



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»

НАПРАВЛЕННОЕ РАЗВИТИЕ СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ И КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ В УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОМ ПРОЦЕССЕ ПО ФЕХТОВАНИЮ

Мастер-класс
Информационно-аналитические материалы
19.12.2023



Формирование специализированных восприятий спортсменов-фехтовальщиков как основа совершенствования техники передвижений 4

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

Теоретико-методические основы развития скоростно-силовых способностей..... 11

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

Техническое сопровождение тренировочного процесса для коррекции асимметричной физической нагрузки..... 38

Дарануца Кристина Сергеевна,
начальник информационно-аналитического отдела центра координации
научно-методической и инновационной деятельности

Роль техники передвижений у фехтовальщиков в совершенствовании их профессиональных навыков 43

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

Анализ зарубежной публикации

Физиологические требования в фехтовании: обзорная статья 46

Oates, L. W. Physiological demands of fencing: a narrative review / L. W. Oates, M. J. Price, L. M. Bottoms // Journal of Elite Sport Performance. – 2023. – № 3. – P. 1–9.

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

Научная редакция: М.Е. Агафонова, доцент кафедры спортивной медицины БГУФК, кандидат биологических наук, доцент.

ФОРМИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВОСПРИЯТИЙ СПОРТСМЕНОВ-ФЕХТОВАЛЬЩИКОВ КАК ОСНОВА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИКИ ПЕРЕДВИЖЕНИЙ

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

Соревновательная деятельность в единоборствах предъявляет высокие требования к уровню подготовленности спортсменов. Ряд специалистов считает, что одним из условий успешного выступления в единоборствах является целенаправленное совершенствование специализированных восприятий. Эта проблема действительно актуальна, так как сложность тактических действий спортсменов определяется возникающими трудностями восприятия ситуации, дефицитом времени при принятии решений и их реализации из-за большого разнообразия соревновательных ситуаций, ограниченности пространства, недостаточности информации и т. п.

Тактические основы подготовки и применения боевых действий в фехтовальных поединках на рапирах и саблях регламентированы общими положениями о «тактической правоте» атак и защит с ответом, предназначенных для оценки их результативности в ситуациях взаимных и одновременных нападений. Вместе с тем различия в способах реализации тактических намерений, таких как нанесение только укола (фехтование на рапирах) или удара и укола (фехтование на саблях), а также несовпадения в размерах поражаемой поверхности (в частности, туловище в боях на рапирах или туловище, маска и обе руки в боях на саблях) во многом определили выбор дистанций, состав приемов и длину передвижений [10].

Авторами отмечается, что успешность борьбы за инициативу начала схваток, возможность эффективного применения атак и противодействий атакам определяется, прежде всего, адекватностью выбора намерений и точностью оценки пространственно-временных характеристик применяемых действий [1, 7]. Уже на начальном этапе подготовки в фехтовании на любом виде оружия необходимо формирование точно выверенных положений боевой стойки, выпада и приемов нападения и маневрирования, освоение базовых элементов техники приемов нападения и защиты, максимально соответствующих идеальным пространственно-временным параметрам выполнения. Много внимания уделяется при этом формированию помехоустойчивости спортсмена, чтобы минимизировать количество промахов и иных ошибочных движений, рефлекторно возникающих из-за искажения пространственной точности совершенствуемых действий при внезапном изменении ситуации [9].

Специализированные умения лежат в основе деятельности спортсменов в неожиданных и быстро меняющихся ситуациях. Дистанционные взаимоотношения с партнерами и противником, умение переключаться от одних действий к другим, выбирать момент для начала действий – наиболее распространенные специализированные умения спортсменов.

Для спортсмена-фехтовальщика особенно важны чувство дистанции, дифференциация мышечных усилий и чувство времени.

Чувство дистанции – одно из важнейших условий успешности боя, так как любой прием может быть эффективным только при точной оценке соответствующей дистанции [2]. В процессе боя спортсмены постоянно перемещаются и маневрируют, поэтому дистанция между ними практически никогда не остается постоянной. Бойцы воспринимают изменение дистанции как целостное явление, не всегда смотрят на ноги или руки соперника. Спортсмен должен за минимальное время учесть как можно больше информации обо всех деталях, которые составляют общую структуру всех изменений поединка.

Дифференцировка дистанции осуществляется преимущественно за счет зрительных восприятий, в частности, восприятия передвижений противника. Оно включает также мышечно-двигательные восприятия собственных передвижений, то есть кинестетическое пространственное различие. Точность кинестетического пространственного различения определяется несколькими факторами: вид спорта, состояние тренированности, уровень тренированности [8].

В процессе подготовки спортсменов в единоборствах также важно уделять внимание совершенствованию способности к точной дифференцировке мышечных усилий. Согласованность проявляется в последовательном сокращении и расслаблении мышц, когда во время окончания одного движения начинает подготавливаться последующее, при этом как опережение, так и запаздывание нарушают целостность и слитность двигательного акта [6].

В процессе подготовки должны оптимально сочетаться задачи совершенствования специализированных умений и выделения индивидуальных особенностей спортсменов с целью наиболее полного воплощения их способностей, психических и физических качеств в соревновательной деятельности [5].

Среди различных видов восприятий наиболее существенными для единоборцев являются: восприятие пространственно-временных характеристик движений (собственных и противника), специализированные восприятия (чувство дистанции, времени, темпа), мышечно-двигательные восприятия. В потоке информации поступает много сигналов о всевозможных ложных действиях. Правильная оценка ложных действий позволяет не реагировать на них, точно воспринимать все ситуации, принимать решения как осознанно, так и интуитивно. Восприятие обстановки боя зависит от установки спортсмена на определенную тактику ведения поединка.

Точность восприятия во многом определяется свойствами внимания. Подготовленный спортсмен распределяет внимание на положение соперника, направление и скорость движения, на скорость, силу и темп уколов или ударов, на дистанцию и рассчитывает такие же характеристики собственных действий. При этом некоторые элементы восприятия являются решающими в данное время и находятся в центре внимания спортсмена.

Для развития чувства дистанции наиболее целесообразна следующая последовательность решения педагогических задач:

- различать и сохранять дистанции (ближняя, средняя, дальняя) при ритмичных (аритмичных) передвижениях с партнером;

- выходить из одной дистанции в другую на фоне ритмичных (аритмичных) передвижений с партнером;
- выбирать определенные дистанции для успешного выполнения боевых действий при ритмичных (аритмичных) передвижениях с партнером;
- предвосхищать выход противника из определенных дистанций на фоне выполнения ритмичных (аритмичных) передвижений с противником.

В процессе развития чувства времени и умения предвосхищать пространственно-временные взаимодействия с соперником рекомендуется следующая последовательность решения педагогических задач:

- развивать точность и быстроту реакций;
- различать и воспроизводить временные и пространственно-временные характеристики (темп, скорость, ритм) передвижений и боевых действий;
- выбирать момент для успешного выполнения боевых действий;
- соотносить быстроту боевых действий со скоростью передвижений;
- соотносить быстроту своих действий с быстротой действий противника;
- предвосхищать момент начала выполнения боевых действий противником.

С целью совершенствования специализированных восприятий юных фехтовальщиков можно выделить четыре комплекса специально-подготовительных упражнений (СПУ). Примеры учебно-тренировочных заданий представлены в таблице.

Таблица – Примеры специально-подготовительных упражнений

Развитие способности к ориентированию в пространстве	
1. СПУ (имитационного характера)	2. СПУ (обусловленного и необусловленного характера)
<p>И.П. – стойка, правая рука вверх. Вращение вокруг вертикальной оси, на месте, глядя вверх на руку. По команде ускорение по заданной траектории. ОМУ – траектории могут меняться, добавляются передвижения шагом, скорость вращения варьировать от 3 до 1 с</p> <p>И.П. – О.С. Кувырок вперед, прыжок на 360°, кувырок назад, ускорение. ОМУ – бег может выполняться как по прямой, так и с обеганием препятствий, добавляются передвижения шагом.</p> <p>И.П. – О.С. 2 прыжка на 360° в разные стороны, имитация укулов (ударов).</p> <p>И.П. – О.С. Кувырок вперед, назад, укол (удар).</p> <p>И.П. – стоя на правой. Спереди расположен круг диаметром 1,5 м с десятью вписанными цифрами. По команде как можно быстрее попрыгать по всем цифрам от 1 до 10. ОМУ – порядок цифр для прыжков (по порядку, в обратном) а также способ прыжков (на правой, левой, двух) задается тренером</p>	<p>УТЗ в парах. Первый номер передвигается в боевой стойке, в различных направлениях, используя разные виды передвижений, задача второго – в точности изображать действия соперника.</p> <p>УТЗ у края площадки. Первый номер – у края, его задача, используя различные виды передвижений и обманов, сместить второй номер.</p> <p>Два человека держат оборудование на расстоянии 4 м друг от друга (на одной линии, развернуты друг к другу). Спортсмен, находящийся в центре, выполняет задание сначала в одну сторону, затем разворачивается – и то же самое в другую.</p> <p>УТЗ в парах. Партнеры в боевой стойке, дистанция средняя. Первый номер владеет инициативой в передвижениях и стремится разорвать дистанцию. Второму номеру следует сохранять дистанцию</p>

Продолжение таблицы

Развитие способности к реагированию	
3. СПУ (имитационного характера)	4. СПУ (обусловленного и необусловленного характера)
УТЗ в парах. И.П. – О.С. Партнеры стоят друг напротив друга на расстоянии 1 метра. Первый номер имитирует уколы (удары) в разные уровни тела, второй номер реагирует соответствующей защитой. УТЗ в парах, в боевой стойке. Первый номер делает либо шаг на соперника, либо подскок, задача второго – среагировать на движение и сделать либо отскок, либо отшаг. Спортсмены становятся в полукруг в боевой стойке и рассчитываются по порядку. Перед ними водящий держит гимнастическую палку вертикально, называет номер спортсмена и отпускает палку. Занимающийся под названным номером должен поймать палку раньше, чем она упадет. Если не успел, то он идет на место водящего	УТЗ в парах. Один держит оборудование и, передвигаясь в боевой стойке, в любой момент открывает зоны на различные уколы (удары), задача второго – реагировать на движения первого. УТЗ в парах. Первый номер работает в атакующей манере, второй должен защищаться в соответствии с атакой. УТЗ в парах. Первый номер начинает атаку с любого удара, предварительно подготовив ее, задача второго – отобразить точно такую же комбинацию, но уже вторым номером. УТЗ в парах. Дистанция средняя. Первый номер на фоне передвижений делает несколько обманных движений, а затем атакует. Второй номер сохраняет дистанцию, не реагирует на обманы, а при атаке защищается

Кроме примеров упражнений, ниже представлены общие установки по совершенствованию специальных восприятий.

При обучении спортсмена разнообразным приемам и действиям следует обязательно добиваться чувственного восприятия основы техники каждого действия, что благотворно сказывается на взаимосвязи рецепторов двигательного анализатора с ЦНС, совершенствует двигательную сенсорную систему в целом.

Созданию чувственных образов движений способствует применение в тренировочном процессе разнообразных технических средств и устройств: тренажеров, акцентирующих внимание спортсмена на отдельных деталях двигательного действия; аппаратуры срочной информации о пространственных и временных особенностях структуры движения и др.

Необходимо добиваться выполнения основы техники каждого из тренировочных упражнений, что позволит тренеру заодно решать и воспитательные задачи. В связи с этим тренер должен четко представлять, что специально-подготовительные, в том числе подводящие, координационные упражнения направлены не только на освоение и совершенствование техники определенных двигательных действий, но и на развитие одной или нескольких специальных и координационных способностей. Таким образом, техническое и технико-тактическое обучение, и совершенствование должны тесно переплетаться с развитием координационных способностей.

Таким образом, в программу координационной подготовки должны быть включены специализированные средства, направленные не только на повышение

пространственных, временных и силовых параметров движений, но и на формирование специализированных восприятий (чувство дистанции и др.).

Способность к точному выполнению движений развивают, прежде всего, посредством применения общеподготовительных упражнений при систематическом повышении их координационной сложности. Их примером могут быть задания на точность воспроизведения одновременных или последовательных движений и положений рук, ног, туловища при выполнении общеразвивающих упражнений без предметов, ходьба или бег на заданное время; упражнения на точность оценки пространственных параметров дальности прыжка с места или разбега, дальность метаний и др.

Более высокий уровень координации движений достигается специальными упражнениями на соразмерность движений в задаваемых пределах времени, пространства и мышечных усилий. В качестве методов используют следующие: метод многократного выполнения упражнения с последующим измерением точности по времени, пространству и мышечному усилию с установкой на запоминание показателей и последующей самооценкой занимающимися мер времени, пространства и усилий и воспроизведением их по заданиям; метод «контрастных заданий»; метод «сближаемых заданий».

Все указанные методы основываются на сличении занимающимися объективной срочной информации о параметрах выполненных движений, полученной посредством технических средств, со своими субъективными ощущениями движений и внесении в них соответствующих коррекций. Осознание различий субъективных ощущений с объективными данными при неоднократном повторении упражнения повышает сенсорную чувствительность, благодаря чему и создаются возможности для более точного управления движениями.

Задания на точность дифференцирования силовых, временных и пространственных параметров – наиболее трудные для освоения. Поэтому их рациональнее применять по методике контрастных заданий или сближаемых заданий.

Суть метода «контрастного задания» состоит в чередовании упражнений, резко отличающихся по какому-либо параметру. Например, по пространственному параметру: чередование бросков мяча в кольцо с 6 и 4 м, с 4 и 2 м; прыжки в длину с места на максимальное расстояние и на половину его; принятие руками положения угла 90 и 45° и т. п. По указанной методике требуется относительно грубая точность дифференцирования.

Что касается методики «сближаемых заданий», то здесь необходимо тонкое дифференцирование. Примеры: принятие руками положения угла 90 и 75°, 90 и 80° и т. п.; прыжки в длину с места (с открытыми и закрытыми глазами) на 140 и 170 см, 140 и 160 см и др.

Однако ряд видов профессиональной деятельности и видов спорта требует не только пространственной точности движений, но и высокоразвитого «чувства пространства» – способности верно оценивать пространственные условия действия (расстояние до цели, размеры препятствий, дистанцию при взаимодействиях спортсменов в играх, единоборствах и др.) и точно соразмерять с ними действия.

Для развития «чувства пространства» эффективны описанные выше методы «контрастного задания» и «сближаемого задания». Примерами их применения могут быть практикуемые в спортивных играх упражнения с точно заданным варьированием игровых дистанций – дистанций передачи мяча, шайбы, завершающих ударов по воротам, бросков мяча в кольцо.

Совершенствование пространственной точности движений, выполняемых в относительно стандартных условиях (упражнения спортивной гимнастики, фигурное катание на коньках, прыжки в воду и др.), осуществляется главным образом по таким методическим направлениям:

а) совершенствование точности воспроизведения заданных (эталонных) параметров движений, соответствующих требованиям рациональной техники спортивно-технического мастерства. Применяются задания с установкой: точно и возможно стандартно воспроизвести эталонные параметры амплитуды, направления движений или положения тела. При этом ставится задача по достижению стабильности эталонных параметров движений;

б) совершенствование точности выполняемых движений в соответствии с заданными изменениями параметров. Например, увеличить амплитуду маха на определенное число градусов при размахиваниях на брусьях или высоту взлета перед исполнением сальто. Эти задания носят дифференцированный характер.

Совершенствование силовой точности движений предполагает развитие способностей оценивать и дифференцировать степень мышечных напряжений различными группами мышц и в различных движениях. В качестве средств используются упражнения с различными отягощениями, упражнения на снарядах с тензометрическими установками, изометрические напряжения, развиваемые на кистевом динамометре, и др.

Для совершенствования способности управлять мышечными усилиями применяют задания по неоднократному воспроизведению определенной величины мышечного усилия или ее изменения с установкой минимально увеличивать или уменьшать усилие в повторных попытках. Размеры отклонений (ошибок) при воспроизведении заданных параметров характеризуют степень силовой точности.

Примеры заданий: воспроизведение или минимальное изменение усилия на кистевом динамометре, равного 25 и 50 % от максимального.

В оценке величины мышечного напряжения наиболее трудные – малые усилия (25 % от максимального напряжения) и средние (50 % от максимального напряжения), и наиболее легкие – большие (75 % от максимального напряжения).

Совершенствование временной точности движений зависит от развития «чувства времени». Чувствовать время – это значит быть способным тонко воспринимать временные параметры, что создает возможность распределять свои действия в строго заданное время. Для совершенствования временной точности движений применяют задания по оценке макроинтервалов времени – 5, 10, 20 с (пользуясь для проверки секундомером) и микроинтервалов времени – 1; 0,5; 0,3; 0,2; 0,1 с и др. (пользуясь электронным прибором).

Изучение боевых дистанций – одна из основных задач подготовки фехтовальщика. Необходимо последовательное, планомерное изучение средней дистанции,

дальней и только после хорошего их освоения – ближней дистанции. Упражнения должны быть динамичными и разнообразными. Ошибка многих – использование упражнений на дистанцию лишь при начальном обучении.

Источники:

1. Бойченко, С. Исследование специфических координационных способностей у квалифицированных фехтовальщиков / С. Бойченко, Н. Ящанина, Я. Ящанин // Актуальные проблемы физической культуры и спорта: сб. науч. ст. / Чуваш. гос. пед. ун-т; под ред. Г. Л. Драндрова. – Чебоксары, 2013. – Вып. 4. – С. 148–155.
2. Иванов, В. А. Проблема «чувства дистанции» в соревновательной деятельности спортсменов / В. А. Иванов, О. П. Кокоулина // Физическая культура, спорт, туризм: инновационные проекты и передовые практики: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию основания кафедры физического воспитания, Москва, 14–15 мая 2019 г. / РЭУ им. Г. В. Плеханова; под ред. Л. Б. Андрющенко, С. И. Филимоновой. – М., 2019. – С. 132–135.
3. Мягих, Е. Д. Анализ показателей психомоторных способностей и точности действий фехтовальщиков-саблистов 11 лет / Е. Д. Мягих, И. Ю. Горская // Физическая культура и спорт в жизни студенческой молодежи: материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конф., Омск, 06–07 апр. 2017 г. / Омский гос. техн. ун-т. – Омск, 2017. – С. 129–134.
4. Мягих, Е. Д. Эффективность применения методики развития точности действий и передвижений фехтовальщиков саблистов 11–12 лет / Е. Д. Мягих, И. Ю. Горская, Л. Т. Майорова // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2020. – № 5 (183). – С. 300–305.
5. Платонов, В. Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте: учеб. для студентов вузов физ. воспитания / В. Н. Платонов. – Киев: Олимпийская литература, 2004. – С. 328–349.
6. Ильин, Е. П. Психомоторная организация человека: учеб. для ВУЗов / Е. П. Ильин. – СПб.: Питер, 2003. – 384 с.
7. Рыжкова, Л. Г. Выбор тактической модели ведения боя в экстремальных условиях соревнований у фехтовальщиков высшей квалификации / Л. Г. Рыжкова // Экстремальная деятельность человека. – 2014. – № 2 (31). – С. 29–34.
8. Сурков, Е. Н. Психомоторика спортсмена / Е. Н. Сурков. – М.: Физкультура и спорт, 1984. – 126 с.
9. Тышлер, Г. Д. Теория и методика формирования техники и тактики передвижений спортсменов в соревновательном пространстве и технология совершенствования приемов в многолетней тренировке (на примере фехтования): автореф. дис. ... д-ра пед. наук / Г. Д. Тышлер. – М., 2010. – 46 с.
10. Тышлер, Г. Д. Объективные предпосылки формирования техники передвижений в виде фехтования / Г. Д. Тышлер // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2008. – № 10 (44). – С. 101–103.
11. Тышлер, Г. Д. Техника передвижений в многолетней практике мирового спортивного фехтования / Г. Д. Тышлер // Теория и практика физической культуры. – 2009. – № 1. – С. 49–50.

