировок на результативность выполнения стартов и разворотов [284, 326, 330, 331]. Ruschel & colleagues [332] подчеркивают, что хорошие физические предпосылки, способствующие более высокому импульсу на стартовом блоке, полезны только в том случае, когда улучшенное отталкивание от стартового блока переходит в оптимальную фазу погружения в воду. Неясно, почему в большинстве исследований в качестве тренировочных и диагностических инструментов использовались только прыжки. Во-первых, удивительно, что в большинстве исследований прыжки используются как «родственное» движение или как якобы «специфические» тестовые формы. Здесь также возникает недопонимание, уже описанное выше, при оценке того, что можно считать специфическим с точки зрения ЦНС, а что нет. Помимо схожести с целевым движением, выбранная форма прыжка должна служить средством оценки и развития мощности. Однако, поскольку максимальная сила является основным фактором, определяющим силу, сомнительно, являются ли формы прыжков правильными диагностическими и методологическими средствами, особенно когда практические рекомендации для составления программы тренировок должны

быть предложены на основе полученных результатов. Зависимость эффективности прыжков от максимальной силы доказана в достаточной степени. Корреляции между прыжком из приседа (squat jump) и диапазоном 1 RM между $r=0,50$ и $0,76$ [181, 334–337] для вертикального прыжка (countermovement jump) между $r=0,50$ и $r=0,93$ при условии, что измерение максимальной силы является динамическим [166, 182, 334, 336–341]. Здесь также становится очевидной проблема регистрации максимальной силы в изометрических условиях. В этом случае в научной литературе представлены как незначительные [203–205, 342–347], так и значимые результаты в диапазоне от $r=0,32$ до $r=0,82$ [346, 348–350]. На этом фоне увеличение максимальной силы и ее анализ, вероятно, представляют собой лучший методологический и диагностический подход к тренировочному процессу. Однако в нескольких исследованиях, в которых использовался этот подход, обнаруживаются только низкие и средние корреляции. Чтобы объяснить это, надо также обращать внимание на методику фиксации максимальной силы. В большинстве исследований максимальная сила применялась в основном при проведении изометрических или изокинетических тестов с использованием одного сустава, которые отражают только часть мускулатуры, имеющей отношение к эффективности выполнения стартов и разворотов, и представляют собой форму сокращения, которая обычно выполняется особым образом, не используемым в повседневной жизни и спорте. Это в большой степени объясняет умеренные корреляции, показанные выше.

Существуют противоречащие результаты относительно взаимосвязи времени контакта при отталкивании от стены бассейна и последующей скоростью. Некоторые исследовательские группы сообщают о более высоких скоростях при более длительном времени контакта [309, 310, 314], при этом другие исследования не нашли подтверждения данному факту [160, 316, 351]. Можно предположить, что существует оптимальное время контакта [351]. Оно в значительной степени зависит от максимальной силы мышц колена и бедра. Также существуют сомнения относительно угла сгибания в коленном суставе [160, 291, 310, 314, 316]. Хотя небольшой угол в коленном суставе является преимуществом для достижения большего пути ускорения, это предъявляет повышенные требования к максимальной силе, так как достаточно неблагоприятные отношения длины – силы мышц-разгибателей при таком угле сустава означают, что требуется высокая потенциальная сила для достижения значительного ускорения из этого положения. В этом контексте Mason & colleagues [312] также демонстрируют силы во время отталкивания от стены, которые достигают величин, в два раза превышающей массу тела.

3. Методический подход к силовой тренировке

3.1. Морфологическая адаптация

Так как мышечная масса и ее активация центральной нервной системой (ЦНС) – это центральные параметры для развития максимальной силы (рисунк 1), логически можно предположить, что тренировка, направленная на

гипертрофию мышц, должна проводиться до постановки цели развития силы. Данный метод тренировки предполагает интенсивность от средней до высокой (интенсивность = % 1 RM) в сочетании с большой нагрузкой. Такая нагрузочная интенсивность необходима для создания высокого напряжения, действующего на мышечные волокна, что, в свою очередь, приводит к микротравмам ткани. Микротравма особенно наблюдается в области z-диска миофибрилл [352–357]. Механическая стимуляция вызывает в какой-то степени повреждение миофибрилла тренируемой мышцы [358–364], так и определенную степень клеточных сигнальных каскадов, важных для гипертрофии мышц [365–373]. Механический стимул, полученный в результате выполнения высокоинтенсивных упражнений, должен таким образом рассматриваться как решающий критерий увеличения синтеза белка, приводящего к гипертрофии скелетных мышц [365–394]. В силовой подготовке особое значение придается эксцентрической фазе движения, которая характеризуется относительно низкими энергозатратами, но очень высоким механическим стимулом по сравнению с концентрической частью движения [240, 241, 361, 395–397]. Интенсивность упражнения менее 60 % от 1 RM слишком низкая, чтобы произвести адаптацию в активной или пассивной скелетно-мышечной системе [91, 398, 399]. В спорте с требованиями высоких силовых показателей даже интенсивность ниже 80 % 1 RM не является достаточной в долгосрочной перспективе, чтобы запустить дальнейшие адаптивные процессы [122, 400–403]. Требование к объему большой нагрузки возможно объясняется, с одной стороны, тем, что степень намеренного повреждения ткани повышается с исполнением нескольких подходов для тренировки мышц, и, с другой стороны, тем, что адаптация в пассивной скелетно-мышечной системе, в частности, зависит от объема нагрузки в сочетании со значительной интенсивностью высокой нагрузки [86, 90, 91, 404–407]. По сути, страх, что пловцы быстро увеличат массу тела, является необоснованным. В целом это сложная задача – построение значительного количества мышц в рамках общего высокого объема тренировок в плавании [11, 408, 409]. Кроме того, до настоящего времени отрицательный эффект значительной мышечной массы на положение в воде и силу сопротивления не был доказан [143, 410]. Newton & colleagues [410] пишут об этом следующее:

«В плавании тренеры полагают, что изменения в форме тела повышают силу сопротивления, и это будет негативно отражаться на результативности в плавании. Это утверждение не было поддержано или опровергнуто научными исследованиями... По правде говоря, у спортсменов нет времени, чтобы посвятить его программе силовых тренировок со значительным объемом с целью существенного увеличения размера мышц, поскольку большое количество тренировочных часов они проводят в бассейне. Очень маловероятно, что больше, чем скромное увеличение размеров мышц может быть достигнуто этими спортсменами без выполнения программы силовой тренировки. Большой объем упражнений на выносливость, который выполняют пловцы

каждую неделю, несовместим с максимальным увеличением силовых показателей и размера мышц, и результаты прошлого исследования [408] свидетельствуют, что эти конфликтующие воздействия ограничивают гипертрофию мышц».

Даже если кажется логичным, что увеличение объема тела приводит к большему сопротивлению воде, остается сомнительным тот факт, оказывает ли такое изменение значительное влияние на результативность плавания. Кроме того, любые возможные негативные воздействия должны быть противопоставлены положительным воздействиям, повышающим движущую силу вследствие недавно приобретенной мускулатуры. Тот факт, что мужчины плавают быстрее женщин, несмотря на большую массу тела, необходимо учитывать при рассмотрении влияния изменений в массе тела. Положительная связь между плаванием и массой тела или мышечной (сухой) массой тела была также продемонстрирована у пловцов-подростков [411–416]. Что касается взрослых лиц, несколько научных групп выявили положительную связь между плаванием и мышечной массой спортсмена [417–419]. Важно отметить, что ни одно известное исследование не смогло показать негативную связь между мышечной массой и плавательными показателями. Cronin & colleagues [317] также сообщили о положительной корреляции между массой тела и скоростью, развиваемой на 2–4 м после поворота. Chatard & colleagues [417, 418] пришли к выводу, что большая мышечная масса становится недостатком только тогда, когда дистанция превышает 400 м. По мнению авторов [418], для дистанций до 400 м это является преимуществом. Общее опасение, что избыток мышечной массы окажет негативное влияние на плавательные показатели, вероятно, является необоснованным. Тем не менее, степень развития скелетных мышц имеет дистанционно-зависимую оптимальную тенденцию [31]. Это означает, что чем больше расстояние, которое нужно проплыть, тем большей помехой становится высокая масса тела. Для увеличения мышечной массы [402] необходимо проведение от двух до трех тренировок на группу мышц в неделю, но требуемое усилие увеличивается с повышением уровня эффективности [395, 396, 402, 420–425]. Тренировка на гипертрофию (увеличение мышечной массы) обычно вызывает значительное напряжение ЦНС и метаболическую усталость, в этих случаях следует избегать последующих плавательных тренировок, чтобы предотвратить развитие негативных последствий. В дополнение к достаточному интервалу между тренировочными сессиями содержание тренировок на воде должно согласовываться с силовыми тренировками. Этот метод силовых тренировок должен использоваться в тех тренировочных фазах, во время которых применяются нагрузки на воде умеренной интенсивности.