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ СПОСОБНОСТЕЙ

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

Теоретические основы скоростно-силовых способностей

Природа спорта такова, что от спортсменов, как правило, требуется проявлять свои двигательные навыки (прыжки, удары, выпады, метания и др.) с максимальной скоростью в заданном диапазоне движений, проявляя при этом достаточно высокий уровень силы. Высокоускоренное движение необходимо, чтобы совершить дальний удар по мячу, сильный и дальний бросок, опередить соперника на старте, прыгнуть выше и дальше, нанести удар или выпад спортивным оружием быстрее соперника. Следовательно, развитие скоростно-силовых качеств (иначе – мощности) является одной из основных целей общей и специальной физической подготовки во множестве видов спорта.

Для разработки оптимальных тренировочных протоколов и программ развития скоростно-силовых качеств тренеру важно знать базовые физические понятия и категории, связанные с мощностью, формулы, характеризующей взаимосвязь данной величины с временными и силовыми характеристиками спортивных движений. Значительно облегчить это понимание поможет графическое представление физических данных, в том числе, графики *сила – время*, *сила – скорость*.

Отметим, что в отношении скоростно-силовых качеств в профессиональном сообществе зачастую наблюдается не вполне корректное использование ряда терминов, включая «мощность», «сила», «взрывная сила» и др., поэтому для обеспечения эффективных коммуникаций и корректного обмена данными между тренерами-практиками и представителями иных дисциплин и профессий представляется важным прояснить эти понятия.

В настоящее время, наряду с термином «скоростно-силовые качества», все чаще используется более емкий (при этом сохраняющий научную строгость и корректность) термин «мощность», который является также общеупотребимым в зарубежной спортивной науке. Однако нельзя не отметить, что несмотря на его общеупотребимость, некорректное использование этой механической переменной часто вызывает обоснованную критику. «Мощность» часто используется как общая нейромышечная характеристика спортсмена, а не как вполне определенная физическая величина, – спортсмена часто называют «мощным», имея в виду его внушительный внешний вид, массу тела, биомеханику движений.

Механически **мощность** с точки зрения строгого физического определения – работа, совершаемая в единицу времени (или скорость совершения работы)¹, которую также можно рассчитать, умножив силу на скорость.

Может вызывать некоторое беспокойство и использование для описания скоростно-силовых движений такого термина как «взрывные», поскольку при этом движении «ничего не взрывается». Тем не менее «взрывной» – отличный тренерский термин, ярко и четко передающий ключевые аспекты того, чего практикующий специалист обычно желает добиться от спортсмена во время скоростно-силовой подготовки, – перемещать заданный вес (снаряд, тело) как можно быстрее. Поэтому, исходя из контекста, в котором используются термины, а также желаемого результата, тренеры должны четко дифференцировать их использование и не употреблять их ситуативно некорректным образом.

Кроме отдельных терминологических казусов, тренеры нередко демонстрируют непонимание сущности лежащих в основе скоростно-силовых качеств физических закономерностей. В частности, спортивными профессионалами не всегда понимается, а зачастую оспаривается тот факт, что взаимосвязь **импульс силы – импульс**² прекрасно описывает требования к «мощностным» движениям и в полной мере раскрывает следующие из данных требований направления физической подготовки.

Следуя логике физических законов, тренеры должны сосредоточиться на рассмотрении импульса силы, и, что более важно, его основных компонентов: чистой силы и времени (длительности) ее приложения [40]. Например, тренеры обычно рассчитывают скоростно-силовой профиль спортсмена на основе показателей его прыжков, в то время, как теорема об изменении количества движения и второй закон Ньютона³ используются крайне редко, хотя могут быть с успехом применены для расчета высоты прыжка (скорость прыжка является частным от импульса силы, деленного на массу тела, а высота прыжка впоследствии легко рассчитывается на основе скорости).

Наконец, импульс силы (в скоростно-силовых движениях обычно длящийся до 0,3 секунды) или площадь под кривой сила-время сопоставим со скоростью нарастания силы, поскольку, когда время ограничено, только выходная мощность может повлиять на результат обеих метрик. Однако, хотя и импульс силы, и скорость нарастания силы включают силу и время, только импульс силы напрямую связан с изменением скорости тела.

Представляется небезынтересным обсудить, почему тренеры обычно предпочитают не говорить об импульсе силы, а вместо этого концентрируются на

¹ **Мощность** определяется как работа, выполненная в единицу времени $N=A/t$, работа равна силе, умноженной на путь $A=FS$, подставив FS в исходную формулу, получаем $N=FS/t$, при этом путь за время равен скорости $S/t=V$, следовательно, мощность можно также определить как произведение силы на скорость $N=FV$.

² **Импульс (momentum)** тела равен произведению массы этого тела на его скорость, **импульс силы (impulse)** равен произведению силы на время ее действия.

³ **Второй закон Ньютона** – в инерциальных системах отсчета ускорение, приобретаемое материальной точкой, прямо пропорционально вызывающей его силе, совпадает с ней по направлению и обратно пропорционально массе материальной точки.

проявлениях мощности и скорости нарастания силы, используя такие термины, как «взрывная сила». Возможно, ответы кроются в том, как эти термины доносятся до спортсменов, а также в том влиянии, которое тренерские указания оказывают на обучение спортсменов [39]. Например, вместо того, чтобы просить спортсмена «взорваться», что весьма ясно и однозначно, просить его быть «максимально импульсивным» точно не будет лучшим вариантом донесения информации, так как словосочетание «импульсивный спортсмен» явно имеет иную коннотацию. Более того, указание спортсмену «как можно быстрее тянуть или толкать штангу», с тем, чтобы оценить скорость нарастания силы, по-видимому, вполне эффективно передает направленность и содержание теста. Более «научно корректное» указание «максимизировать площадь под кривой «сила – время», вряд ли найдет такой же отклик у подопечного.

Очевидно, что наше намерение состоит не в том, чтобы препятствовать использованию традиционных тренерских терминов, а в том, чтобы подчеркнуть тот факт, что, как и многие иные понятия, они имеют различные интерпретации (формальное физическое определение, и практическое определение, ориентированное на спортивно-педагогический процесс). Таким образом, только контекст определяет корректность их применения. Сказать спортсмену, что вы хотите, чтобы он «взорвался» во время движения, допустимо, но такую терминологию не следует использовать в научной литературе, за исключением случаев, когда описываются инструкции, непосредственно данные спортсменам, но при проведении научного анализа важно отказаться от разговорных терминов в пользу физических.

Кривая «сила – время»

Проанализируем кривую «сила – время» (рисунок 1), которая показывает, что максимальная сила не нарастает мгновенно, так в становой тяге требуется около 2,5 секунды для проявления максимального усилия [14, 24].

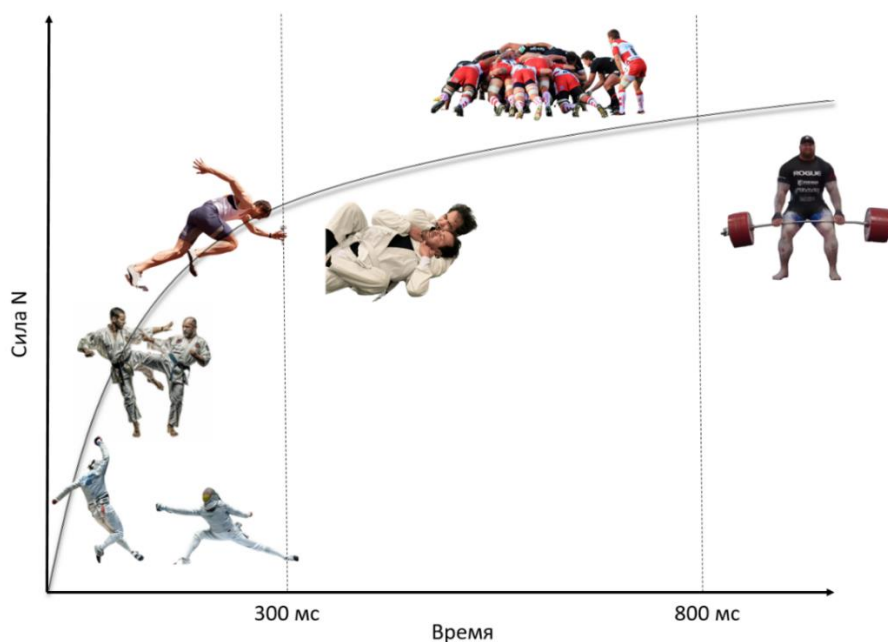


Рисунок 1. – Кривая «сила – время»

Однако большинство спортивных движений происходят в течение менее чем 0,3 секунды [2], и поэтому спортсмены вынуждены действовать в рамках этих ограничений. Следствием этого является то, что в отношении двигательных навыков, которые существенно ограничены временем и / или расстоянием, на протяжении которого имеется возможность развивать силу, наиболее «сильные» спортсмены (проявляющие максимальную силу в тестах с одним повторным максимумом) не обязательно имеют преимущество, – им скорее обладают атлеты, способные проявить максимальную силу в рамках этих ограничений (имеющие высокие показатели скорости нарастания силы, следствием чего является способность к высоким ускорениям).

На рисунке 2 изображены кривые «сила – время» двух гипотетических спортсменов, каждый из которых может быть признан более подготовленным в зависимости от требований к ключевому двигательному действию. Спортсмен А превосходит своего оппонента по максимальной силе, однако в отношении спортивных движений, ограниченных 300 мс, очевидным преимуществом будет обладать спортсмен Б.

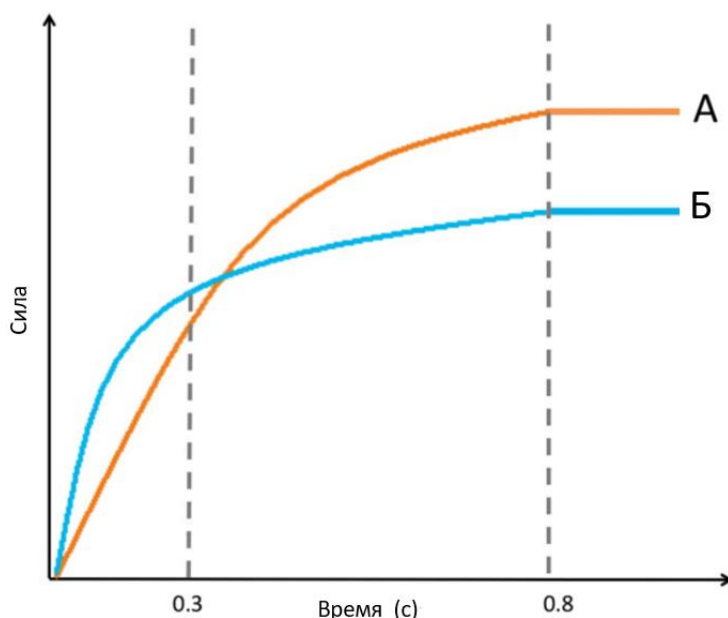


Рисунок 2. – Кривые «сила – время» для двух спортсменов с различными параметрами нарастания силы во времени

Спортсмен А имел бы преимущество в двигательных задачах, не ограниченных по времени (например, в жиме лежа), тогда как спортсмен Б превзошел бы своего оппонента в метаниях, прыжках, выпадах, стартовых ускорениях и других движениях с жестким лимитом времени. Например, спортсмен Б явно продемонстрировал бы более сильный боксерский удар, учитывая то, что его время составляет около 0,05–0,25 секунды [1], тогда как спортсмен А легко превзошел бы его в ситуациях борьбы в партере, где наиболее эффективны захваты и удержания, для которых время не ограничено 0,3 с. Учитывая разные профили силы и времени, фокус тренировок для каждого спортсмена также будет различаться в зависимости от решаемых тактико-технических задач.

Импульс силы и скорость нарастания силы

На рисунках 1 и 2 описывается способность спортсмена быстро наращивать силу, или проявлять «взрывную силу» (термин при общении со спортсменами). Учитывая значимость начальной части кривой «сила – время», до момента времени, который считается соответствующим конкретному спортивному движению (например, 0,25 или 0,30 секунды), желательно рассчитать чистый импульс силы и скорость нарастания силы для обозначенных промежутков времени.

Например, чтобы рассчитать импульс силы во время изометрической становой тяги, нужно вычислить изменение силы, приложенной к силовой платформе спортсменом до интересующего момента времени, а затем умножить это изменение (градиент) на время, в течение которого оно происходило. Скорость нарастания силы рассчитывается ровно наоборот – как изменение силы, деленное на время ее нарастания. Если использовать пример изометрической становой тяги, это будет означать запись силы с тензоплатформы, генерируемой до интересующего момента времени, а затем деление ее на время. Импульс силы выдает значение в ньютон-секундах, тогда как скорость нарастания силы – в ньютонах за секунду.

Тонкие различия между ними можно увидеть на рисунке 3, где видно, что их расчеты (т. е. площадь под кривой в сравнении с линейно возрастающей силой между обозначенными моментами времени) могут привести к несколько разным, хотя и сильно коррелированным, результатам.

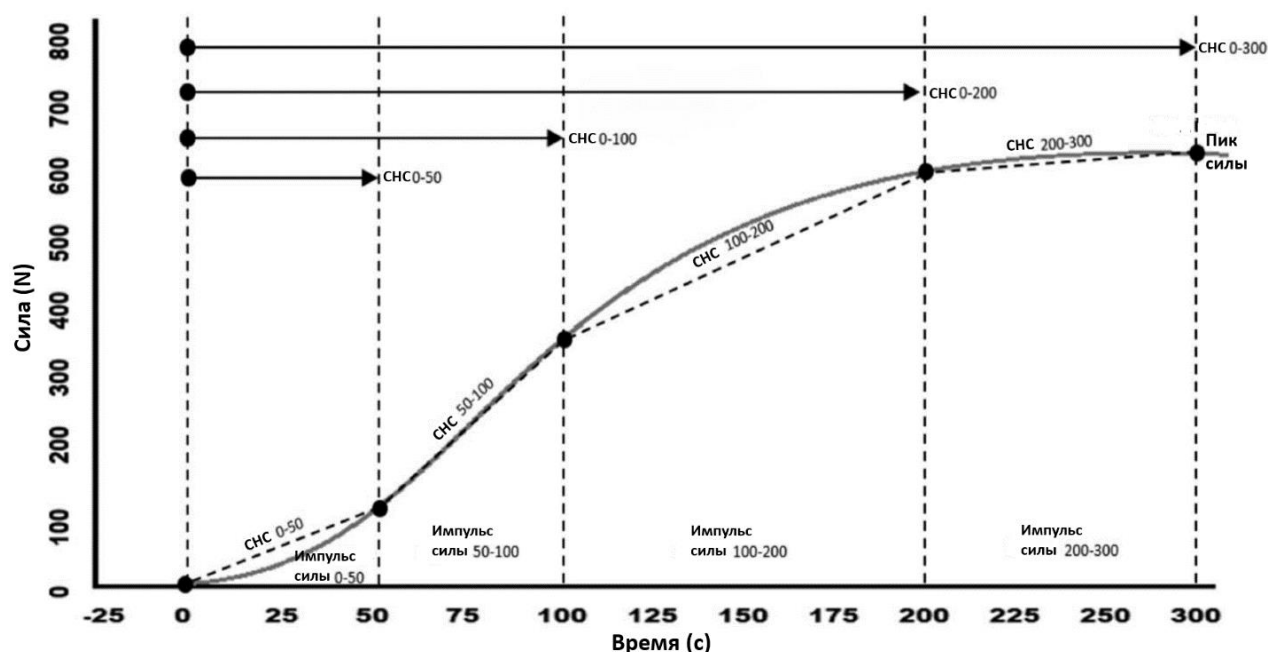


Рисунок 3. – График скорости нарастания силы (СНС) и импульса силы

Отметим, что с помощью данного графика, а именно деления чистого импульса на вес спортсмена можно косвенно оценить его скоростные способности в движениях с собственным весом (потенциал ускорения при выполнении динамической задачи), несмотря на то, что в данном случае спортсмен был ограничен изометрической двигательной задачей. Дело в том, что полученные

данные указывают на то, насколько быстро мог бы двигаться спортсмен, если бы он отпустил штангу в интересующий момент времени, – чем больший импульс был приложен во время выполнения такого рода задач, тем выше скорость. Теоретически, скорость нарастания силы и импульс силы на заданной фазе движения количественно отражают сходные характеристики, а именно – способность проявлять силу в течение заданных периодов времени (поскольку время ограничено данной фазой движения, и скорость нарастания силы и импульс силы зависят только от силы). Однако так как импульс силы прямо пропорционален изменению импульса, и обычно это отражается в изменении скорости (ускорении) тела постоянной массы (спортсмена, снаряда или системы спортсмен-снаряд), он может дать более полную картину способности спортсмена проявлять силу в течение определенных периодов времени. Кроме того, это также дает информацию об ускорении в заданных стартовых точках, что непосредственно определяет результат.

Также важно учитывать ошибку, связанную с использованием различных переменных, таких как скорость нарастания силы и импульс силы. Проблемы, присущие обоим параметрам, включают определение начала действия силы и факторов, связанных с выборкой, фильтрацией и сглаживанием необработанных данных [9], при этом процесс вычисления каждой метрики также влияет на ошибку, однако потенциально бóльшая ошибка характерна для скорости нарастания силы.

При ее расчете сила, определенная в заданный момент времени, делится на время (например, 0,25 секунды). Следовательно, любая ошибка в идентификации этого довольно короткого момента времени усиливается. Например, если нарастание силы равно 1000 N, то скорость нарастания равна $1000/0,25=1000 \times 4$, таким образом, любая ошибка, в этом случае будет умножена на 4. При этом импульс силы рассчитывается как площадь под кривой, поэтому «шум» существенно подавляется. Например, если сила была приложена в течение 0,25 секунды, импульс силы будет равен интегралу силы, умноженному на 0,25. Таким образом, ошибка, содержащаяся в расчете силы подобным образом, делится на 4, а не умножается на 4 как в прошлом примере (то есть потенциальная ошибка уменьшается в 16 раз!). Эти расчеты подчеркивают разницу в ошибке, возникающей при использовании дифференцирования (оценивается скорость изменения кривой) и интегрирования (суммирует небольшие дискретные области под кривой для расчета общей площади) на основе математических вычислений: первый обычно увеличивает ошибку, тогда как второй уменьшает ее.

Тем не менее все больше исследований показывают приемлемую надежность скорости нарастания силы и ее тесную связь со спортивной результативностью. Для получения дополнительной информации об этом обратимся к исследованию Haff et al. и расчетам, на основе простого вычисления силы в определенные моменты времени (например, 0,1 секунды или любой другой период, который лучше всего соответствует базовому спортивному двигательному навыку). В подтверждение этого утверждения метод прямой силовой

идентификации в определенные моменты времени показал хороший уровень надежности (коэффициенты внутриклассовой корреляции = 0,95–1,00 и 0,921–0,968) с низким уровнем вариации (CV 5 2,3–2,7 % и 6,2–8,0 %) [13].

Мощность, импульс силы и теорема о кинетической энергии системы⁴

В контексте одного из наиболее «классических» скоростно-силовых движений – прыжков, теоретически существует прямая причинно-следственная связь между *работой*, совершаемой над центром масс системы, и высотой прыжка (теорема о кинетической энергии системы). Аналогичным образом теоретически существует прямая причинно-следственная связь между *импульсом силы*, приложенным к системе центра массы, и высотой прыжка (теорема об изменении количества движения). Изменения *импульса* центра массы системы происходят из-за чистого *импульса силы*, приложенного к системе, который зависит от времени, в течение которого сила прикладывается. И наоборот, кинетическая энергия системы изменяется, когда над системой совершается работа, которая зависит от смещения, в течение которого приложена результирующая сила. Увеличение выполняемой работы и приложенного импульса силы приведет к росту высоты прыжка.

Поэтому, поскольку взаимосвязь «импульс силы – импульс» хорошо принята в литературе, проясним причинно-следственные связи теоремы о кинетической энергии системы.

Сохраняя контекст прыжка, теорема о кинетической энергии системы утверждает, что чистая работа, совершаемая объектом, равна изменению кинетической энергии и записывается как:

$$W = \Delta KE, \text{ а учитывая, что } KE = 0, F \times s = 1/2 \times m \times v^2.$$

Важно отметить, что эту теорему можно расширить, включив в нее другие формы энергии, но для краткости она ограничена лишь кинетической энергией. Под действием чистой силы система ускоряется по мере совершения над ней работы. Учитывая, что смещение, при котором происходит фаза движения в прыжке, ограничено анатомией человека (т. е. длиной ноги), бóльшая работа (на которую теперь влияет только приложенная сила), выполняемая системой, приводит к более короткой продолжительности фазы движения, поскольку фаза отталкивания выполняется с большей средней скоростью (т. е. изменение скорости, деленное на время, при этом смещение в этом примере ограничено). Следовательно, средняя выходная мощность, которая представляет собой интенсивность выполнения работы на этапе движения в прыжке, растёт вместе с ростом работы, при условии, что перемещение ограничено и оптимизировано. По сути, чем больше выполненная работа, тем выше выходная мощность и высота прыжка. В данном сценарии выходная мощность имеет прямую причинно-следственную связь с результативностью, в рассматриваемом случае, с высотой прыжка. Таким образом, для выпрыгиваний из приседа, в которых угловые перемещения не меняются (например, при угле в коленном суставе

⁴ Теорема о кинетической энергии системы гласит, что изменение кинетической энергии системы равно работе всех внутренних и внешних сил, действующих на тела системы

в 90 градусов), повышение высоты прыжка всегда будет сопровождаться повышением мощности.

Рассмотрим сценарий, в котором измеряется высота прыжка при прогрессивных нагрузках, начиная от чистой массы тела до массы тела + 30 кг, массы тела + 50 кг и массы тела + 80 кг. В этом сценарии изменение (уменьшение) высоты прыжка больше не будет идеально соответствовать изменениям мощности, причем причины этого в некоторой степени объясняют, почему высота прыжка в последнее время потеряла популярность у спортивных специалистов, которые вместо этого рассматривают процесс (т. е. стратегию прыжка) как гораздо более качественный показатель производительности, чем собственно результат (высота прыжка). Как ни странно, по мере роста нагрузки во время прыжка изменяется его стратегия, которая призвана компенсировать возрастающую нагрузку. Так, при более тяжелых нагрузках спортсмены могут выполнять более сильное «подседание» или «противодвижение», при котором они значительно снижают центр массы тела, тем самым повышая расстояние, (следовательно, и работу) и время, в течение которого можно прилагать силу с тем, чтобы преодолеть постепенно растущую массу системы. В этих условиях, когда движущее смещение растет вместе с нагрузкой и, следовательно, различается в зависимости от отягощающих условий, связь между мощностью и высотой прыжка ослабевает. Добавим к этому тот факт, что высота прыжка определяется скоростью при взлете, поэтому, если расстояние повышается, а учитывая то, что скорость равна расстоянию, разделенному на время, скорость «отрыва» будет постоянно уменьшаться по мере роста массы системы. Таким образом, несоответствие между высотой прыжка и мощностью является следствием того, что мощность является интегрированным «продуктом» силы и скорости, и в этом примере сила потенциально компенсирует уменьшение скорости, тем самым уменьшая потерю выходной мощности. Но если ограничить угловое смещение, то есть, если противодвижение будет контролироваться, или если спортсмены выполняют прыжок с заданного угла в коленном суставе при различной величине нагрузки, высота прыжка и мощность снова будут очень высоко коррелированы. Однако при этом следует помнить, что данная мера может снизить «экологическую достоверность» теста, поэтому данное решение является компромиссом, который следует учитывать при ограничении углового смещения, и что необходимо для корректного определения мощности по высоте прыжка.

Обратимся к другой важной проблемной области в этом контексте, сосредоточившись на вопросе, должны ли тренеры говорить об импульсе силы (или работе), а не о мощности при тестировании спортсменов, и если это так, должны ли они использовать тренировочные нагрузки, которые максимизируют импульс силы отталкивания, а не те, которые направлены на рост выходной мощности?

Ответ на этот вопрос продемонстрирован в исследовании Mundy et al. [29], которые произвели измерение спортсменов, выполняющих серию прыжков с прогрессивной нагрузкой. Их исследование показало, что чистый

импульс силы во время прыжка из приседа постоянно повышался от ненагруженного состояния до состояния с нагрузкой 75 % массы тела, после чего он начал снижаться до тех пор, пока спортсмен не был способен к прыжку (100 % массы тела).

Эти результаты можно объяснить тем, что по мере повышения веса штанги (а, следовательно, массы системы) изменение скорости падает (в начале фазы движения скорость равна нулю). Однако во всех нагруженных условиях снижение средней скорости не было пропорционально увеличению массы системы (13, 25, 34 и 44 % против 25, 50, 75 и 100 % соответственно). Проще говоря, масса растет больше, чем падает скорость, следовательно, импульс силы продолжает расти.

Таким образом, хотя и заманчиво предположить, что следует пропагандировать прыжковые тренировки с весом штанги, равной 75 % массы тела (данную гипотезу еще предстоит верифицировать), необходимо отметить, что максимальный импульс силы, достигаемый при этой нагрузке, является следствием повышения массы, полученной за счет скорости и времени движения (в данном примере – увеличенной продолжительности фазы отталкивания). Возможно, в том или ином виде спорта специфика требует, чтобы изменения в диапазоне движений (или перемещений) выполнялись с высокой скоростью и в рамках жестких временных ограничений, поэтому подобный тренировочный протокол может не вполне оптимально отражаться на спортивной результативности. Возможно, мощность стала столь популярной переменной, поскольку ее значение, по крайней мере в условиях умеренных скоростей, соответствующих требованиям множества спортивных движений, весьма информативно. Поэтому, когда фиксируется лишь одна переменная, мощность является эффективным предиктором результативности, особенно при учете спортивной специфики, и принимая во внимание то, что сила и скорость имеют обратно пропорциональную зависимость.

Подводя итог, важно отметить, что импульс силы можно максимизировать либо за счет повышения величины приложенной чистой силы, либо за счет продолжительности ее приложения (причем последнее вызывает уменьшение скорости, если не увеличивается диапазон движения).

На рисунке 4 показаны две диаграммы «силы – времени» и «скорости – времени» для двух прыжков на противодвижении, выполненных одним и тем же спортсменом.

Высота прыжка и, следовательно, чистый импульс силы одинаковы в обоих упражнениях, но стратегия, используемая для достижения каждого из них, различна. В одном испытании (черная линия) чистый тормозной импульс силы характеризовался большей приложенной силой и более коротким временем (является желаемым показателем для данного вида спортивного движения), тогда как в испытании 2 (серая линия) наблюдается обратное [28]. Работу можно максимизировать либо за счет повышения приложенной силы, либо за счет «смещения» – повышения времени и расстояния, при котором происходит приложение силы.

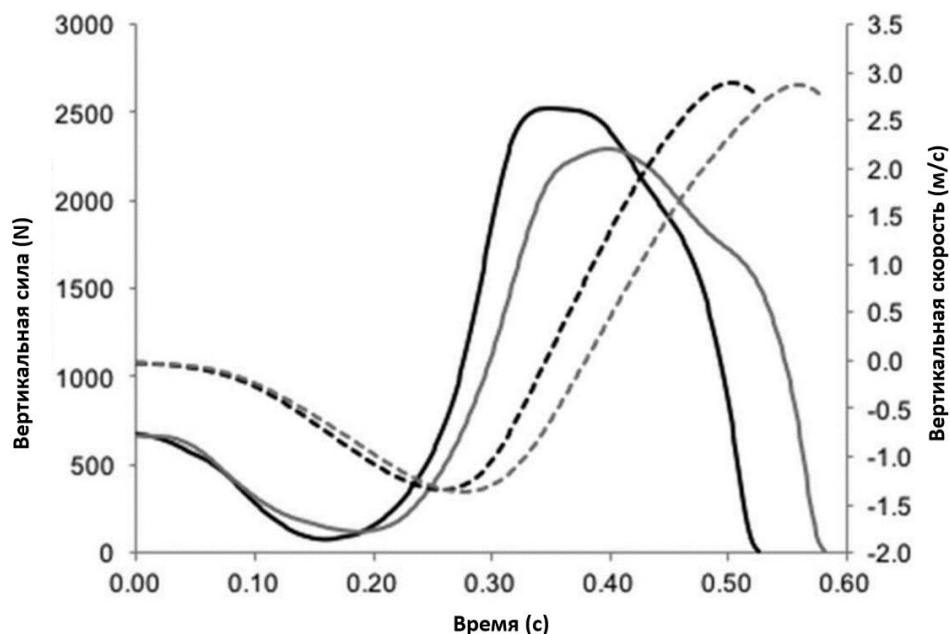


Рисунок 4. – Диаграммы «силы – времени» и «скорости – времени» для двух прыжков вверх на противодвижении, выполненных одним и тем же спортсменом с использованием различных стратегий при равных показателях импульса силы и равной высоте прыжка

Если обратиться к рисунку 5, спортсмен (тот же спортсмен, о котором говорилось выше) выполнил идентичную механическую работу, но за счет большей приложенной силы и более короткого линейного перемещения в испытании 1 (черные линии) по сравнению с испытанием 2 (серые линии).

Учитывая ограничения по времени и диапазону движения в большинстве видов спортивной деятельности, выбор стратегии, которая увеличивает импульс или работу за счет повышения времени или диапазона перемещения, может быть не самым оптимальным решением. Однако это утверждение находится в сильной зависимости от специфики спортивной деятельности, при этом можно утверждать, что в случаях, когда это возможно (время и расстояние не лимитировано), следует использовать именно данную стратегию, хотя бы по той причине, что она создает меньшие величины нагрузки на опорно-двигательный аппарат, а следовательно, меньший риск травматизации, что, в частности, может быть использовано в период восстановления после травм.

В ряде видов спорта, в том числе фехтовании, боксе, где к скоростным характеристикам движений предъявляются наиболее высокие требования в силу их тактического значения (высокая скорость и минимальная дистанция ускорения делает движение наименее заметным для соперника), разумеется, следует использовать стратегию минимизации времени и расстояния за счет максимизации скоростно-силовых и скоростных параметров.

В общем случае, при оценке импульса силы необходимо принимать во внимание как то, сколько силы было приложено, так и то, сколько времени потребовалось для ее приложения. Поскольку у спортсменов можно улучшать обе переменные, данные по ним, представленные в дополнение к импульсу силы более информативны. То же самое можно делать и в отношении мощности, поскольку необходимо учитывать ее основные компоненты: силу, смещение

и время действия силы. Очевидно, что спортсмену, которому требуется слишком много времени для выполнения определенного движения (будь то тренировочное упражнение или спортивное действие), не хватает одной из сил или комбинации сил (например, взрывной силы) или технических способностей. Кривая «сила – время» должна измениться по мере улучшения этих компонентов; таким образом, можно рекомендовать анализировать фактическую траекторию действия силы.

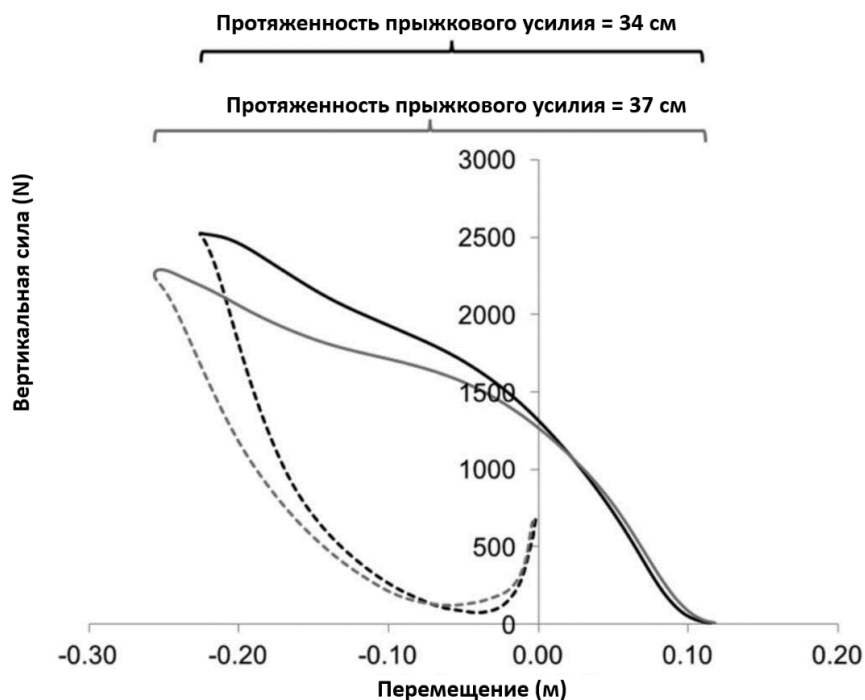


Рисунок 5. – Диаграммы перемещения и вертикальной силы для двух прыжков вверх на противодвижении, выполненных одним и тем же спортсменом при равных показателях импульса силы и равной высоте прыжка, но различающихся показателях протяженности усилия и характере приложенной силы

Мощность и кривая «силы – скорости»

Последней кривой, анализ которой необходимо привести для наиболее полного понимания проявления скоростно-силовых качеств в спорте, является кривая «сила – скорость» (рисунок 6), которую часто используют для определения тренировочных нагрузок, соответствующих максимальной выходной мощности (и оценки ее динамики с течением времени), а также для определения степени адаптации к тренировочным нагрузкам, ориентируясь на способность проявлять силу на высоких и низких скоростях. Необходимо отметить, что для целей тестирования и тренировки спортсменов соотношения силы и скорости, относятся к концентрической части движений (таких как прыжки, приседания, производные движений тяжелой атлетики), в отличие от эксцентрических.

Поскольку от спортсменов, как правило, требуется быть «взрывными» при поднятии тяжестей, скорость движения (тела или штанги) является результатом резистивной нагрузки, поскольку легкие нагрузки обеспечивают высокую скорость, тогда как тяжелые нагрузки вызывают замедление. Эти различия объясняют, почему в спорте обычно используется линейная зависимость

между силой и скоростью, а не параболическая, показанная для отдельных мышечных волокон.

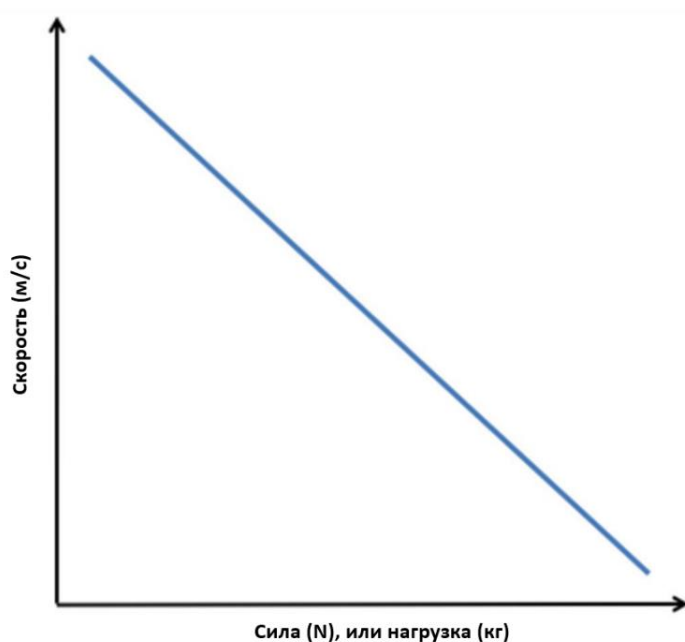


Рисунок 6. – Теоретическое изображение зависимости «сила – скорость»

Чтобы наиболее полно понять и использовать кривую «силы – скорости», следует сначала обратиться к количественному и, возможно, более «спортивному» определению мощности, то есть силы, умноженной на скорость, результирующей чего и является кривая «сила – скорость». Таким образом, логика подсказывает, что увеличение любой переменной (т. е. силы или скорости) приведет к увеличению мощности, если другая переменная останется постоянной. Рисунок 6 показывает, что высокие показатели силы наблюдаются при низких скоростях, тогда как высокие скорости связаны с низкими проявлениями силы. Таким образом, между ними существует обратная зависимость. Теоретически, наиболее высокие значения мощности достигаются при достижении оптимального компромисса между ними (это зависит от характера тренировочных воздействий, особенностей конкретного спортсмена и метода измерения). Такого рода понимание предполагает, что расположение спортивного движения на кривой «силы – скорости» будет зависеть от массы перемещаемого объекта, поскольку спортивные задачи, как правило, требуют, чтобы движение выполнялось как можно быстрее в пределах заданного диапазона. Например, борцовский захват требует больших усилий по сравнению с теми, которые необходимы для выпада фехтовальщика, следовательно, данные спортивные движения находятся на противоположных концах кривой «сила – скорость» (рисунок 7). Поскольку большинство видов спорта требуют разнообразных двигательных навыков, охватывающих всю кривую «сила – скорость», считается разумным обеспечить охват тренировочными программами всех проявлений скоростно-силовых качеств, релевантных тому или иному виду спортивной деятельности. Это достигается за счет изменения модальности упражнений и/или характера тренировочной нагрузки, о чем будет сказано далее.

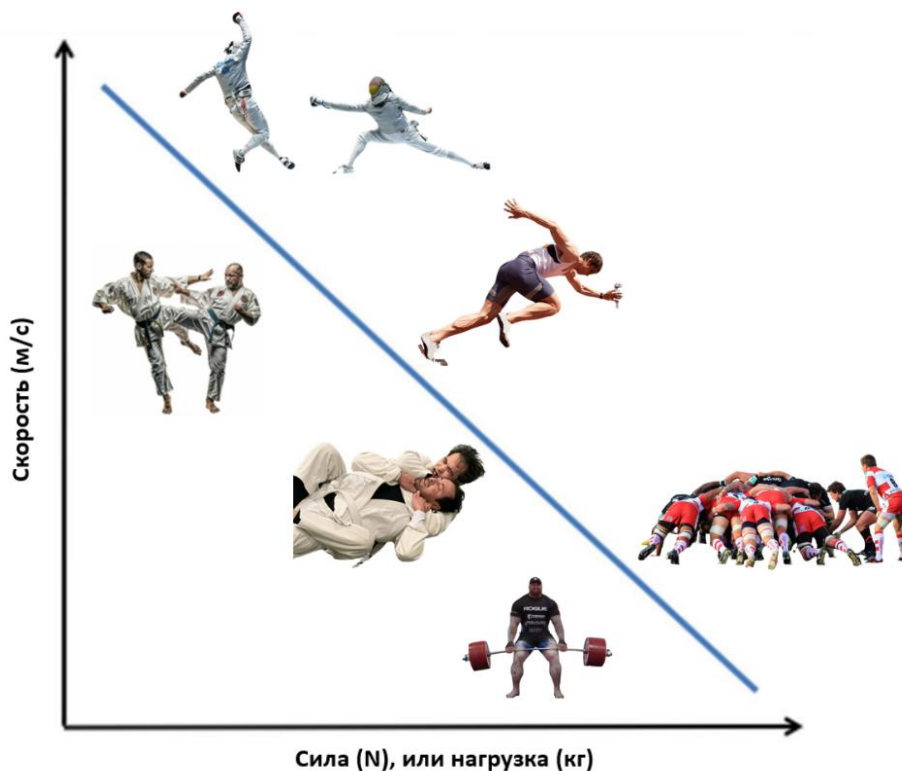


Рисунок 7. – Виды спортивных движений на кривой «сила – скорость»

Когда речь идет об измерении и оценке мощности, некоторые исследователи ориентируются на мгновенную пиковую мощность, а не среднюю мощность (которая до сих пор была в центре внимания), однако это является проблемой скорее академического, а не практического характера. Например, Mundy et al. [29] обнаружили, что для вертикального прыжка на противодвижении большинство различий между участниками по показателям пиковой мощности были весьма незначительными. Также следует отметить, что эта переменная (пиковая мощность) представляет собой временной период лишь в 1 мс (если данные собраны на частоте 1000 Гц), что соответствует 1 % всей фазы движения. С физической точки зрения, средняя мощность может быть лучшим косвенным показателем производительности. В отличие от пиковой мгновенной мощности, средняя мощность обычно достигается при одинаковой нагрузке для всех спортсменов (в вертикальном прыжке нагрузка обычно соответствует массе тела) [35].