3.2. Развитие показателей силы и мощности

Для увеличения уровня намеренной активации требуются тренировочные стимулы, которые заставляют пул мотонейронов активироваться как можно полнее, а при необходимости – и быстро (рисунок 1). Для этого

требуется нагрузка более 90 % от максимальной нагрузки. Поскольку основной целью является улучшение нервно-мышечной координации, упражнения должны проводиться в состоянии покоя, а состояние усталости во время тренировки должно быть сведено к минимуму. Что касается двигательных мышц верхней части тела, то особое рассмотрение скорости развития силовых показателей представляется довольно сомнительным. Причины для этого следующие:



Рисунок 1 – Максимальное развитие силовых показателей

- угловые скорости суставов в плечевом суставе составляют 240–300°/s [31, 426, 427];
- довольно низкая угловая скорость в начале тягового движения [428];
- меньшая сила в начале тяговой фазы по сравнению с последующими частями движения [428];
- продолжительность фазы пропульсивной тяги при высоких скоростях плавания составляет около 400–600 мс [221, 222, 429–431].

Согласно Schmidtbleicher [432], взрывная сила является решающим фактором, определяющим эффективность движений, требующих менее 250 мс для их завершения. При наличии большего времени для развития силы, максимальная сила в еще большей степени становится более важным фактором. Однако другие требования, направленные на развитие силы, касаются нижних конечностей. Так как быстрое развитие силы – важный компонент выполнения старта и разворотов, целью силовой тренировки является активизация как можно большего количества мотонейронов за самый короткий период времени. В то время как у менее тренированных спортсменов увеличение максимальной силы автоматически приводит к увеличению скорости развития силы, у более тренированных спортсменов простое повышение максимальной силы не приводит к увеличению скорости развития силы (rate of force development, RFD). Чтобы избежать недоумения, нужно упомянуть, что значительное увеличение активации

мышц уже достигнуто во время тренировок на гипертрофию, содержание которых зависит от стартового уровня спортсмена. В плавании при выполнении стартов и разворотов решающее значение имеет короткая и интенсивная активация мышц ног и бедер. Если цель тренировки – исключительно предотвращение травм, то тренировка на гипертрофию – это единственный метод тренировки, который должен использоваться. При этом максимальная сила автоматически увеличится до определенной степени. Из-за высокой нагрузки и соответствующих требований к мышцам туловища и технике движений, тренировка с максимальной интенсивностью должна начинаться только после нескольких лет силовой подготовки, чтобы пассивная скелетно-мышечная система, в частности, была подготовлена к воздействию высокой нагрузки. Использование максимальных нагрузок рекомендуется в фазах с более низкими тренировочными объемами. Еще раз нужно отметить, что высокий объем плавательных нагрузок негативно влияет на развитие максимальной силы и мощности [6].

Удивительно, что большое количество рекомендаций по силовой подготовке в плавании включают программы тренировок, которые в большей степени аналогичны программам силовой подготовки на выносливость (strength endurance training program) с более низкой нагрузкой и большим количеством повторений или программы профилактики травм (например, профилактика болей в спине), эффективность которой сомнительна и зависит от ее содержания [433], либо программам интенсивной интервальной тренировки в тренировке на выносливость [434, 435]. Вероятно, это связано с тем, что в плавании любая тренировка, использующая различные формы сопротивления (например, лопатка, тренировка на суше на тяговых канатах/тросах напряжения или плавательных скамейках), часто упоминается как силовая тренировка или силовая тренировка на выносливость. Это удивляет, так как метод силовой тренировки на выносливость – особенно в долгосрочной перспективе – не вызывает физиологической адаптации, которую пловец должен развивать в тренажерном зале. Если игнорировать тот факт, что нетренированный человек может получить пользу почти от любого незнакомого тренировочного стимула [219], он утратит повышенную адаптируемость после нескольких недель тренировок. В долгосрочной перспективе можно ожидать только адаптацию метаболической системы, используя эти виды силовой подготовки. Если высоко тренированный спортсмен (с точки зрения максимальной силы) будет выполнять силовую тренировку на выносливость, то снижение результативности наступит после нескольких недель. Таким образом, подобные тренировочные методы не должны выступать в качестве внесения изменений в рамках периодического наращивания результативности. Newton & colleagues [410] указывают, что адаптации, вызванные силовой тренировкой на выносливость, уже в значительной степени достигнуты благодаря плавательной тренировке.