Поскольку внутрииндивидуальные вариации не могут объяснить снижение средней мощности при увеличении нагрузки, Mundy et al. [29] объяснили это на системном уровне, используя механическую теорию.

Так, по мере увеличения внешней нагрузки механическая работа, необходимая для прыжка на ту же высоту, также должна увеличиваться. Поскольку смещение противодействия ограничено анатомией человека (при стремлении оптимально использовать цикл растяжения-сокращения), необходимо прикладывать больше силы. Однако человек не может компенсировать снижение средней скорости, вызванное дополнительными нагрузками (или, скорее, неспособностью справиться с ними, учитывая ограниченные возможности

генерации силы), что проявляется увеличением продолжительности фазы движения. Следовательно, наблюдаемое снижение мощности (напомним, что мощность равна работе за время) можно объяснить увеличением времени, необходимого для выполнения механической работы на анатомически ограниченной фазе движения.

Таким образом, все скоростно-силовые показатели, включая мощность, скорость нарастания силы и импульс силы, могут использоваться для эффективного мониторинга прогресса и определения оптимальной периодичности тренировочных воздействий. Однако при использовании импульса силы также важно фиксировать его динамику как в отношении силы, так и времени, и во всех случаях включать в отчеты информативные кривые «сила – время» и «сила – скорость». При этом, с точки зрения максимизации спортивных результатов, следует помнить, что цель, как правило, состоит в том, чтобы повысить силу (как на высоких, так и низких скоростях) и одновременно сократить продолжительность ее приложения.

При составлении отчета и оценке способности спортсмена быстро наращивать силу практикам и исследователям можно порекомендовать рассмотреть возможность простого определения силы в заданные моменты спортивного движения (например, 0,1–0,3 секунды). Это связано с тем, что если сила в определенный момент времени повышается, растет как импульс силы, так и скорость нарастания силы (если масса тела остается постоянной), кроме того, данный метод существенно снижает вероятность ошибки.

Наконец, специалистам-практикам при работе с научной литературой, а также при написании отчетов и статей о проведенных исследованиях, важно отказаться от разговорных терминов, обозначающих физические понятия, однако их использование в тренировочном процессе представляется вполне адекватным.

Методические аспекты развития скоростно-силовых способностей

Учитывая, что большинство спортивных действий происходят за менее чем 0,3 секунды, скорость нарастания силы может заменить пиковую силу в качестве косвенного показателя спортивных результатов в скоростно-силовых движениях. При этом разнообразие двигательных навыков, характерных для большинства видов спорта, требуют развития мощности (способности проявлять максимальную силу на высоких и низких скоростях) при различных нагрузках.

Ниже будет приведен анализ методов, позволяющих достичь данных целей, начав с рассмотрения методов совершенствования показателей скорости нарастания силы, продолжив развитием мощности и завершит обзор исследование влияния силовых тренировок на различные проявления скоростно-силовых качеств. При этом будет продемонстрирована взаимозависимость каждого из обсуждаемых методов тренировки, а также базисная, фундаментальная роль силовых упражнений в развитии мощности.

Скорость нарастания силы

Хотя силовые тренировки, как правило, нацелены на достижение максимальной силы (наивысшей точки, отмеченной на кривой «сила – время»

(рисунок 1), баллистические (метательные) упражнения рекомендуются для повышения скорости нарастания силы, то есть проявления максимальной силы уже в начале движения. Скорость нарастания силы, или взрывная сила, как ее называют многие тренеры и спортсмены, в значительной степени объясняется способностью повышать эфферентную нервную активность, особенно за счет высокой частоты срабатывания двигательных единиц [29]. Таким образом, скорость нарастания силы является функцией нервно-мышечной активации и отражает способность человека придавать ускорение телам (собственное тело, спортивные снаряды, системы «спортсмен-снаряд») [5, 38].

Учитывая вышесказанное, рассмотрим использование баллистических упражнений на примере влияния различных нагрузок на силовые и временные характеристики, демонстрируемые во время выполнения приседаний. Kubo и др. [25] исследовали приседания со штангой весом 12, 27, 42, 56, 71 и 85 % от повторного максимума и установили, что при всех нагрузках наблюдалась фаза замедления (и, следовательно, отрицательный импульс силы) при выходе из концентрической фазы движения, при этом относительная продолжительность этой фазы увеличивалась по мере уменьшения нагрузки, что затрудняет стимуляцию нервно-мышечной системы во всем диапазоне движений. Этой проблемы естественным образом можно избежать во время баллистической тренировки, когда отягощение можно ускорять во всем диапазоне движений.

Баллистические упражнения лучше всего можно описать как «взрывные» движения (быстрое ускорение, преодолевая сопротивление), в ходе которых рабочая масса (штанга и/или атлет) превращается в снаряд. Плиометрическая тренировка, метание набивного мяча, тяжелая атлетика и ее производные, возможно, лучше всего подходят для тренировки способности к скорости нарастания силы, поскольку помимо способности адаптироваться к специфике вида спорта такого рода движения способствуют наиболее полному ускорению, при этом торможение главным образом достигается за счет воздействия силы тяжести, а не за счет активации нервно-мышечной системы. Кроме того, тяжелая атлетика и ее производные обеспечивают одни из наиболее высоких показателей мощности среди всех видов физических упражнений [31]. Например, относительно низкие скорости, проявляемые в упражнениях по пауэрлифтингу, таких как становая тяга, создают мощность около 12 Вт на кг массы тела, в то время как производные тяжелоатлетических упражнений могут генерировать выходную мощность до 80 Вт на кг массы.

Для обзора относительной выходной мощности при выполнении упражнений можно обратиться к исследованию SuchomeI и Comfort [30]. Также стоит отметить, что вторая фаза тяги в тяжелой атлетике генерирует наибольшую силу вертикальной реакции опоры, скорость нарастания силы и выходную мощность [16]. Например, исследование Comfort et al. [8] обнаружило, что по характеристикам «сила-время» тяга в подъеме до середины бедра (т. е. взятие грифа на уровне колена и завершение без фазы фиксации на груди) дает более высокие значения по сравнению со значительно более амплитудным рывком штанги на грудь и даже силовым подъемом на грудь (рисунок 8).

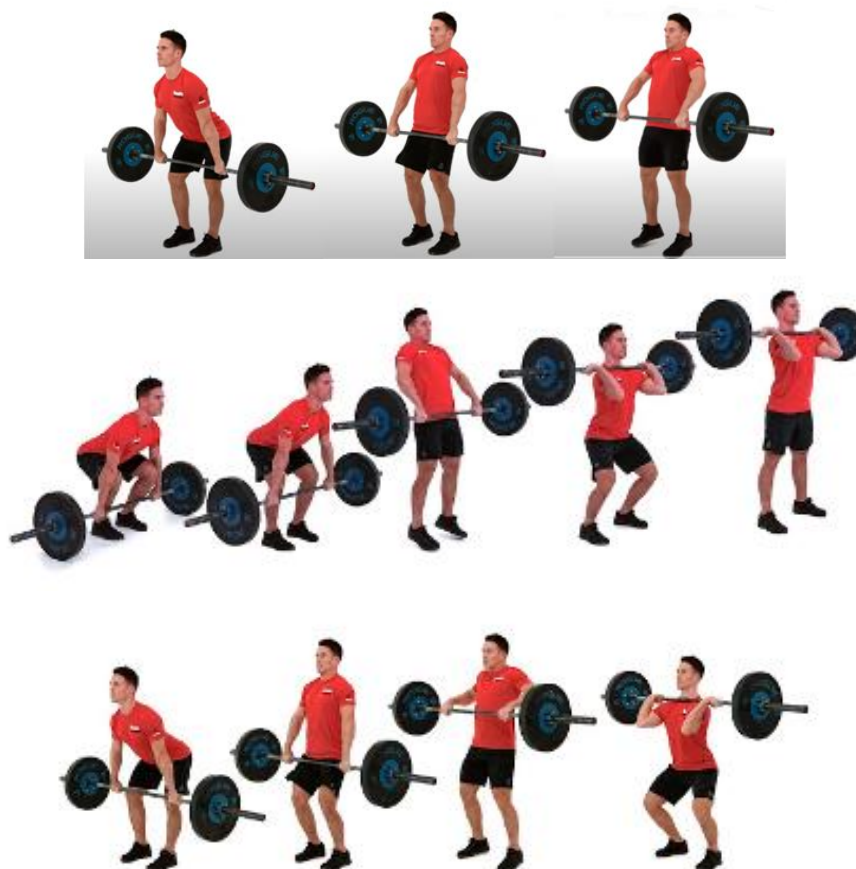


Рисунок 8. – а) тяга в подъеме от середины бедра, б) рывок штанги на грудь, в) силовой подъем на грудь

Однако этот вывод не удивителен, поскольку при выполнении варианта подъема на середину бедра смещение и, следовательно, доступное время проявления силы меньше, по сравнению с другими движениями. Таким образом, сила должна быть выше, чтобы создать импульс, необходимый для ускорения системы и обеспечения адекватного смещения. Тренеры по ОФП должны с облегчением воспринять эту информацию, поскольку спортсмены могут не освоить технически сложные полные версии упражнений из арсенала тяжелой атлетики. Кроме того, тот факт, что выполнение подъема осуществляется не с пола, означает, что можно избежать проблем, связанных с гибкостью спортсмена (например, ограниченного тыльного сгибания стопы). Suchomel et al. [33] также обнаружили, что прыжковые шраги (опять же инициированные с позиции выше колена через противодвижение) производят значительно большую пиковую силу, скорость и мощность, чем высокая тяга из приседа и взятие на грудь из виса во всех тестируемых нагрузках (30, 45, 65 и 80 % от 1 повторного максимума). Это также подтвердило другое исследование [32], причем различия между упражнениями объяснялись ограничениями конкретных задач. Например, авторы отмечают, что цель прыжкового шрага – подпрыгнуть как можно выше, тогда как цель взятия на грудь – поймать груз. Намерение поймать может привести к неполному тройному разгибанию (своеобразное «охранительное» замедление), особенно при значительных отягощениях.

В свою очередь, это может уменьшить скорость нарастания силы и потенциально, со временем привести к снижению тренировочного стимула. Более того, поскольку цель прыжкового шрага состоит в том, чтобы подпрыгнуть как можно выше, он, естественно, требует ускорения на протяжении почти всего движения, что приводит к более высоким силовым и скоростным характеристикам [25].

Однако и без эмпирической проверки, это можно объяснить с помощью второго закона Ньютона. То есть эта потребность прыгнуть (в отличие от того, чтобы подсесть под гриф и поймать штангу) требует большего чистого импульса силы, что, в сочетании с дальнейшим уменьшением смещения снаряда (и, следовательно, времени движения), предъявляет более высокие требования к скорости приложения силы и, следовательно, скорости ее нарастания. В таблице 1 указаны некоторые баллистические упражнения, которые, исходя из приведенной выше информации, должны составить основу скоростно-силовой тренировки.

Таблица 1 – Примеры баллистических упражнений, направленных на повышение взрывной силы

Упражнения	Методические указания
Пасы медицинбола от груди, удары, броски через голову, броски с вращением	Важно отметить, что эти упражнения предназначены для ног, поэтому, если спортсмен не нагружается встречным движением или не поощряется к прыжку при отпуске медицинбола, он тяготеет к загрузке верхней части тела
Тяжелоатлетические упражнения и их разновидности	Хотя вся тяжелая атлетика является отличным ресурсом развития мощности, новичкам более всего полезны тяги выше колена до середины бедра. Подъемы выше колена устраняют проблемы, связанные с подвижностью, так как многие из них не могут принять положение глубокого приседа. Лучшим (и самым простым) упражнением могут быть шраги в прыжке, которое также обеспечивает полное разгибание
Приседания с нагрузкой	Это упражнение создает большую ударную нагрузку в нижней фазе, поэтому спортсмен должен прогрессировать постепенно. Возможно, без использования электромагнитного тормозного устройства лучше порекомендовать прыжковые шраги и прыжки с шестигранным баром.
Медленная и быстрая плиометрика	Доступно множество упражнений: прыжки на ящик, приземление с ящика и прыжки после спрыгивания, включая несколько прыжков в разных направлениях
Броски медицинбола сидя (аналогично приведенному выше)	Как и в упражнениях с медицинболом, описанных выше, однако в положении сидя все усилия направляются на верхнюю часть тела
Жим лежа с выбрасыванием	Это хороший способ выполнения баллистического подъема для верхней части тела с очень тяжелым грузом (можно использовать и более легкие веса), которые недоступны с медицинболом. Если вес невозможно «бросить», рассмотрите возможность использования лент и цепей, чтобы обеспечить полное ускорение во время подъема

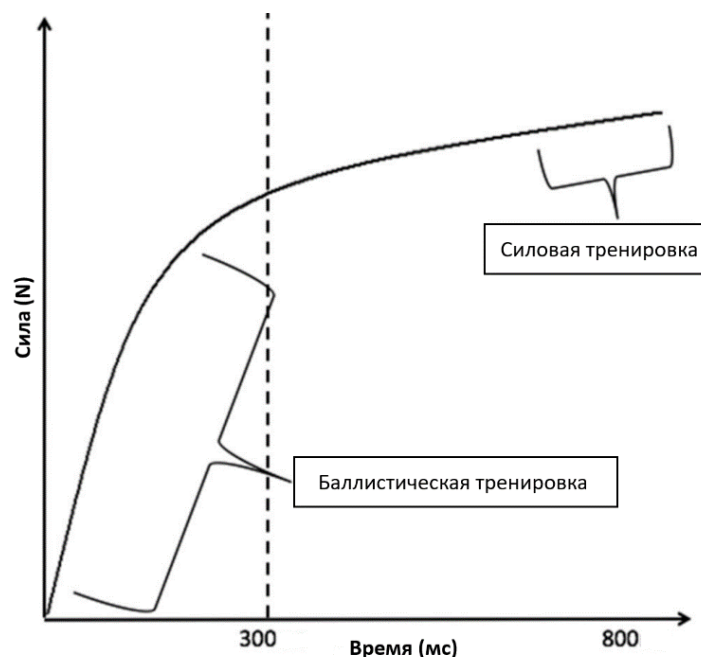


Рисунок 9. – Баллистическая и силовая тренировка на кривой «сила – время»

Мощность и кривая «сила – скорость»

Ранее уже было отмечено, что скорость, с которой можно перемещать тело, определяется его массой и что при подъеме с целью максимизации выходной мощности намерением всегда должно быть приложение наибольшей и максимально «быстрой» силы (таким образом обеспечивая наивысшее рекрутирование нейронов) [2]. Это объясняется тем, что до тех пор, пока максимизируется выходная сила, можно повысить импульс силы в течение заданного периода времени, что, в свою очередь, повышает скорость. Кроме того, было отмечено, что в большинстве видов спорта используются различные двигательные навыки, которые охватывают всю кривую «сила – скорость», и поэтому считается разумным обеспечить, чтобы тренировочные программы системно охватывали необходимые аспекты скоростно-силовой подготовки. В основном эта цель достигается за счет управления тренировочной нагрузкой, результатом чего является различная скорость движений. Более того, важность использования нескольких нагрузок (а, следовательно, скоростей) подтверждается исследованиями, демонстрирующими, что нервно-мышечная адаптация в существенной мере зависит от скорости тренировочных движений [22, 23, 27]. В частности, было показано, что силовая тренировка преимущественно смещает область высокой силы кривой сила-скорость вправо (рисунок 10А), в то время как тренировка, направленная на максимизацию скорости, преимущественно смещает вправо область кривой с высокой скоростью (рисунок 10Б) [15].

Тренировка с максимальной выходной мощностью преимущественно влияет на кривую в области, которая более всего соответствует используемому упражнению (рисунок 10В).

Эти результаты объясняют, почему обычно рекомендуется использовать смешанный подход к тренировкам, при котором сила и мощность развиваются одновременно, но во время определенного тренировочного блока уделяется

больше внимания тому или иному компоненту [14, 18, 36]. Более того, использование нескольких различных упражнений (а не только различных нагрузок в одном упражнении) может быть весьма полезным инструментом, поскольку кинематика некоторых упражнений может лучше соответствовать специфическим спортивным нагрузкам. Например, производные упражнений из тяжелой атлетики, основанные на тягах, позволяют использовать нагрузки, превышающие 1 повторный максимум спортсмена на подъеме (поскольку атлет больше не скован необходимостью ловить штангу) и, таким образом, можно дополнительно акцентировать область высоких усилий на кривой «сила – скорость» выше производных, основанных на необходимости ловли снаряда. Аналогичным образом прыжковые шраги позволяют использовать более легкие веса, чем те, которые рекомендованы во время вариаций упражнений из арсенала тяжелой атлетики, основанных на ловле грифа (учитывая, что при попытке ловли, техника может быть нарушена, как в случае, если нагрузка слишком велика, так и мала) и некоторых вариациях тяги (поскольку штанга может либо быстро ускориться к подбородку, либо пойти по слишком высокой траектории). Это позволяют дополнительно акцентировать внимание на высокоскоростной области кривой «сила – скорость». Suchomel и Comfort показывают, как лучше всего сочетать спектр нагрузок с упражнениями для поддержки силовых тренировок, строя теоретическую кривую сила-скорость относительно производных тяжелой атлетики [30].

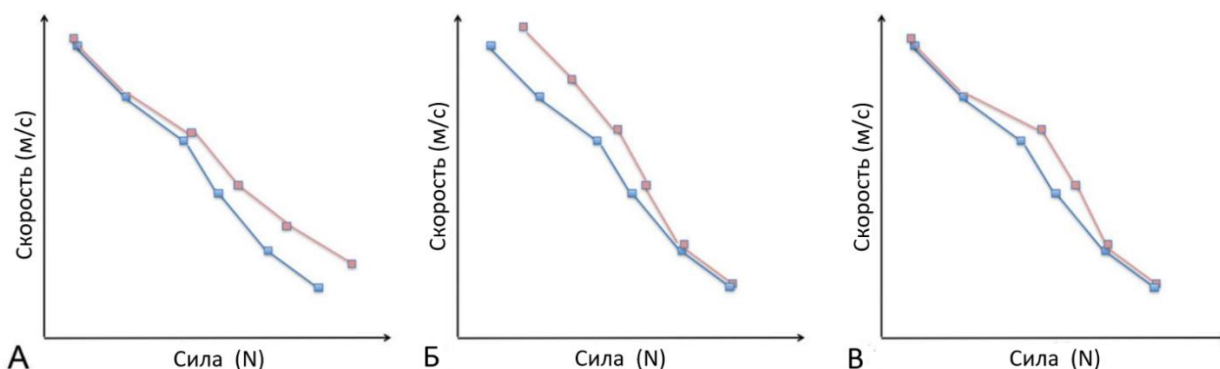


Рисунок 10. – Смещение кривой сила-скорость в зависимости от типа тренировочных нагрузок

«Скорость – сила» и зоны скорости

В сообществе спортивных специалистов скорость и сила часто рассматриваются как синонимы скорости и силы соответственно, поэтому мощность часто называют «скоростной силой» (speed-strength). Более того, по Верхошанскому, можно провести различие между «скоростной силой» и «силовой скоростью» [37], предполагая, что это отдельные физические качества, относящиеся к определенным областям кривой, и что они являются важным дифференциатором при разработке программ физической подготовки. Скоростная сила может быть определена как способность быстро выполнить движение при сравнительно небольшой внешней нагрузке и оценивается по скорости движения. «Сила – скорость», напротив, должна рассматриваться как способность быстро выполнять движение при относительно большой внешней нагрузке

и преимущественно оценивается с точки зрения перемещаемой массы. Эти термины предназначены для обозначения постепенного смещения тренировочного акцента с силы (низкая скорость) на скорость (высокая скорость) по мере того, как спортсмен движется по кривой «сила – скорость», обеспечивая полный охват кривой. Этого можно достичь за счет соответствующего выбора упражнений и постепенного снижения нагрузки (в % от 1 повторного максимума) по мере смещения акцента с силы, силы-скорости, скорости-силы и, наконец, на скорость (таблица 2).

Таблица 2 – Примеры упражнений на основании акцента на различные стороны скоростно-силовых способностей

Примеры упражнений на основании акцента на различные стороны скоростно-силовых способностей			
Сила	Сила – скорость	Скорость – сила	Скорость
Жим лежа (0,10–0,4 м/с)	Бросок из жима лежа	Плиометрические отжимания	Метание медицинбола от груди сидя (>1,5 м/с)
Приседание (0,23–0,6 м/с)	Прыжковые шраги (>1,0 м/с) Приседания с выпрыгиванием (отягощение 40 % от массы тела)	Запрыгивание на платформу Приседания с выпрыгиванием (отягощение 20 % от массы тела)	Бросок медицинбола (>1,5 м/с) Приседания с выпрыгиванием без отягощения (>2,0 м/с)
Становая тяга	Взятие штанги на грудь (>1,2 м/с)	Рывок штанги (>1,5 м/с)	Запрыгивание на платформу (>2,0 м/с)

Хотя разграничение того, какая нагрузка соответствует скорости-силе и силе-скорости, довольно условно, можно обоснованно предположить, что вплоть до нагрузки, которая обеспечивает пиковую среднюю мощность для конкретного упражнения включительно, доминирует «скорость – сила». Нагрузка выше этой, вплоть до нагрузки, эквивалентной 6 повторным максимумам (т. е. нагрузки, характерной для силовой тренировки), будет классифицироваться как сила-скорость. Эти границы теперь также можно определить с помощью устройств, измеряющих скорость снаряда. Обычно для упражнений типа пауэрлифтинга используется средняя концентрическая скорость из-за ее высокой надежности и лучшего представления концентрической скорости по сравнению с пиковой концентрической скоростью [21]. Хорошо известно, что средняя концентрическая скорость, достигаемая при максимальных нагрузках, может варьироваться в зависимости от индивидуальных уровней силы и характера упражнений [18], что, соответственно, влияет на зоны скорости, относящиеся к силе, силе-скорости, скорости-силе и скорости. Таким образом, эти различия требуют проведения индивидуального профилирования скорости. В отличие от этих традиционных упражнений (но следующих тем же принципам), упражнения из арсенала тяжелой атлетики должны использовать максимальную скорость для определения нагрузки, поскольку они носят баллистический характер и целостность движения

не так важна для оценки качества упражнения [26]. Кроме того, как и ожидалось, пиковая скорость возникает во время второй тяги в рывке и взятии штанги на грудь, причем эта точка отмечает критический момент упражнения, поскольку она определяет последующее смещение штанги и, таким образом, является более четким фактором, определяющим успех [26].

Чтобы контролировать и регулировать нагрузки и гарантировать, что спортсмен тренируется в диапазоне скоростей, которые наиболее полно соответствуют функциональной системе, в которой он пытается вызвать изменения, введение граничных значений скорости может помочь определить, когда подход следует завершить (на основе заранее определенного уровня уменьшения скорости). Например, спортсмен, стремящийся развить силу и скорость нижней части тела, может выполнить 4 подхода приседаний с выпрыгиванием с весом 75 % веса тела, при котором создается наибольший импульс силы [29]. Во время первого подхода спортсмены могут достичь средней скорости 0,95 м/с. Допустимая потеря скорости может быть установлена на уровне 20 % от этого значения (0,76 м/с). Таким образом, при превышении заданного предела процентной потери скорости (20 %) нагрузка должна быть прекращена. Ранее было показано, что этот метод увеличивает прирост силы и улучшает баллистические показатели, такие как высота прыжка, причем в большей степени, нежели более высокие пороговые значения в 40 % несмотря на 40 % разницу в объеме тренировок [6]. Кроме того, если спортсмен выполняет все повторения с приемлемой скоростью, близкой к заданной, утомляемость во время подхода и в целом во время тренировки будет сравнительно меньше, учитывая последующее сокращение объема. Также следует отметить, что высокоскоростная тренировка, выполняемая под нагрузкой, не обязательно должна стремиться воспроизвести фактическую скорость движений, достигаемую в режиме соревнований. Как ни странно, максимизации скоростных показателей в соревновательном движении можно достичь и даже превзойти, не моделируя соревновательное движение в полной мере, например, с помощью банджи-шнуров и полос сопротивления.

Развитие скорости нарастания силы и мощности за счет развития силы

Силовая тренировка является фундаментальным компонентом развития скоростно-силовых качеств, поскольку мощность во многом зависит от способности прилагать большие усилия (и, таким образом, зависит от силовых кондиций спортсмена). Это можно понять по высокой положительной корреляции между пиковой мощностью и максимальной силой ($r = 0,77-0,94$) [3] как в верхней, так и в нижней части тела.

Нетрудно подтвердить взаимозависимость силы и мощности посредством очевидной физической формулы:

$$P = F \times v, \text{ используя } v = F \times t/m,$$

где P – мощность, F – сила, m – масса, a – ускорение, v – скорость и t – время.

Это уравнение представляет собой переработку второго закона Ньютона:

$$F = m \times a \rightarrow F = m \times v/t \rightarrow v = F \times t/m.$$

Уравнение ($v = F \times t/m$) показывает, что для увеличения скорости (v) необходимо увеличить величину или продолжительность приложенной силы (или и то, и другое), что приводит к росту импульса силы (или, альтернативно уменьшить массу системы). Однако не все из них возможны, поскольку спортсмен может оказаться не в состоянии уменьшить массу системы (массу тела или спортивного снаряда) или увеличить продолжительность движения. На самом деле, уменьшение продолжительности действия силы может быть желательным или даже необходимым, как уже было отмечено ранее на примере фехтования (тактические соображения). Следовательно, остается только один вариант, а именно повышение производства силы. Кроме того, влияние силы также можно объяснить, если вспомнить теорему о кинетической энергии системы, которая гласит, что изменение кинетической энергии системы равно работе всех внутренних и внешних сил, действующих на тела системы. В контексте прыжков и принимая во внимание, что высота прыжка должна рассчитываться на основе скорости отрыва (в соответствии с теоремой об «импульсе – импульсе силы»), скорость можно рассчитать следующим образом:

$$v = \sqrt{(2 \times F \times s/m)}.$$

Учитывая, что масса ограничена в своей способности оперативно изменяться, а расстояние отталкивания анатомически ограничено (или его оптимизация находится вне контроля тренера), сила является переменной, которая оказывает наибольшее влияние. Наконец, как уже упоминалось, зависимость импульса от импульса силы также является важным фактором для силовой работы, поскольку, например, высота прыжка определяется скоростью отрыва, которая, в свою очередь, определяется чистым импульсом силы (импульсом силы, приложенным к телу). Уравнение показывает, что для создания значительного изменения импульса необходим значительный импульс силы. Опять же, сила должна доминировать по причине кратковременности большинства спортивных движений. Следовательно, для надлежащего мониторинга прогресса спортсмена необходимо измерять силу и время, в идеале, – посредством анализа зависимости силы от времени.

Рисунок 11 иллюстрирует как повышение силы (и, следовательно, скорости нарастания силы) может изменить профиль прыжка спортсмена, в результате чего повышаются результаты (высота и длительность) [31]. Эти выводы приводят к общему вопросу: «насколько сильными мы должны сделать спортсменов?»

Очевидно, что лежащая в основе движений физика предполагает, что верхнего предела не существует, а исследователи предполагают, что спортсмены, которые могут поднять два веса собственного тела во время приседаний, демонстрируют более высокую выходную мощность в вертикальных и горизонтальных прыжках по сравнению с их менее подготовленными в силовом отношении коллегами (поднимающими 1,6 собственного веса) [4, 41] Таким образом, сила кажется подходящим целевым ориентиром.

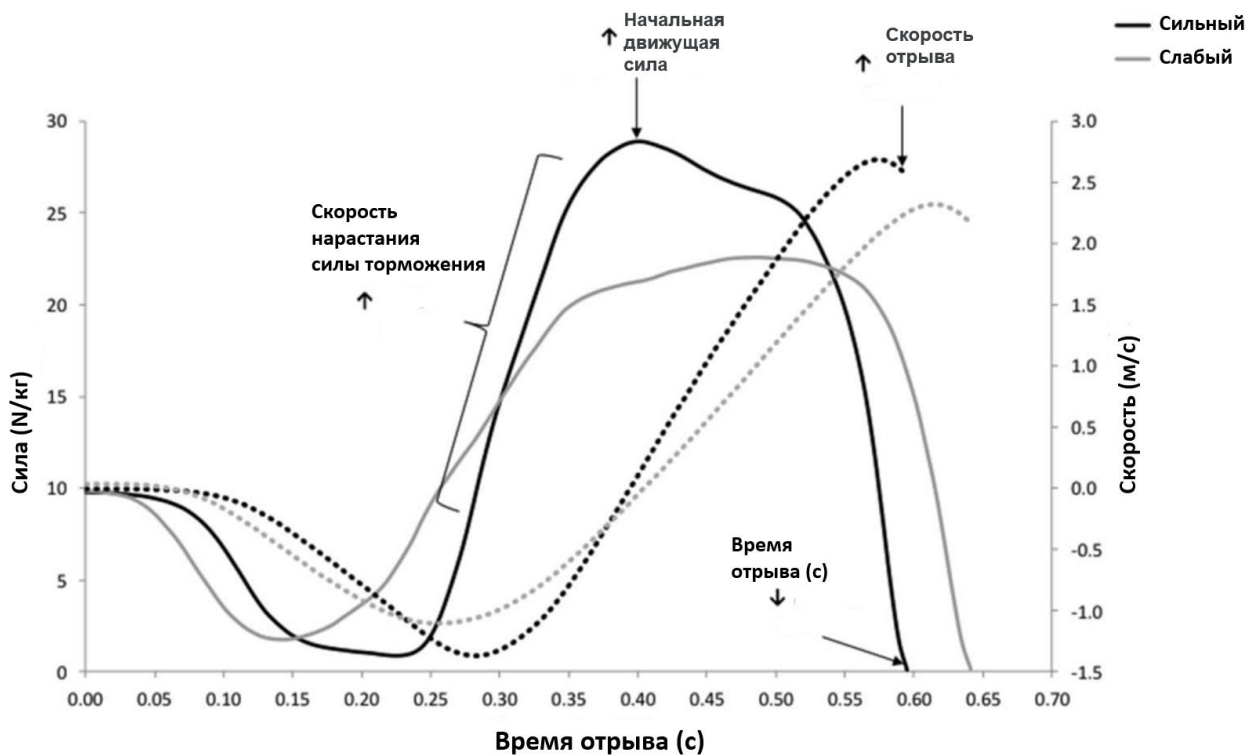


Рисунок 11. – Сравнение силы, мощности, скорости нарастания силы и времени движения во время прыжка вверх на противодвижении между более сильным и более слабым спортсменами [31]

Вомра и Carrera [7] описывают взаимосвязь между силовой и баллистической тренировкой, при этом предполагая, что сила развивается посредством физиологической стратегии, включающей две фазы.

Первая фаза включает вовлечение и тренировку быстрых мышечных волокон посредством силовой тренировки, как описано в базовом «принципе размера» рекрутирования двигательных единиц [19]⁵. Иначе говоря, чтобы задействовать волокна типа IIa и особенно типа IIx необходимо поднимать достаточно тяжелый вес. Фаза силовой тренировки считается фундаментальной, учитывая высокую корреляцию ($r = 0,75$) между процентным содержанием волокон типа II и выходной мощностью, а также их ролью в повышении скорости [12].

Вторая фаза предполагает увеличение частоты активации этих волокон (которые теперь имеют больший объем) посредством баллистической тренировки. Поскольку $P = F \times v$, максимальные результаты будут достигнуты, если тренировать оба этих компонента.

Например, в исследовании Cormi и McBride [11] сравнивалась группа занимающихся в режиме скоростно-силовых нагрузок по протоколу 7 подходов по 6 приседаний с выпрыгиванием и оптимальной нагрузкой для максимальной выходной мощности (т. е. массой тела) с группой, тренирующейся в режиме сочетанной силовой и скоростно-силовой работы (5 подходов по 6 приседаний

⁵ Принцип размера (также Принцип Хеннемана гласит, что двигательные единицы будут задействованы в порядке от наименьшего к наибольшему в зависимости от интенсивности нагрузки, то есть при низкоинтенсивной нагрузке большие двигательные единицы не вовлекаются.

с выпрыгиванием и оптимальной нагрузкой для максимизации выходной мощности и 3 подходами по 3 приседания с нагрузкой 90 % от 1 повторного максимума). Результаты показали, что комбинированная силовая тренировка была столь же эффективна, как и скоростно-силовая тренировка для повышения максимальной высоты прыжка и максимальной выходной мощности в приседаниях с выпрыгиванием. Кроме того, она была более эффективна, чем скоростно-силовая тренировка, в контексте достижения общих результатов (т. е. в режиме нагрузок различной интенсивности – от чистой массы тела до дополнительной нагрузки в 80 кг) в приседаниях с выпрыгиванием.

К сожалению, не было представлено никаких результатов, которые бы проиллюстрировали наличие каких-либо различий в стратегии прыжка (например, в продолжительности или силе, приложенной к каждой фазе), чтобы определить, существует ли различная реакция относительно того, как изменения импульса силы приводят к увеличению высоты прыжка.

Пожалуй, лучшим примером, занимающихся комбинированной (смешанной) силовой-скоростно-силовой тренировкой, являются тяжелоатлеты. Сообщается, что эти спортсмены демонстрируют наиболее высокие (в относительном масштабе) значения изометрической скорости повышения силы и выходной мощности в вертикальных прыжках с весом и без веса [17]. Cormi и др. [10] также показали, что у менее сильных спортсменов оба режима (сила и мощность) одинаково эффективны для повышения скоростной силы общего атлетического профиля. В этом исследовании относительно слабые мужчины (1 повторный максимум в приседании равен 1,6 собственного веса) прошли 10-недельный (и 3-недельный) курс силовых или баллистических тренировок. Обе группы продемонстрировали схожие улучшения показателей эффективности, но с помощью разных механизмов. Группа, тренирующая баллистическую силу, повысила степень электромиографического возбуждения во время прыжка, генерируя большую мощность и увеличивая скорость нарастания силы, что, в свою очередь, приводило к повышению ускорения и скорости движения за более короткие периоды времени. В группе силовых тренировок результаты были обусловлены максимальным нервным возбуждением (демонстрируемым ростом максимальной интегрированной электромиографии) и ростом поперечника мышц, что увеличивало сократительную способность и, таким образом, снижало относительную нагрузку. Это позволило увеличить мощность и скорость нарастания силы, а также возможность ускорить их массу в большей степени, и за более короткий период.

Таким образом, очевидно, что максимальная сила является ключевым фактором в развитии мощности и что для полного развития скоростно-силового потенциала спортсмена тренеры должны включать силовые нагрузки в свои тренировочные программы. Следует отметить, что, поскольку уровень силы без специальных нагрузок можно поддерживать лишь в течение 2 недель [20], разумно включать силовые тренировки на протяжении всей периодической программы, с тем, чтобы оптимизировать и поддерживать высокий уровень выходной мощности во время тренировок и соревнований. Можно вполне обоснованно допустить, что силу следует воспринимать как «средство» для

увеличения мощности и скорости нарастания силы. Для более глубокого анализа значения силы и методики ее повышения, можно рекомендовать ознакомиться с данной работой [34].

Выводы и практические рекомендации

Вооружившись более глубоким пониманием взаимозависимости силы и мощности, вернемся к профилям спортсменов А и Б, представленным на рисунке 12А.

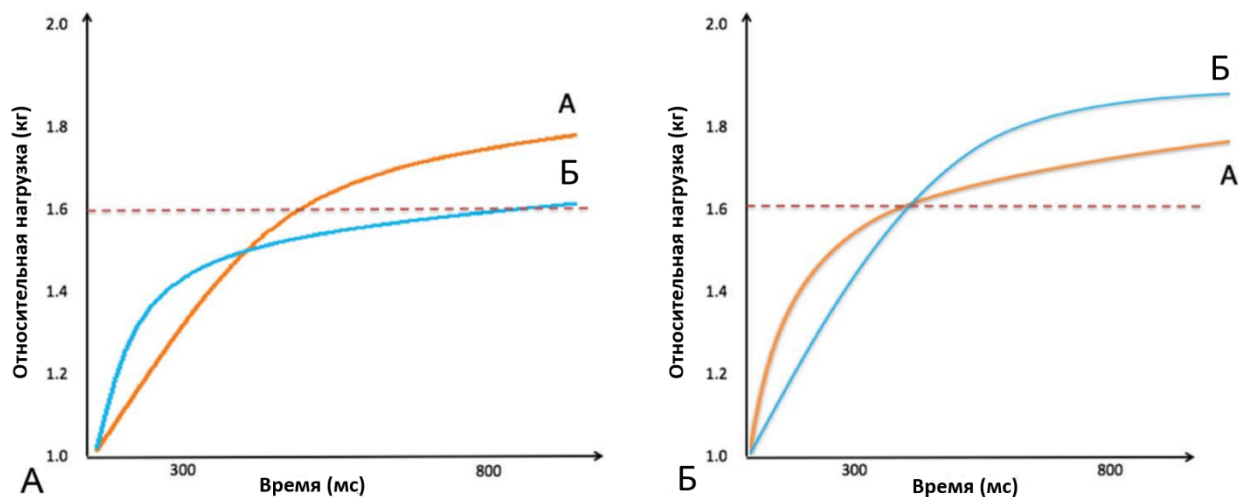


Рисунок 12. – Кривая относительной нагрузки и времени для спортсменов А и Б

Теперь этот рисунок можно рассматривать как упрощение того, как кривые «сила – время» спортсменов могут использоваться для классификации тренировочных средств, учитывая, что (а) увеличение импульса силы естественным образом сопровождается ростом силы (когда время остается постоянным), (б) менее сильные спортсмены получают наибольшую пользу от силовых тренировок, независимо от их профиля, и (с) хотя желательно иметь высокий показатель скорости нарастания силы, все же более важно, чтобы спортсмен создавал необходимую силу в течение заданной продолжительности (импульс силы).

Таким образом, при составлении отчета о кривых «сила – время» важно отметить относительную мощность по оси Y, чтобы убедиться в том, что у спортсмена достаточно силы, чтобы прибегать к «смешанным» тренировкам. Учитывая, что пиковая сила у обоих спортсменов превышает рекомендуемые 1,6 от массы тела (рисунок 12А), график можно интерпретировать следующим образом: спортсмен А получит наибольшую пользу от акцента на баллистическую тренировку, одновременно уменьшив акцент на развитие силы, в то время как спортсмен Б получит максимальную пользу, делая упор на силовые тренировки с меньшим акцентом на баллистическую подготовку.

По мере обучения графики поменялись местами, но уже с более высокими значениями. Таким образом, в следующем тренировочном блоке спортсменам следует поменять акценты на противоположные. Эта модель периодизации может быть с успехом использована на протяжении всего мезо- или макроцикла. Однако важно, чтобы силовые возможности у обоих спортсменов составляли

не менее 1,6 от массы тела. Если показатели снизятся, им следует просто продолжать делать упор на силу. Кроме того, необходимо еще раз указать на то, что акцент на той или иной тренировке подразумевает, что одна функциональная система – «биомотор» должна быть улучшена, в то время как другие должны поддерживаться на необходимом уровне.

Таким образом, описанные выше физические основания и методические принципы скоростно-силовой тренировки могут быть адаптированы к специфике любого вида спорта (фехтование, бокс, спортивные игры и т. д.) с учетом доминирующих в нем соревновательных движений, при понимании комплексности и системности требований к различным функциональным системам организма и при учете индивидуальных особенностей конкретного спортсмена.