Если спортсмен демонстрирует относительно низкий уровень результативности, то можно ожидать, что повышение возможно с применением

тренировок различной интенсивности или тренировочных методов, так как постоянно применяемые тренировки на развитие координационных навыков способствуют повышению силовых показателей [311, 409, 436–439]. Однако с повышением уровня силовых показателей такая произвольность в выборе метода исчезает.

Примечательно, когда дело доходит до развития скоростной силы/мощности, тренировка с применением от легких до средних нагрузок (30–60 % 1 RM) часто считается особенно эффективной. При этом не учитываются два обстоятельства. Большинство исследований, на которых базируются эти заявления, проводилось с нетренированными лицами или со спортсменами с низким или средним уровнем показателей максимальной силы. Поэтому не удивительно, что этот тип тренировки привел к краткосрочному повышению показателей при выполнении различных заданий на моторику [219]. Кроме того, мощность при средних нагрузках значительно коррелирует или зависит от показателей максимальной силы [118, 166, 173, 175–178, 180–184, 186–192, 203, 440, 441]. Поэтому очевидно, что в долгосрочной перспективе увеличение максимальной силы необходимо для повышения показателей мощности (рисунок 2). На этом фоне тренировочные методики в плавании, которые включают только прыжки, должны рассматриваться критически. Помимо максимальной силы, вторым решающим фактором является скорость развития силы [441]. Кроме того, наибольшая физическая производительность, достигаемая при выполнении силовых упражнений (тестовое упражнение), часто ошибочно приравнивается к физической производительности при выполнении целевого движения или специфических движений вида спорта. Однако высокая механическая производительность должна быть получена при выполнении целевых двигательных задач вида спорта, а не в тестовых условиях. Bryant [442] поясняет:

«Быстрое движение с весом не означает, что спортсмен будет быстро двигаться без веса. [...] Представляется, что взрывные упражнения, подобные этим, используют слишком много сопротивления для повышения скорости и слишком мало сопротивления для повышения силовых показателей и поэтому не оказывают существенного положительного воздействия на мышечную силу или спортивную результативность».

O'Shea & O'Shea [31] также указывают на то, что максимально высокие физические показатели спортсмен должен демонстрировать в плавательном движении и в скорости движения в процессе плавания, а не при выполнении тренировочного упражнения со средней интенсивностью нагрузки. Lytle & Ostrowski [152] также пишут, что интенсивность силовой тренировки должна быть достаточно высокой, чтобы увеличить показатели максимальной силы. Поэтому нецелесообразно использовать интенсивные нагрузки в силовой тренировке, ориентированной на развитие максимальной производительности. Тренировка со средней нагрузкой может в лучшем случае выступать в качестве дополнительной нагрузки в тренировочном плане.