Источники:

1. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training / P. Aagaard [et al.] // *J Appl Physiol.* – 2002. – Vol. 93. – P. 1318–1326.
2. Aagaard, P. Training – induced changes in neural function / P. Aagaard // *Exerc Sport Sci Rev.* – 2003. – Vol. 32. – P. 61–67.
3. Ascii, A. Power production among different sports with similar maximum strength / A. Ascii, C. Acikada // *J Strength Cond Res.* – 2007. – Vol. 21. – P. 10–16.
4. Performance factors, psychological assessment, physical characteristics, and football playing ability / M. Barker [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 1993. – Vol. 7. – P. 224–233.
5. Behm, D. Intended rather than actual movement velocity determines velocity specific training response / D. Behm, D. Sale // *J Appl Physiol.* – 1993. – Vol. 74. – P. 359–368.
6. Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptation / F. Blanco-Pareja [et al.] // *Scand J Med Sci Sports.* – 2017. – Vol. 27. – P. 724–735.
7. Bompa, T. *Periodization Training for Sports* / T. Bompa, M. Carrera. – 4th Edition. – Champaign, IL: Human Kinetics, 2005. – 320 p.
8. Comparisons of peak ground reaction force and rate of force development during variations of the power clean / P. Comfort [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2011. – Vol. 25. – P. 1235–1239.
9. Standardization and methodological considerations for the isometric mid-thigh pull / P. Comfort [et al.] // *Strength Cond J.* – 2018. – Vol. 41. – P. 57–79.
10. Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training / P. Cormie [et al.] // *Med Sci Sport Exerc.* – 2010. – Vol. 42. – P. 1582–1598.
11. Cormie, P. M. Power versus strength-power jump squat training: Influence on the load-power relationship / P. M. Cormie, J. McBride // *Med Sci Sport Exerc.* – 2007. – Vol. 39. – P. 996–1003.
12. Leg extension power and muscle fiber composition / E. Coyle [et al.] // *Med Sci Sports.* – 1979. – Vol. 1. – P. 12–15.
13. A comparison of methods for determining the rate of force development during isometric midhigh clean pulls / G. Haff [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2015. – Vol. 29. – P. 386–395.
14. Forcetime dependent characteristics of dynamic and isometric muscle actions / G. Haff [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 1997. – Vol. 11. – P. 269–272.
15. Haff, G. Training principles for power / G. Haff, S. Nimphius // *Strength Cond J.* – 2012. – Vol. 34. – P. 2–12.
16. Biomechanical changes in the Olympic weightlifting technique of the snatch and the clean & jerk from submaximal to maximal loads / K. Hakkinen [et al.] // *Scand J Sports Sci.* – 1984. – Vol. 6. – P. 57–66.
17. Short-term performance effects of high power, high force, or combined weight-training methods / G. Harris [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2000. – Vol. 14. – P. 14–20.
18. RPE and velocity relationship for the back squat, bench press and deadlift in powerlifters / E. Helms [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2017. – Vol. 31. – P. 292–297.

19. Rank order of motoneurons within a pool: Law of combination / E. Henneman [et al.] // *J Neurophysiol.* – 1974. – Vol. 37. – P. 1338–1349.
20. The effects of detraining on power athletes / T. Hortobagyi [et al.] // *Med Sci Sports Exerc.* – 1993. – Vol. 25. – P. 929–935.
21. Using the load-velocity relationship for 1RM prediction / B. Jidovtseff [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2011. – Vol. 25. – P. 267–270.
22. The effects of varying resistance-training loads on intermediate-and high-velocity-specific adaptations / K. Jones [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2001. – Vol. 15. – P. 349–356.
23. Kawakami, N. The optimal training load for the development of muscular power / N. Kawakami, G. G. Haff // *J Strength Cond Res.* – 2004. – Vol. 18. – P. 675–684.
24. Peak force and rate of force development during isometric and dynamic mid-thigh clean pulls performed at various intensities / N. Kawamori [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2006. – Vol. 20. – P. 483–491.
25. Influence of different loads on force-time characteristics during back squats / T. Kubo [et al.] // *J Sport Sci Med.* – 2018. – Vol. 17. – P. 617–622.
26. Velocity-based training in football / J. Mann [et al.] // *Strength Cond J.* – 2015. – Vol. 37. – P. 52–57.
27. The effect of heavy-vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed / J. McBride [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2002. – Vol. 16. – P. 75–82.
28. Understanding the key phases of the countermovement jump force-time curve / J. McMahon [et al.] // *Strength Cond J.* – 2018. – Vol. 40. – P. 96–106.
29. The effects of barbell load on countermovement vertical jump power and net impulse / P. Mundy [et al.] // *J Sports Sci.* – 2017. – Vol. 35. – P. 1781–1787.
30. Suchomel, T. Weightlifting for sports performance / T. Suchomel, P. Comfort // *Advanced Strength and Conditioning: Evidence-Based Practice* / eds. A. Turner, P. Comfort. – London, United Kingdom: Routledge, 2017. – Pp. 249–273.
31. Suchomel, T. Developing muscular strength and power / T. Suchomel, P. Comfort // *Advanced Strength and Conditioning: Evidence-Based Practice* / eds. A. Turner, P. Comfort. – London, United Kingdom: Routledge, 2017. – Pp. 13–38.
32. Suchomel, T. Force-time-curve comparison between weight-lifting derivatives / T. Suchomel, C. Sole // *Int J Sport Physiol Perf.* – 2017. – Vol. 12. – P. 431–439.
33. Kinetic comparison of the power development between power clean variations / T. Suchomel [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2014. – Vol. 28. – P. 350–360.
34. The importance of muscular strength: Training considerations / T. Suchomel [et al.] // *Sport Med.* – 2018. – Vol. 48. – P. 765–785.
35. Effect of load positioning on the kinematics and kinetics of weighted vertical jumps / P. Swinton [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2012. – Vol. 26. – P. 906–913.
36. Turner, A. The science and practice of periodization: A brief review / A. Turner // *Strength Cond J.* – 2011. – Vol. 33. – P. 34–46.
37. Verkhoshansky, Y. Perspectives in the development of speed-strength preparation in the development of jumper / Y. Verkhoshansky // *Track Field.* – 1966. – P. 11–12.
38. Eight weeks of ballistic exercise improves power independently of changes in strength and muscle fiber type expression / J. Winchester [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2008. – Vol. 22. – P. 1728–1734.
39. Winkleman, N. Applied coaching science / N. Winkleman // *Advanced Strength and Conditioning: An Evidence-Based Approach* / eds. A. Turner, P. Comfort. – Oxon, United Kingdom: Routledge, 2017. – Pp. 327–346.
40. Misuse of power and other mechanical terms in sport and exercise science research / E. Winter [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2016. – Vol. 31. – P. 292–300.
41. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players / U. Wisløff [et al.] // *Br J Sport Med.* – 2004. – Vol. 38. – P. 285–288.

ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ КОРРЕКЦИИ АСИММЕТРИЧНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Дарануца Кристина Сергеевна, начальник информационно-аналитического отдела центра координации научно-методической и инновационной деятельности

Существует большое количество видов спорта, в которых тренировочная нагрузка распределяется неравномерно, тем самым вызывая асимметрию, что зачастую приводит к нарушению осанки спортсмена и увеличению риска травматизма. Яркими представителями асимметричной физической нагрузки можно назвать бокс, фехтование, большой теннис. Зачастую спортсмен выбирает «рабочую» сторону – удары выполняет одной рукой (левой или правой). Эксперты выделяют 3 вида асимметрии: неравномерное развитие правой и левой сторон, передних и задних групп мышц (например, спина более развита, чем грудь), верхней и нижней частей тела [1].

Рассмотрим важность симметричного распределения нагрузки на примере фехтования. Фехтование – это вид спорта, который требует развития различных физических качеств:

- сила и выносливость, для развития которых спортсмен выполняет силовые тренировки с использованием гантелей, штанги и других снарядов для укрепления мышц, тренировки для мышц корпуса (пресс, обратные отжимания), а также кардиотренировки (бег, прыжки на скакалке, езда на велосипеде);
- быстрота и ловкость – тренировка с теннисным мячом, прыжки на скакалке;
- гибкость – стретчинг, растяжка, упражнения с массажным валиком и мячом;
- координация и специальные физические качества – спарринг с партнером [2].

При развитии всех вышеупомянутых физических качеств спортсмен может участвовать в соревнованиях. Стоит отметить, что на уровень развития физических качеств также влияет правильно распределенная физическая нагрузка. Дисбаланс нагрузки может привести к серьезным травмам не только во время соревнований, но и в процессе тренировок.

Для определения асимметричности тренировочной нагрузки и ее влияния на организм спортсмена могут использоваться современные диагностические комплексы. Например, аппарат электрооптической диагностики позвоночника DIERS 4D Motion Lab (рисунок 1) [3].

В аппарате электрооптической диагностики применяется ведущая неинвазивная технология в области 3D-топографии позвоночника и поверхности спины. С помощью инновационного программного обеспечения и усовершенствованной системы камер можно анализировать и визуализировать сложную картину движения позвоночника и таза даже во время движения.

В качестве дополнения к анализу позвоночника и осанки используется модуль для измерения осей ног, при помощи которого регистрируется в двухмерной форме геометрия осей ног. С помощью системы DIERS и интегрированной измерительной платформы с датчиками можно узнать силу давления стоп во время ходьбы [3].



Рисунок 1. – Аппарат электрооптической диагностики позвоночника DIERS 4D Motion Lab

Преимуществами использования DIERS 4D Motion Lab являются:

- диагностика осанки с 3D-реконструкцией позвоночника во фронтальной и сагиттальной плоскостях;
- определение значений физиологических изгибов (кифоз, лордоз) (рисунок 2);
- визуализация работы мышц для поддержания вертикального положения тела (рисунок 3);
- тест на осанку с анализом работы постуральной (поддерживающей осанку) мускулатуры;
- балансометрия стоп с анализом распределения нагрузки на стопы в статике (рисунок 4);
- определение показателя стабиллометрии;
- анализ походки, движений позвоночника во время ходьбы;
- анализ ортодинамики стоп (рисунок 4) [4].

При использовании таких технологий, как DIERS 4D Motion Lab, появляется возможность узнать физическое состояние спортсмена на начальных этапах подготовки и внести в тренировочный процесс упражнения для коррекции асимметрии тренировочной нагрузки.

Для коррекции асимметрии существуют также тренажеры и специальные комплексы упражнений, при помощи которых можно сбалансировать нагрузку на разные части тела:

1. Тренажеры с односторонней нагрузкой – тренажеры, позволяющие работать каждой конечностью по отдельности, такие как односторонний гантельный подъем.

2. Комплекс упражнений на балансировку – использование фитболов, платформ для балансирования или тренажеры типа Bosu.

3. Комплекс корригирующих упражнений – упражнения, направленные на укрепление слабых зон и разработку симметричной силы (например, приседания, жимы, подтягивания и отжимания могут помочь развить силу в обеих частях тела).

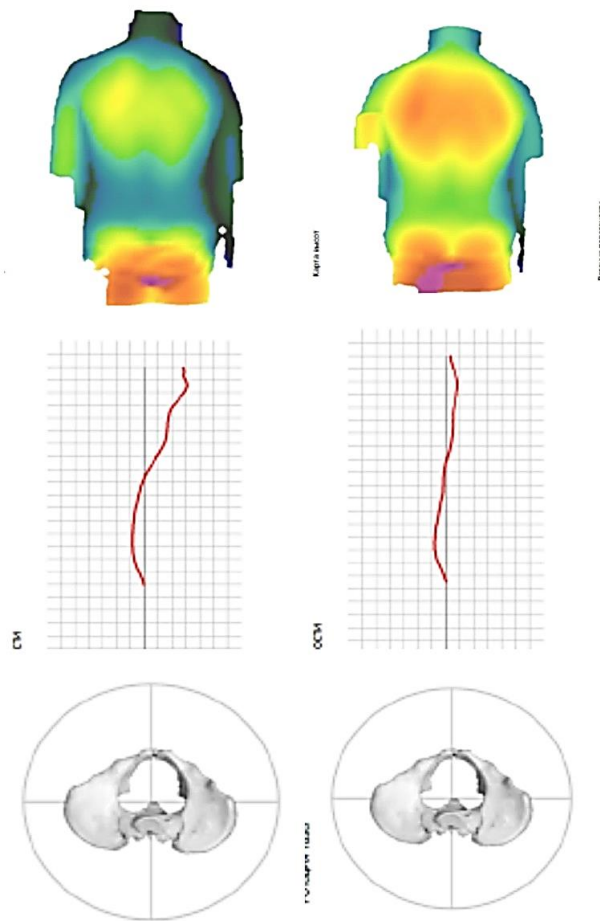


Рисунок 2. – Определение значений физиологических изгибов (кифоз, лордоз)

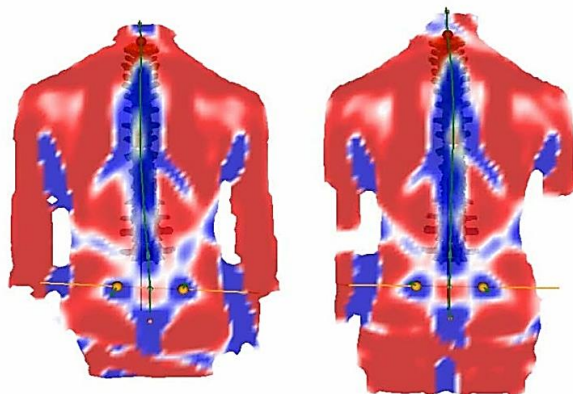


Рисунок 3. – Визуализация работы мышц для поддержания вертикального положения тела

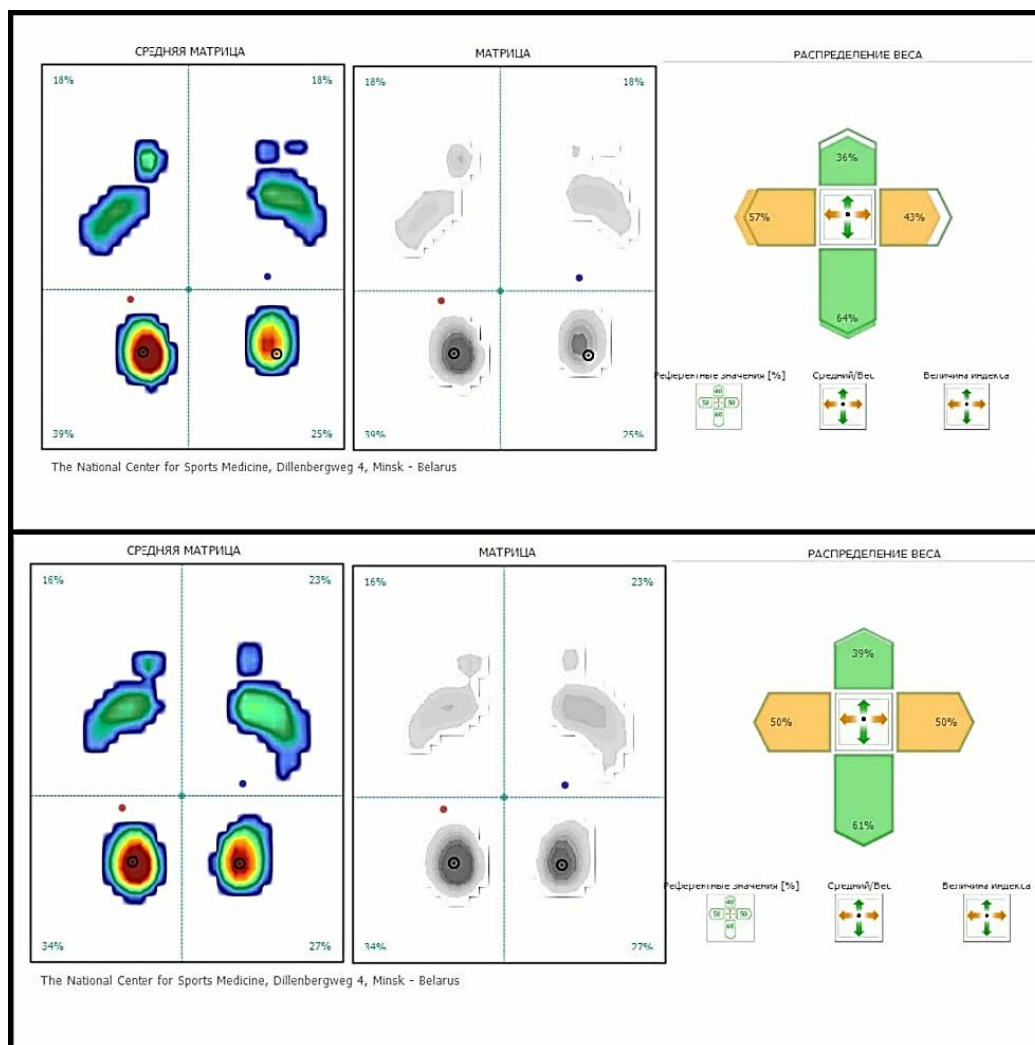


Рисунок 4. – Балансометрия стоп с анализом распределения нагрузки на стопы в статике и ортодинамика стоп

4. Тренажеры с регулируемой нагрузкой – тренажеры, которые позволяют нагрузку для каждой части тела отдельно.

5. Тренировочные программы с использованием инновационных тренажеров [5].

Современные инновационные тренажеры имеют огромное влияние на тренировочный процесс. Так, для развития ударов правой и левой рукой в фехтовании можно использовать *умную мишень* в виде настенной панели (рисунки 5) [5].



Рисунок 5. – Умный музыкальный тренажер VT Connection

Используя такого рода умные мишени, спортсмен не только улучшит технику и тактику боя, но и сможет развить силу удара на обе руки.

Преимуществом данных тренажеров является:

1. Возможность создания игровой формы обучения, что повысит интерес к тренировкам у спортсменов любой возрастной категории.

2. Музыкальное и световое сопровождение поможет задать ритм ударов, тем самым улучшит реакцию, ловкость, координацию и внимательность.

3. Регулирование скорости переключения, музыки и уровня тренировки при помощи подключения к смартфону.

4. Обратная связь – оценка времени реакции, количество ошибок [6].

Из вышесказанного можно сделать вывод, что коррекция асимметрии играет важную роль в спортивной карьере спортсменов. Включая упражнения на коррекцию или устранение асимметрии и использование инноваций в тренировочном процессе, спортсмен не только улучшит осанку, но и повысит мышечный тонус, прокачает слабые группы мышц. Тем самым спортсмены в фехтовании могут правильно контролировать координацию, реакцию и силу во время боя.

Источники:

1. Причины включить в тренировку асимметричные упражнения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.jv.ru/news/33105-5-prichin-vklyuchity-v-trenirovku-assimetrichnie-u?ysclid=iphzir-vnpd662463136>. – Дата доступа: 01.12.2023.

2. Власова, В. В. Развитие координационных способностей у юных спортсменов, занимающихся фехтованием / В. В. Власова. – Самара, 2021. – 15 с.

3. DIERS 4D Motion Lab [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://diers.eu/ru/продукция/комбинированные-системы/diers-4dmotion-lab/>. – Дата доступа: 01.12.2023.

4. Диагностика позвоночника DIERS 4D Motion Lab [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scisport.by/diagnostika-diers-4d-motion-lab?ysclid=lpktrpq3pp834808080>. – Дата доступа: 20.11.2023.

5. Седоченко, С. В. Педагогическая коррекция асимметричной нагрузки у юных спортсменов: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / С. В. Седоченко. – М., 2015. – 24 с.

6. Подвесная мишень [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aliexpress.ru/popular/боксерская-мишень.html>. – Дата доступа: 28.11.2023.

РОЛЬ ТЕХНИКИ ПЕРЕДВИЖЕНИЙ У ФЕХТОВАЛЬЩИКОВ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ИХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ НАВЫКОВ

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

«Время, потраченное на совершенствование боевой стойки и передвижений, никогда не проходит зря и всегда окупается впоследствии» (Л. Герентчер) [3]. Данное высказывание доказывает, что совершенствование техники передвижений в учебно-тренировочном процессе по фехтованию имеет особую актуальность, так как результат соревновательного поединка напрямую зависит от качества подготовки спортсменов.

Важную роль в развитии техники передвижений у фехтовальщиков играет также повышение уровня их ловкости. Под данным понятием подразумевается способность атлетов выполнять различные двигательные действия в дефиците времени и согласно возникшей ситуации, успешно решать неожиданно возникающие сложные двигательные задачи [1]. В результате развития ловкости у фехтовальщиков формируются навыки быстрого приспособления двигательных действий к изменяющимся условиям спортивного боя.

Принято различать общую и специальную ловкость. Развитие первой достигается посредством занятий с широким диапазоном двигательных действий вне специфики конкретного вида спорта. Это могут быть подвижные игры, различные упражнения, связанные с двигательным приспособлением к изменяющимся условиям. Специальная ловкость тренируется посредством вариативного применения специально-подготовительных упражнений с изменением ритма передвижений.

Важно учитывать, что некорректно подобранные упражнения в учебно-тренировочном процессе фехтовальщиков существенно снижают возможность достижения ими высоких показателей. К результатам таких методик можно отнести сформированный у некоторых спортсменов навык размеренной постановки ног при шаге вперед (рисунок 1). Закономерность его развития у фехтовальщиков объясняется тем, что при выполнении атаки необходимы мягкое осторожное движение впередистойящей ноги и затем максимально быстрая подстановка задистойящей ноги.



Рисунок 1. – Поза при выполнении скрестного шага вперед на примере артистического фехтования

В тактическом смысле при выполнении шага вперед каждая нога имеет свою задачу:

- движением впередистоящей ноги спортсмен старается ввести противника в заблуждение, узнать его намерения: при выполнении полушага фехтовальщик незначительно продвигается вперед, но стремится создать у противника представление о более дальнем продвижении;
- подстановка задистоящей ноги – решение, которое должно быть быстрым, чтобы застать противника врасплох;
- при выполнении комбинаций движений быстрая подстановка ног необходима при переходе от одного выпада к следующему [4].

Опытные тренеры знают, что одноопорная фаза шага вперед при подстановке задистоящей ноги является удобным моментом для выполнения противником встречного нападения. Согласно их наблюдениям, попытка перехода из одноопорного положения к экстренному отступлению обычно сопровождается отклонением туловища назад и хаотическими попытками обороняться. Единственной возможностью избежать неожиданного нападения на шаг вперед является быстрая подстановка задистоящей ноги или отход назад с полушага. При этом вместо движения вперед задистоящая нога делает движение назад. Данный прием особенно часто используется при фехтовании на саблях (рисунок 2). Ложный полушаг вперед выполняется саблистами так быстро и убедительно, что противник вынужден на него среагировать.



Рисунок 2. – Представители женской национальной команды Республики Беларусь по фехтованию на саблях

При фехтовании удобно сохранять привычную равномерную ритмику шагов, и если тренер не обращает на это внимание, то такой алгоритм действий закрепляется у спортсменов. Поэтому при выполнении атаки с выпадом атлет должен уметь выполнять удар по меньшей мере в трех режимах: с опережением рукой маховой ноги, одновременно и с некоторой задержкой выпрямления руки в удар [2]. Последний режим нападения особенно эффективен, если для противника характерно раннее защитное реагирование. Исходя из актуальности вышеперечисленных навыков, тренерам следует начинать обучение фехтовальщиков вариативному выполнению приемов в зависимости от условий взаимодействия во время боя еще на начальном этапе учебно-тренировочного процесса и не прекращать до момента завершения атлетами их спортивной карьеры (рисунок 3).



Рисунок 3. – Чемпион мира по фехтованию Виктор Кровопусков обучает юных саблистов мастерству ведения боя

В результате улучшения техники передвижений фехтовальщики имеют возможности:

- своевременно осуществлять выбор момента начала своих движений, их продолжительность и момент завершения, исходя из реакций противника, дистанции, возникшей боевой ситуации;
- противодействовать действиям противника, сохраняя точность собственных движений при выборе дистанции, управлении оружием и выполнении завершающего удара;
- инициативно создавать помехи противнику для нейтрализации наступлений с его стороны, вызова к завершению нападения, раскрытия им своей тактики, снижения точности и своевременности его действий.

Таким образом, совершенствование техники передвижений у фехтовальщиков позволяет им развивать способности, которые обеспечивают своевременность, точность и рациональность выполняемых ими действий.

Источники:

1. Ловкость для фехтовальщика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vk.com/@fsreprise-lovkost-dlya-fehtovalschika>. – Дата доступа: 07.12.2023.
2. Мовшович, А. Д. Фехтование. Начинающему тренеру: учеб.-метод. пособие / А. Д. Мовшович. – М.: Академический Проект, 2020. – 112 с.
3. Техника фехтования – шаги [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nema-ekt.ru/tpost/5s7bknb0n1-tehnika-fehtovaniya-shagi>. – Дата доступа: 07.12.2023.
4. Урок фехтования № 7 «Скрестный шаг вперед» («Сборник видеоуроков по артистическому фехтованию») [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=Bc7sghIHSA0>. – Дата доступа: 07.12.2023.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ В ФЕХТОВАНИИ: ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

Люк У. Оутс¹, Майкл Дж. Прайс², Линдси М Боттомс³

¹ Лондонский спортивный институт, факультет науки и техники, Университет Мидлсекса, Лондон, Великобритания;

² Центр спорта, физической культуры и естественных наук, Университет Ковентри, Ковентри, Великобритания;

³ Факультет психологии и спортивных наук, Школа естественных и медицинских наук, Университет Хартфордшира, Хатфилд, Великобритания

PHYSIOLOGICAL DEMANDS OF FENCING: A NARRATIVE REVIEW

Luke W Oates¹, Michael J Price², Lindsay M Bottoms³

¹ London Sport Institute, Faculty of Science and Technology, Middlesex University;

² Centre for Sport, Exercise and Life Sciences, Coventry University;

³ Psychology and Sports Sciences Department, School of Life and Medical Sciences, University of Hertfordshire

Цель исследования

Соревновательный день фехтовальщиков продолжается в течение долгих 9–11 часов, предполагая ношение всей защитной одежды, выполнение высокоинтенсивных взрывных движений, которые чередуются с подготовительными или восстановительными упражнениями низкой интенсивности. Поэтому цель данной обзорной статьи – анализ современных данных, представленных в научной литературе, в которой обсуждаются физиологические и терморегулирующие требования, предъявляемые в фехтовании, для применения в тренировочной, соревновательной и восстановительной практиках.

Методы

Поиск научных статей проводился по трем базам данных (Pubmed, SPORTDiscus и Google Scholar; 1985–2022) и содержал результаты научных исследований по проблемам физиологических требований в фехтовании с применением всех трех видов оружия (шпага, рапира и сабля).

Результаты

Физиологические требования к занятиям фехтованием очень высокие и повышаются при переходе фехтовальщиков от участия в поединках пула к участию в поединках на прямое выбывание (Direct Elimination fights, DE). В поединках на прямое выбывание фехтовальщики соревнуются при 75–100 % максимальной частоты сердечных сокращений (ЧСС) и ~75 % максимального потребления кислорода. Результативность в фехтовании зависит от уровня креатинфосфата и состояния аэробных энергетических систем, что отражается в низких концентрациях лактата крови. Как правило, сообщается о значительных различиях в пройденных дистанциях во время соревнований (т. е. от 435 до 1652 м в поединках на прямое выбывание). Несмотря на тот факт, что фехтовальщики соревнуются в защитной одежде с потенциально большой проблемой

терморегуляции, к сожалению, найдено только одно исследование, посвященное данному вопросу, поскольку максимальная температура в желудочно-кишечном тракте фехтовальщиков может достигать $>39^{\circ}\text{C}$.

Выводы

С учетом результатов данного аналитического обзора будущие исследования следует посвятить изучению данного вопроса при использовании всех типов оружия, особенно шпаги и сабли, в конкретных соревновательных средах. Терморегуляторная реакция в фехтовании должна определяться путем измерения температуры кожи, температуры маски (как измерение микроклимата) и тепловых ощущений с целью применения соответствующих стратегий охлаждения в перерывах между поединками для сохранения и повышения работоспособности фехтовальщика.

Практическое применение

Более глубокое понимание физиологических требований в фехтовании позволит спортсменам и тренерам планировать предсоревновательную подготовку спортсменов и создавать специфические протоколы для занятий фехтованием, которые будут разрабатываться с целью формирования восстановительных стратегий.

Ключевые слова: фехтование; шпага; сабля; рапира; терморегуляция; физиология; результативность; двигательные характеристики.

1. Введение

В современную эпоху фехтование является частью всех Олимпийских игр с присуждением 36 медалей в 12 индивидуальных и командных соревнованиях. В измененной форме фехтование также является частью соревнований по современному пятиборью. Фехтование подразделяется на три категории по виду применяемого спортсменами оружия: сабля, шпага и рапира. Правила проведения соревнований всех видов требуют ношения защитной одежды для всего тела. Выбор оружия определяет области тела, которые являются целью атаки, и систему «приоритета» [1]. Приоритет в поединках на рапирах и саблях состоит в том, что судья присуждает очко фехтовальщику в случае выполнения им нападения (атаки), тогда как в фехтовании на шпагах любой или оба фехтовальщика могут получить по очку [2]. В ходе соревнования фехтовальщики участвуют в большом количестве поединков в течение 9–11 часов, состоящих из 5–7 пулов (Poule) и до 8 поединков на выбывание или боев на прямое выбывание (Direct Elimination fights, DE) [1]. Во время боев пула фехтовальщики соревнуются против 6–8 других фехтовальщиков по круговой системе (round-robin format). Предварительные поединки проходят до 5 уколов и длятся не более 3 минут.

Финальные этапы проводятся в 3 раунда по 3 минуты (с перерывами на одну минуту). В случае ничьей к поединку добавляется минута и ведется борьба до первого укола. Бой считается законченным, когда:

- один из участников нанес 15 уколов;
- истекли 9 минут, отведенные на бой, при условии, что один из спортсменов вел в счете.

Однако из-за прерываний во время поединков они могут продолжаться дольше. Средняя продолжительность боев на прямое выбывание на Олимпийских играх Токио-2020 составляла 16:39±3:19 минут для шпаги, 18:21±6:15 минут для рапиры и 11:31±3:14 для сабли [3].

Фехтование – это высокоинтенсивный импульсивный вид спорта со взрывными движениями, такими как выпад и флеш-атака для набора очков, чередующиеся с подготовительными движениями низкой интенсивности для последующего инициирования взрывных действий [4, 5]. Поэтому продолжительный соревновательный день требует от фехтовальщика способности неоднократно выполнять эффективные движения высокой интенсивности в нескольких поединках и восстановиться после их завершения. Кроме того, требование ношения защитной одежды для всего тела значительно повышает сердечно-сосудистую и тепловую нагрузку со снижением работоспособности, особенно в высоконагрузочных раундах на прямое выбывание.

В двух предыдущих обзорных статьях рассматриваются физиологические требования, предъявляемые в фехтовании [1, 4], однако обсуждение конкретных физиологических требований относительно краткое, но сделано важное замечание о высокой вариативности фехтования [1], фокусируясь преимущественно на физических характеристиках фехтовальщиков, травмах и биомеханике фехтования [1, 4]. Кроме того, в обзорной статье Turner et al. (2014) [4] отсутствует информация о важной роли аэробной системы в процессе фехтования и восстановления, несмотря на то, что <10 % действий являются высокоинтенсивными по своему характеру [5–9]. Понимание физиологических требований, предъявляемых к спортсменам в фехтовании, имеет важное значение для спортсменов и тренеров с целью разработки эффективных тренировочных программ при подготовке к соревнованиям и для снижения риска травм. Понимание физиологии фехтования может дополнительно облегчить разработку стратегий восстановления между боями для сохранения или повышения результативности, особенно когда соревнования по фехтованию продолжаются от 9 до 11 часов, а общее количество боев может достигать до 15. Поэтому в данной статье рассматриваются результаты исследований, которые непосредственно связаны с физиологическими требованиями, предъявляемыми к спортсменам, участвующим в соревнованиях по фехтованию со всеми видами оружия (шпага, рапира, сабля).

2. Методы

В данном литературном обзоре рассматриваются физиологические требования, предъявляемые к спортсменам, участвующим во всех видах этого спорта (шпага, рапира, сабля). В связи с ограниченной научной информацией, касающейся этого вида спорта, отсутствуют ограничения относительно пола спортсменов и оружия. Статьи (систематические обзоры, метаанализ, литературные обзоры и оригинальные исследования) были найдены в трех онлайн-базах данных (Pubmed, SPORTDiscus и Google Scholar; 1985–2022), а ключевые слова являются различными комбинациями следующих поисковых терминов: физиология, физиологический, физический, требования, характеристики, реакции,

терморегуляторный, терморегуляция, частота сердечных сокращений, потребление кислорода, фехтование, шпага, сабля, рапира и работоспособность, результативность.

3. Физические и физиологические требования, предъявляемые к занятиям фехтованием

3.1. Характеристика двигательных действий в фехтовании

Фехтование характеризуется прерывистыми (импульсивными) действиями высокой интенсивности, в результате чего фехтовальщик выполняет несколько взрывных действий для получения очков. Прерывистый характер фехтования подчеркивается соотношением работы и отдыха. В фехтовании на шпагах соотношение работы к отдыху, как правило, составляет $\sim 1:1-2:1$ [4, 5, 10], в то время как на рапирах и саблях, как правило, более продолжительный период отдыха по сравнению с фехтованием на шпагах, с соотношением работы к отдыху $\sim 1:1-1:3$ и $\sim 1:5-1:6$ соответственно. Кроме того, было показано, что фехтовальщики будут работать дольше во время боя на шпагах (15 секунд), чем на рапирах (5 секунд) и на саблях (2,5 секунды) во время выполнения укола [1, 4, 10]. Таким образом, существуют явные различия между оружием, в котором фехтование на саблях является более взрывным, а для фехтования на шпагах больше характерен субмаксимальный компонент работоспособности. Система приоритета также влияет на модель работы с каждым оружием. В соревновании на рапирах и саблях с целью результативности исключительно важно участие в первом атакующем движении, чтобы арбитр засчитал его как атакующее и присудил очки. В фехтовании со шпагами отсутствует система приоритета, поэтому, чтобы преодолеть соперника, соревнование имеет более тактический характер.

Предыдущие исследования в фехтовании использовали хронометрический анализ движений [5, 7, 8, 10], который показывает понимание требований, предъявляемых к движению в фехтовании. Исследования Aquili et al. (2013) [10] и Bottoms et al. (2013) [5] анализировали хронометраж движения для определения соотношения работы и отдыха в фехтовании. Кроме того, Bottoms et al. (2013) [5] анализировали хронометраж движения во времени смоделированного соревнования для создания протокола фехтования на шпагах. Авторы подчеркнули важность движений рук, как и движений ног в рамках обучения фехтованию из-за аналогичных оценок воспринимаемых нагрузок (RPE) для рук и ног по сравнению с общей воспринимаемой нагрузкой (RPE). Исследования Wylde et al. (2013) [7] и Wylde & Yong (2015) [8] определили различную интенсивность движений в фехтовании на рапирах с помощью анализа хронометража движений. Они определили, что $\sim 8\%$, $\sim 41\%$ и $\sim 51\%$ движений были движениями высокой, умеренной и низкой интенсивности соответственно. Из-за субъективного характера анализа хронометража движений, исследователи, тренеры и практики могут неправильно интерпретировать типы движений при планировании тренировочного процесса. Поэтому необходимо выработать конкретные определения движений для осуществления анализа движений в фехтовании. Кроме того, в фехтовании с применением всех трех видов оружия имеются крайне ограниченные данные, касающиеся способов передвижения.

Технологические достижения в спорте (GPS) или системы на основе акселерометров стали популярным и более практичным вариантом анализа спортивных показателей, чем анализ хронометража движений [11, 12]. Эти системы предоставляют подробную информацию о внешней нагрузке спортсменов в режиме реального времени, такой как ускорение, скорость, пройденное расстояние (а также о внутренней нагрузке при измерении таких физиологических показателей, как частота сердечных сокращений, ЧСС), предоставляя общую оценку тренировочной нагрузки [13]. Одно из ранее проведенных исследований для количественной оценки движения в фехтовании использовало систему на основе акселерометра [6]. А результаты исследования, проведенного Oates et al. (2019) [6] во время смоделированного соревнования на шпагах, показали, что шпажисты покрыли 283 ± 93 m (78 ± 15 m.min⁻¹) во время боев пула и 833 ± 261 m (75 ± 13 м. мин⁻¹) во время боев на прямое выбывание. Кроме того, было определено, что шпажисты достигли пиковых скоростей $3,4 \pm 0,7$ м.с.⁻¹ и $3,9 \pm 0,8$ м.с.⁻¹ и средних скоростей $1,3 \pm 0,2$ м.с.⁻¹ и $1,1 \pm 0,2$ м.с.⁻¹ в поединках пула и прямого выбывания соответственно. Также было показано, что ~4 %, ~42 % и ~54 % движений считались высокой, умеренной и низкой интенсивности в поединках пула и ~4 %, ~45 % и ~51 % движений считались высокой, умеренной и низкой интенсивности в боях прямого выбывания. Эти данные аналогичны ранее полученным характеристикам движений в фехтовании на основе хронометража [7, 8]. Дальнейшие исследования должны проводиться с использованием этих технологических достижений для определения характеристик движения в фехтовании на саблях и рапирах, а также для подтверждения результатов в фехтовании на шпагах. Наряду с интенсивностью движения, важное значение имеют показатели скорости и изменения направления движения, которые состоят из ускорений и замедлений и являются важными факторами, определяющими эффективность фехтования [4]. Предоставление тренерам и практикам данных о скорости, ускорении, замедлении, пройденном расстоянии и тренировочной нагрузке позволит планировать тренировочные программы в соответствии с требованиями, предъявляемыми для участия в соревновании.

Кроме того, связь внешних требований к фехтованию с внутренними требованиями (такими как ЧСС, потребление кислорода (VO_2), концентрация лактата крови и температура тела) позволит лучше понимать пути достижения высокой эффективности в фехтовании. Кроме того, понимание требований, предъявляемых к движению в фехтовании, позволит разработать соответствующие тесты по оценке функциональной подготовленности, облегчая тем самым разработку и оценку стратегий восстановления между боями и между днями соревнований.

3.2. Реакция частоты сердечных сокращений во время фехтования

Измерение ЧСС является простым и экономически эффективным методом измерения интенсивности физической и внутренней нагрузки [14, 15]. Измерение ЧСС во время соревнований позволяет тренерам и практикам планировать тренировочные программы, позволяющие спортсменам работать с соревновательной интенсивностью во время тренировок. Частота сердечных сокращений

Таблица 1 – Реакция сердечного ритма во время смоделированного и соревновательного фехтования (среднее значение \pm SD)

Авторы научных работ	Оружие	Пол участника	Моделирование или соревнование по фехтованию	Средн. ЧСС (уд/мин ⁻¹) (% макс. ЧСС, если указана)	Пиковая ЧСС (уд/мин ⁻¹) (% макс. ЧСС, если указана)
Bottoms et al. (2011) ¹⁴	Шпага	Женщина	Моделирование	DE: \sim 173 (87 \pm 3 %)	Не указан
Bottoms et al. (2013) ⁵	Шпага	Мужчина	Моделирование	Poule: 155 \pm 14 DE: 157 \pm 14	Poule: 173 \pm 15 DE: 179 \pm 15
Iglesias & Rodriguez (1995) ¹⁸	Рапира	Женщина	Соревнование	Poule и DE: 173 \pm 7	Не указан
Iglesias & Rodriguez (1995) ¹⁸	Шпага	Мужчина	Соревнование	Poule и DE: 166 \pm 8	Не указан
Iglesias et al. (2019) ¹⁵	Шпага	Мужчина	Моделирование	Poule: 15 \pm 22 DE: 164 \pm 11	Poule: 170 \pm 14 DE: 179 \pm 8
Li et al. (1999) ¹⁶	Шпага	Женщина	Моделирование	Poule: 150 \pm 7	Poule: 178 \pm 7
Milia et al. (2013) ¹⁷	Не указано	Мужчина	Моделирование	DE: \sim 160–170	Не указан
Oates et al. (2019) ⁶	Шпага	Мужчина	Моделирование	Poule: 168 \pm 12 (86 \pm 7 %) DE: 169 \pm 14 (87 \pm 6 %)	Poule: 180 \pm 11 (92 \pm 6 %) DE: 187 \pm 13 (96 \pm 5)
Wylde & Yong (2015) ⁸	Рапира	Женщина	Соревнование	Абсолютная ЧСС не указана (Poule: 93 %, DE: 97 %)	Не указан

Примечание: DE – соревнования на прямое выбывание; Poule – соревнования пула.