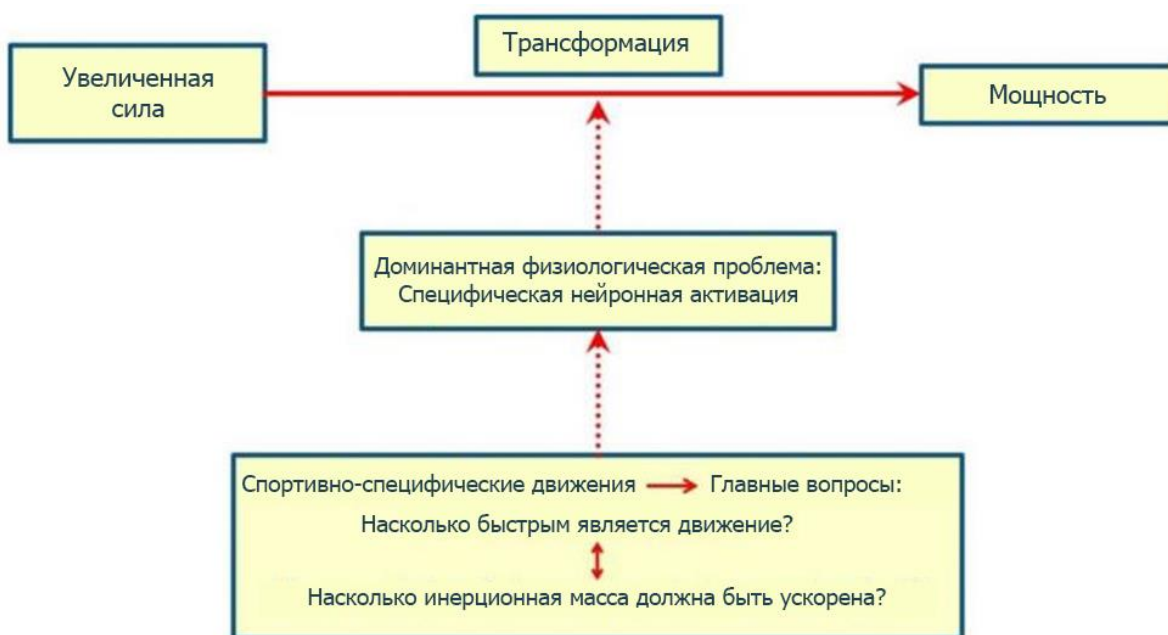


Рисунок 2 – Реализация максимальной силы при выполнении быстрого движения

С точки зрения выбора упражнений следует отдавать предпочтение классическим силовым тренировочным упражнениям (приседание, жим лежа, тяга вниз на высоком блоке и т. д.) [427]. Они на практике доказали свою эффективность для увеличения максимальной силы и наращивания мышечной массы (рисунок 3).



Рисунок 3 – Примеры упражнений

Преобразование недавно приобретенных силовых навыков в целевое движение относительно легко достигается на низкорезультативном уровне или происходит самостоятельно, так как повышение силовых показателей, по крайней мере частично, является достаточным условием для выполнения целевого движения [444]. Однако с повышением результативности это становится еще большей проблемой. Данный факт также объясняет, почему у высококвалифицированного спортсмена повышение максимальной силы автоматически не приводит к повышению плавательной результативности [31]. Первоначальные успехи в тренировках, достигнутые с помощью якобы специфических упражнений, не должны вытеснять тот факт, что они очень быстро теряют свою эффективность в процессе долгосрочного повышения результативности.

Трансформация недавно приобретенных силовых навыков должна происходить преимущественно в воде (рисунок 4). Стартам и поворотам должно уделяться особое внимание, независимо от остальной части плавательных тренировок. Другими словами, трансформация происходит, прежде всего, при работе над целевыми движениями данного вида спорта.

Успех силовой подготовки в тренировках, ориентированных на плавательные виды спорта, в значительной степени зависит от раннего начала силовой подготовки в многолетнем тренировочном цикле. Naucraft & Robertson [446] рекомендуют, чтобы объем плавательных тренировок не превышал 5000 м в день, чтобы слишком большая нагрузка на выносливость не ослабляла эффект силовой тренировки. Силовая подготовка должна начинаться уже в детском и юношеском возрасте, поскольку от этой части тренировочного процесса зависит успех формирования других навыков и способностей в последующие годы. Только последовательное внедрение представленных здесь рекомендаций окажет положительное влияние на результативность пловца в долгосрочной перспективе.



Рисунок 4 – Развитие воспроизводимости больших импульсов в циклическом движении

4. Заключение

Развитие максимальной силы является основой для формирования мощности, необходимой для выполнения стартов, разворотов и самого процесса плавания. Развитие силы и мощности должно всегда происходить параллельно с обучением плаванию на всем протяжении тренировочного цикла, независимо от плавательной дистанции. Как правило, силовая тренировка должна выполняться при достаточно высокой интенсивности. Это крайне важно для морфологической адаптации и для центральной нервной системы с учетом полной активации мускулатуры в течение короткого периода времени. Объем нагрузки в силовой подготовке также играет важную роль, особенно с точки зрения формирования морфологической адаптации. Морфологическая адаптация имеет первоочередное значение и с профилактической точки зрения и как основание для развития максимальной силы и мощности. Интенсивность нагрузки не должна составлять менее 50–60 % от максимальной силы даже для спортсменов с низким уровнем силовой подготовки. В долгосрочной перспективе рекомендована интенсивность выше 75 % от максимальной силы, чтобы спортсмен был в состоянии продолжать тренировку с целью формирования адаптации. Трансформация повышенных показателей силы и мощности должна происходить во время чистого плавания, а также при выполнении стартов и разворотов. Кроме того, необходимо учитывать негативное влияние плавательных тренировок, ориентированных на объем, на развитие показателей силы и мощности.

Статья содержит 446 источников литературы, с которыми можно ознакомиться по адресу: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/9/5369>.

Перевод с английского *Л.И. Кипчакбаевой*
Рецензент *М.Е. Агафонова*