во время фехтования была зарегистрирована как в моделируемом [5, 6, 16–19], так и в соревновательном фехтовании [8, 20] (таблица 1). Результаты большинства исследований показали высокую частоту сердечных сокращений (ЧСС) во время фехтования, при этом средняя частота сердечных сокращений (HRav) составляла 75–100 % от максимальной частоты сердечных сокращений (таблица 1). Это говорит о том, что во время соревнования может развиваться высокое сердечно-сосудистое напряжение. Пиковая частота сердечных сокращений также имеет тенденцию к повышению (~5 %) во время боев на прямое выбывание по сравнению с боями пула, вероятно, в результате их большей продолжительности [6] и большего напряжения в фазе соревнования на прямое выбывание, что приводит к повышению уровня катехоламина [21].

Как показано в таблице 1, моделируемое фехтование имеет тенденцию давать более низкую реакцию ЧСС по сравнению с соревнованием, однако имеются очень ограниченные соревновательные данные. Кроме того, отсутствуют исследования пиковой ЧСС во время соревнования. Пиковые показатели ЧСС могут указывать на максимальное напряжение сердечно-сосудистой системы, которое испытывает фехтовальщик во время соревнования, предоставлять информацию для планирования тренировочных сессий с целью соответствия максимальным требованиям, предъявляемым к работоспособности, и информировать о стратегиях восстановления. Существование значительных стандартных отклонений в исследованиях как для средней, так и для пиковой ЧСС, объясняется исследованием различных стилей фехтования, например, наступательных и оборонительных стилей, а также регистрации абсолютной ЧСС в отличие от относительного процента максимальной ЧСС. Более того, ранее проводившиеся исследования фехтования привлекали спортсменов разного возраста в одном и том же исследовании. Участники разных возрастов могут повлиять на показатели стандартного отклонения, поскольку максимальная ЧСС имеет тенденцию снижаться с возрастом [22, 23], поэтому предоставление относительных процентов может быть лучшим методом использования данных ЧСС. Более опытные фехтовальщики могут иметь более низкую ЧСС, чем начинающие фехтовальщики, благодаря большей адаптации к тренировкам по фехтованию и, таким образом, иметь возможность конкурировать с более высокой интенсивностью. Таким образом, мониторинг ЧСС во время тренировки предоставляет данные для оценки уровня адаптации организма к тренировочному процессу. Дальнейшие исследования необходимы для оценки представленной гипотезы.

3.3. Потребление кислорода и расход энергии в фехтовании

Практические сложности измерения выдыхаемого газа во время фехтования (т. е. у спортсменов, носящих защитную фехтовальную маску) ограничивают исследования по оценке реакции VO_2 и расхода энергии (energy expenditure, EE) [6, 16, 17, 24, 25]. Во время национальных соревнований показатели VO_2 равнялись 54 ± 4 мл.кг⁻¹.мин⁻¹ у мужчин-фехтовальщиков и 40 ± 7 мл.кг⁻¹.мин⁻¹ у женщин-фехтовальщиц на рапирах со средним содержанием VO_2 от 56 до 74 % от максимального потребления кислорода ($\text{VO}_{2\text{max}}$)

с пиком $\dot{V}O_2$ во время боя 75–99 % $\dot{V}O_{2max}$ [24, 25]. Во время смоделированного соревнования на шпагах [16] были аналогичные ответные реакции со средним показателем $\dot{V}O_2 \sim 35\text{--}37 \text{ мл.кг}^{-1}.\text{мин}^{-1}$ (~ 75 % $\dot{V}O_{2max}$ с $\dot{V}O_{2max}$, полученным во время теста на беговой дорожке с увеличивающейся нагрузкой [16]). Исследование процесса смоделированного фехтования, проведенное Iglesias et al. (2019) [17], показало более высокое относительное содержание $\dot{V}O_2$, чем результаты Bottoms et al. (2011) [16] и Oates et al. (2019) [6], но более низкий показатель относительного $\dot{V}O_2$ ($\sim 44,2$ против $\sim 53,9 \text{ мл.кг}^{-1}.\text{мин}^{-1}$), чем более ранние исследования Iglesias & Rodríguez (1999, 2000) [24, 25]. А именно, бои пула показывали более низкий $\dot{V}O_2$, чем бои на прямое выбывание ($\sim 39 \text{ мл.кг}^{-1}.\text{мин}^{-1}$ против $\sim 47 \text{ мл.кг}^{-1}.\text{мин}^{-1}$) (Iglesias et al., 2019) [17]. Однако Oates et al. (2019) [6] сообщили о сходных средних показателях $\dot{V}O_2$ ($\sim 37 \text{ мл.кг}^{-1}.\text{мин}^{-1}$) и пиковых $\dot{V}O_2$ ($\sim 50 \text{ мл.кг}^{-1}.\text{мин}^{-1}$) в поединках пула и на прямое выбывание. При этом ответные реакции $\dot{V}O_2$ измерялись только во время смоделированного фехтования, а не фактического соревнования [6, 16, 17] и оценивались с использованием данных ЧСС [24, 25].

Ранее сообщалось об энергетических затратах в фехтовании [6, 16, 17, 19, 24, 25]. Iglesias & Rodríguez (1999, 2000) [24, 25] сообщали, что показатели энергетических затрат на международных и национальных соревнованиях составляли $\sim 15,4 \text{ ккал.мин}^{-1}$ и $\sim 12,3 \text{ ккал.мин}^{-1}$ соответственно, с более высокими показателями энергетических затрат у мужчин, чем у женщин-фехтовальщиков ($\sim 19,5$ против $\sim 10,7 \text{ ккал.мин}^{-1}$). Как отмечалось выше, необходимы дальнейшие исследования для оценки энергетических затрат в процессе соревновательного фехтования с применением всех видов оружия.

3.4. Ответная реакция концентрации лактата крови во время фехтования

Для определения вклада энергетической системы в фехтовании представлена информация о концентрации лактата крови (таблица 2) [6, 16, 18–20, 26]. Сообщалось об относительно низких значениях концентрации лактата крови, как правило, ниже используемого порога начала накопления лактата в крови (onset of blood lactate accumulation, OBLA – $< 4,0 \text{ ммоль.л}^{-1}$). Напротив, Milia et al. (2013) [19] сообщили о концентрации лактата крови $\sim 7,0 \text{ ммоль.л}^{-1}$ после одного боя на прямое выбывание (3×3 минуты). В литературе имеются противоречивые данные об энергетической системе, которая преимущественно используется в фехтовании. Результаты ряда исследований показали, что фехтование может использовать алактатные и гликолитические энергетические системы [1, 4, 6, 26], предполагая, что аэробная система не имеет ключевого значения [4]. Это может быть связано с баллами, полученными в результате выполнения взрывных движений высокой интенсивности. Исследования Bottoms et al. (2011) [16], Oates et al. (2019) [6] и Yang et al. (2022) [9], однако, предполагают, что фехтовальщики могут также полагаться на аэробные источники энергии, в частности, во время фехтования на шпагах, которое характеризуется более продолжительными периодами работы, чем фехтование на рапирах и саблях. Yang et al. (2022) [9] показали, что в $\sim 80\text{--}90$ % фехтовального боя используется аэробная энергетическая система. Аэробная система имеет

54 Таблица 2 – Концентрация лактата крови во время моделируемого и соревновательного фехтования. Приблизительные значения, полученные при измерении и группировании (классификации) концентрации лактата крови в разные моменты времени ведения протоколов фехтования

Авторы научных работ	Оружие	Участник/Пол	Тип поединка	Концентрация лактата крови (ммоль/л ⁻¹)
Bottoms et al. (2011) ¹⁴	Шпага	Женщина	Моделирование DE	~2,8
Iglesias & Rodriguez (1995) ¹⁸	Шпага	Мужчина	Poule и DE	~3,2
Li et al. (1999) ¹⁶	Шпага	Женщина	Poule	~3,2
Oates et al. (2019) ⁶	Шпага	Мужчина	Poule	~3,6
Oates et al. (2019) ⁶	Шпага	Мужчина	DE	~2,7
Iglesias & Rodriguez (1995) ¹⁸	Рапира	Женщина	Poule и DE	~4,2
Turner et al. (2018) ²⁴	Сабля	Мужчина	Poule	~3,0
Turner et al. (2018) ²⁴	Сабля	Мужчина	DE	~3,6
Milia et al. (2013) ¹⁷	Не указано	Мужчина и женщина	DE	~7,0

Примечание: DE – соревнования на прямое выбывание; Poule – соревнования пула.

важное значение во время подготовительных движений низкой интенсивности перед выполнением атакующих движений и с целью восстановления анаэробной системы для поддержания повторяющихся высокоинтенсивных движений [6, 9, 16]. Однако существует распространенное мнение, что фехтование действительно зависит от энергетической системы фосфокреатина для обеспечения взрывных движений.

Из-за большой продолжительности соревновательного дня фехтовальщики могут утомиться и стать более зависимыми от аэробных источников энергии, особенно в фехтовании на шпагах, где продолжительность боев и рабочих периодов больше, чем в фехтовании на рапирах и саблях, которые имеют более длительные периоды восстановления для возобновления запасов фосфокреатина. Понимание энергетических требований фехтования со всеми видами оружия важно для тренеров и практиков для разработки тренировочных программ, нацеленных на использование корректных энергетических систем, чтобы помочь спортсменам оптимально подготовиться к соревнованию [26].

3.5. Перцептивные ответные реакции в процессе фехтования

Субъективные оценки усталости спортсмена являются хорошим показателем интенсивности его действий и простой мерой, используемой тренерами и практиками для оценки состояния спортсмена во время тренировок и соревнований [15]. Однако в литературе существует ограниченная информация об уровне восприятия усталости (rate of perceived exertion, RPE) в фехтовании [5, 6, 26]. Во время моделирования соревнования по фехтованию на шпагах аналогичные значения RPE наблюдались во время боев пула [5, 6] с общим показателем RPE (overall RPE, RPE_O) ~11, RPE для ног (leg RPE, RPE_L) ~11 и RPE для рук (arm RPE, RPE_A) ~10. Напротив, во время боев на прямое выбывание Oates et al. (2019) [6] по сравнению с Bottoms et al. (2013) наблюдал большую общую степень восприятия усталости (RPE_O) (~15 vs. ~13) и RPE для ног (~14 vs. ~12) и аналогичные показатели для руки (RPE_A) (~12 vs. ~13), показателя общей усталости (RPE_O) ~1, ноги (RPE_L) ~11 и руки (RPE_A) ~10. Такие дифференцированные показатели RPE полезны для фехтования, чтобы оценить развитие локальной усталости в руках от движений оружием и в ногах в результате выполнения в ходе поединка повторяющихся движений с высокой интенсивностью [4]. Что касается сабли, соревнования показали результаты [26] аналогичные средним показателям RPE_O в пулах на шпагах (12±2) и на прямое выбывание (DE) (14±3). Кроме того, от раунда к раунду в соревнованиях на прямое выбывание на саблях наблюдалось увеличение восприятия общей усталости (RPE_O) с первого соревнования на прямое выбывание (DE) (~12) до последнего (~15). Растущее восприятие прилагаемых усилий может указывать на то, что в процессе приближения к нокаут-раундам повышается сопротивление соперников (то есть лучших сеяных фехтовальщиков из фазы пула), что повышает восприятие усилий у фехтовальщиков из-за большой интенсивности боев (физиологически и психологически).

Результаты исследования Bottoms et al. (2013) [5] также подчеркнули, что локальная мышечная усталость рук и ног может повлиять на работоспособность и показатели усталости в фехтовании с теми же показателями нагрузки, что и для общего показателя RPE. Это может быть результатом воздействия

веса оружия на вытянутую руку, когда спортсмен находится в позиции *en guard stance* и направляет силы, необходимые для отклонения меча противника с целью отражения атаки (*parry*). Ноги, скорее всего, устают из-за повторного выпада с целью атаки противника [4], атакующих движений высокой интенсивности и отступающих движений, чтобы избежать атаки. Фехтовальщики также постоянно двигаются вперед и назад (скачками), чтобы сохранить дистанцию со своим противником и инициировать атакующие и оборонительные движения, которые могут вызвать усталость в ногах. Будущие исследования в области фехтования должны включать дифференцирование уровня восприятия усталости (RPE) для оценки субъективного восприятия фехтовальщиками прилагаемых усилий и эффективности их действий во время соревнования и для дополнения показателей объективных физиологических измерений.

3.6. Проблемы терморегуляции во время фехтования

Процесс фехтования создает проблемы терморегуляции для организма спортсмена. Во-первых, соревнования по фехтованию могут продолжаться от 9 до 11 часов [1], поэтому в течение одного дня проводится большое количество боев с выделением потенциально большого количества тепла, которое вырабатывается активными мышцами верхней и нижней части тела и накапливается в организме. Во-вторых, и самое главное, соревнующиеся фехтовальщики покрыты с головы до ног многослойной защитной одеждой, которая препятствует рассеиванию тепла. Защитная одежда фехтовальщиков состоит из толстой защитной тканевой куртки, нижнего белья, состоящего из защитного подпластрона (для защиты жизненно важных участков верхней части тела), бриджей, брюк, длинных носков, перчатки для руки, держащей оружие, защиты на грудь (только для женщин), и фехтовальной маски. Дополнительно фехтовальщики носят спортивную форму под этой защитной одеждой. Защитная одежда также должна отвечать требованиям безопасности, изложенным в Программе Международной федерации фехтования [27]. Спортсмены на рапирах и саблях также должны носить дополнительную проводящую куртку в виде тонкой металлической пластины (*lame*) из-за применяемой электрической системы подсчета очков. Ранее не проводилось никаких исследований, конкретно касающихся терморегуляции в фехтовании. Сообщалось, что средняя температура в желудочно-кишечном тракте (*T-gast*) [6] после поединка в пуле составляла 37,8°C и 38,4°C – после поединков на прямое выбывание (DE), важно отметить, что в некоторых поединках DE были зарегистрированы пиковые значения температуры >39°C. Кроме того, *T-gast* перед боем была на ~0,4°C выше в боях на прямое выбывание, чем в пулах, что предполагает накопление тепла перед DE раундами.

Из-за времени, необходимого для снятия защитной одежды и коротких периодов отдыха между боями, составляющих всего 10–15 минут, фехтовальщики часто снимают только маску и перчатку между боями. Как ни странно, фехтовальщики боятся остыть слишком сильно, если они снимут свою защитную одежду, что, по их мнению, может повлиять на силовые показатели во время боя. Однако в процессе фехтования нарушаются испарительные и конвективные механизмы теплопотери из-за закрытого кожного покрова, а толстая защитная одежда еще

больше повышает сопротивление изоляции [28]. Следовательно, потеря тепла после боя важна для снижения температуры кожного покрова и связанного с этим сердечно-сосудистого напряжения в период восстановления между боями [29]. Маловероятно, что фехтовальщики остынут, сняв защитную одежду между боями, из-за жаркого микроклимата, созданного защитной одеждой [30], и наличием возможности вновь разогреться перед очередным боем. Кроме того, использование защитной маски препятствует процессу теплоотдачи от области головы во время физической нагрузки. Результаты исследований показали, что голова может служить в качестве теплоотвода и обеспечивать необходимые потери тепла, особенно при повышении температуры окружающей среды [31]. Защитная маска способствует повышению температуры в области лица и влияет на тепловые ощущения и комфорт из-за воздействия на локальные терморецепторы [32–34], что может сказаться на эффективности фехтования. Следовательно, возникает повышенное восприятие прилагаемого усилия во время фехтования, так как температура лица оказывает непропорционально большое воздействие на восприятие реакции на тепловой стресс [35] и может влиять на принятие решений фехтовальщиком. Использование защитной одежды в сочетании с продолжительным соревновательным днем влияет на способность организма рассеивать тепло и вызывает повышение тепловой нагрузки из-за повышенной температуры в области кора, кожных покровов, накопления тепла и перцептивных реакций. Этот дисбаланс в процессах накопления и теплоотдачи может привести к снижению эффективности фехтования и раннему развитию чувства усталости, особенно на последних стадиях соревнования (то есть в раундах на прямое выбывание), что было продемонстрировано в других видах спорта с использованием защитной одежды [37–43]. Будущие исследования должны изучать влияние терморегуляции на эффективность фехтования путем измерения температуры кожного покрова, тепловых ощущений и температуры защитной маски.

4. Выводы и практические последствия

Ранее проводившиеся исследования представили количественные данные о движениях, выполняемых во время моделируемого и соревновательного фехтования [5–8]. Фехтовальные бои состоят из движений низкой интенсивности – ~40–45 %, умеренной интенсивности – ~50 % и высокой интенсивности – ~4–10 % [6–8], подчеркивая важность аэробной и фосфокреатиновой энергетических систем. Дистанция, пройденная фехтовальщиками в бою, варьируется и зависит от использования определенного оружия. Аналогичным образом, данные о реакции сердечного ритма на движения в фехтовании варьируются и могут достигать 85–100 % от максимального сердечного ритма во время фехтования на шпагах [16] и рапирах [8]. Кроме того, было показано, что среднее значение VO_2 во время фехтования на шпагах составляет ~75 % $\text{VO}_{2\text{max}}$ [6, 16, 25]. Из-за относительно низких показателей концентрации лактата крови, полученных в моделированном и соревновательном фехтовании, которые, как правило, ниже $4 \text{ ммол}\cdot\text{л}^{-1}$ [4, 6, 16, 26], вероятно, существует более сильная зависимость от аэробных энергетических систем в процессе соревновательного поединка, особенно это относится к фехтованию на шпагах. Ношение защитной одежды во время соревнования, которая покрывает все тело с головы до ног в сочетании

с высокими физиологическими требованиями фехтования, создает проблему рассеивания тепла, потенциально вызывая снижение работоспособности (о чем не упоминают в научной литературе) из-за чувства усталости и повышения температуры кора и кожных покровов, как это отмечается в других видах спорта [38, 43]. Уровень воспринимаемой усталости (RPE) выше во время боев на прямое выбывание (DE) по сравнению с боями пула, особенно в более конкурентных сценариях, однако, из-за ограниченных данных представляются сходными в фехтовании на шпагах и саблях.

Понимание физиологических требований, предъявляемых к фехтованию, имеет большое значение для спортсменов, тренеров и практиков. Во-первых, понимание физиологических требований проведения соревнований позволяет тренерам и практикам соответствовать требованиям подготовки к соревнованиям, позволяя спортсменам подходить к ним максимально подготовленными. При подготовке к соревнованиям программы тренировок должны осуществляться с учетом воздействия как фосфокреатиновых, так и аэробных энергетических систем. Кроме того, получение физиологических данных в условиях соревнований позволит осуществлять необходимые программы восстановления между боями для сохранения или повышения показателей. Простые измерения, такие как частота сердечных сокращений и RPE, дают хорошее представление спортсменам, тренерам о требованиях, предъявляемых к результативному фехтованию, если более сложное оборудование, такое как системы на основе акселерометров, является недоступным.

Резюме

- Физиологические требования к эффективности фехтования являются высокими, поскольку фехтовальщики соревнуются при 75–100 % максимальной частоты сердечных сокращений и ~75 % максимального потребления кислорода.
- В научной литературе представлены данные о зависимости результативного фехтования от фосфокреатиновой энергетической системы, а более поздние исследования показали важность аэробной энергетической системы в процессе фехтования.
- Терморегуляторные реакции процесса фехтования недостаточно изучены. Использование защитной одежды в сочетании с продолжительным соревновательным днем влияет на способность организма рассеивать тепло и вызывает увеличение тепловой нагрузки. Дисбаланс в выработке и теплоотдаче приводит к снижению эффективности фехтования и раннему развитию усталости, особенно на последних этапах соревнования.

Статья содержит 43 источника литературы, с которыми можно ознакомиться по адресу: <https://repository.mdx.ac.uk/download/5d36643139812e9a192a63aa73d0caae6b43141eccff9cdabc42a5c64975115/320890/PDF%20Oates%20et%20al%202023%2073815-physiological-demands-of-fencing-a-narrative-review.pdf>.

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