

**Методические рекомендации по применению биомеханических и
физиологических методов оценки подготовленности спортсменов,
специализирующихся в прыжковых дисциплинах**

Москва 2013

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	3
1. Биомеханические параметры движений в прыжковых дисциплинах...	5
2. Физиология выполнения прыжков.....	17
3. Методы видеоанализа движений в прыжковых дисциплинах.....	20
4. Физиологические методы оценки подготовленности спортсменов, специализирующихся в прыжковых дисциплинах.....	24
Заключение.....	33

Введение

В прыжковых дисциплинах (легкая атлетика, прыжки в воду, прыжки с трамплина, спортивная гимнастика и др.) биомеханические параметры, а также скоростно-силовые возможности играют определяющую роль в достижении спортивного результата. К биомеханическим методам оценки подготовленности спортсменов, специализирующихся в прыжковых дисциплинах, следует отнести стабилографию, видеоанализ движений и тензометрию. С другой стороны, такие физиологические методы, как тест Вингейта, изокинетическая динамометрия и использование силовых платформ позволяют оценить скоростно-силовые характеристики.

Методика стабилографии приобрела актуальное значение в измерении и оценке статодинамической устойчивости в прыжковых дисциплинах. При всей сложности комплекса аппаратуры, используемой в методике стабилографии, спортсмен во время измерений не обременяется креплением датчиков к биозвеньям тела, ему лишь необходимо встать на стабилографическую платформу и выполнить ряд тестов на равновесие либо контрольное упражнение.

Стабилометрические методы решают ряд актуальных спортивно-педагогических задач: 1) исследование статодинамической устойчивости тела спортсмена и системы тел, количественная и качественная оценка этой устойчивости, дополнение знаний о спортивной технике упражнений; 2) осуществление контроля качества обучения упражнениям, связанным со сложным двигательным навыком сохранения равновесия тела; 3) определение функционального состояния организма спортсмена по показателям статодинамической устойчивости; 4) определение уровня и динамики тренированности функции балансирования в системе взаимодействующих тел; 5) проведение прогнозирования и профессиональный отбор спортсменов в команду.

При видеоанализе прыжков осуществляется многофакторный и объективный анализ нейромышечных и биомеханических параметров движения прыгунов, включая анализ движения различных сегментов тела, постурографический анализ и др. Дополнительное использование силовых пьезо-электрических платформ в прыжковых дисциплинах позволяет оценить кинематические параметры движения, векторы приложения силы, определить углы и динамику движения, оценить силу в прыжке и координацию.

1. Биомеханические параметры движений в прыжковых дисциплинах

Прыжковые дисциплины легкой атлетики характеризуются сложностью выполнения соревновательных упражнений, среди которых прыжок с шестом является наиболее сложным.

Характеристика современной техники горизонтальных прыжков

Выявленные тенденции в развитии горизонтальных легкоатлетических прыжков за последние 20 лет позволили сформулировать основные методические положения современной техники в прыжках в длину и тройном прыжке.

Современная техника тройного прыжка.

Выдающийся мировой рекорд и победы на крупнейших соревнованиях Д. Эдвардса увеличили количество сторонников «скоростного» стиля тройного прыжка среди российских прыгунов. Наши спортсмены в основном перешли от «скачок-доминирующей» к «сбалансированной» технике тройного прыжка.

Отличительными чертами современной техники этого вида является быстрый разбег (скорость на последних шагах около 11 м/с) с характерным набеганием на последнем 5-метровом участке (увеличение скорости 0,1-0,5 м/с относительно предпоследнего 5-метрового участка разбега). Без выраженной подготовки выполняется вход в «скачок» по низкой траектории, что позволяет избежать значительных потерь горизонтальной скорости в первом отталкивании. Потери скорости здесь составляют у лучших прыгунов 0,6-0,7 м/с.

В полетных фазах «скачка» и «шага», высота траекторий которых отличается незначительно, подготовка к отталкиванию начинается в полетной фазе: толчковая и маховая ноги активно движутся навстречу друг

другу. Ранний, еще в полетной фазе, разгон маховой ноги создает ее высокую угловую скорость к моменту постановки ноги на опору, уменьшая одновременно ударные вертикальные усилия в опоре. В результате, несмотря на близкую к проекции ОЦМ постановку ноги (0,30-0,35 см), активное выполнение маха ногой в сочетании с работой рук и стопы позволяет «подхватить» прыгуна в заключительной части отталкивания. Близкая постановка опорной ноги к проекции ОЦМ и незначительная амортизация в коленном и тазобедренном суставах сокращают время опоры и снижают потери горизонтальной скорости. Известно, что большую часть времени опоры горизонтальная составляющая опорной реакции направлена навстречу прыгуну. Поэтому сокращение времени опоры уменьшает падение горизонтальной скорости в отталкиваниях.

«Загребаящая» постановка ноги в сочетании с высокой скоростью движения ноги навстречу прыгуну уменьшает стопорящий эффект при встрече с землей, приводит к уменьшению момента, опрокидывающего туловище прыгуна вперед. Как следствие, это позволяет раньше начать разгибание в суставах опорной ноги. Данное заключение согласуется с данными биомеханических исследований, проведенных Л.Л. Шалмановым, где отмечается, что лучшего результата в прыжках добиваются спортсмены, у которых активное торможение и последующее разгибание туловища осуществляются до завершения периода амортизации.

Следствием такой организации движений является значительно меньшая амортизация в коленном и тазобедренном суставах опорной ноги. Данный способ выполнения отталкиваний позволяет развивать значительные динамические усилия при незначительном времени опоры во втором и третьем отталкиваниях тройного прыжка (0,12-0,15 с).

Уменьшение ударных вертикальных усилий во втором отталкивании снижает амортизацию в суставах опорной ноги и уменьшает время опалкиваний (суммарный угол амортизации в коленном и тазобедренном суставах

в фазе амортизации второго отталкивания достоверно меньше у спортсменов «скоростного» плана). В условиях уменьшения периода взаимодействия с опорой и рабочей амплитуды в коленном и тазобедренном суставах опорной ноги при создании рабочих усилий в отталкиваниях происходит перераспределение рабочих механизмов от мышечного аппарата в сторону работы связочно-сухожильного аппарата спортсмена.

Это перераспределяет и акценты в подготовке прыгунов от силовой работы «жимового» характера в рабочих углах в суставах 45-170 фал (приседы, полуприседы, вставания на опору, толчки штанги, ходьба выпадами) к работе «взрывного» характера в рабочих углах 130 180 град (спрыгивания с места и с разбега, выпрыгивания, подскоки, многое коки с отягощением). «Взрывные» упражнения ударного метода развития силы, специальные упражнения для укрепления связок воздействуют в большей степени на развитие связочно-сухожильного аппарата прыгуна, играющего важнейшую роль в отталкиваниях тройного прыжка.

Обязательным условием выполнения таких отталкиваний является высочайший уровень специальной скоростно-силовой подготовленности и реактивной способности НМА прыгуна.

Анализ динамических и временных показателей опорных реакций в отталкиваниях тройного прыжка позволил сформулировать следующее положение: совершенствование техники выполнения опорных фаз в тройном прыжке необходимо вести по направлению уменьшения отрицательных продольных сил (постановка ноги ближе к проекции ОЦМ тела прыгуна) при увеличении положительного импульса продольной составляющей опорной реакции.

Однако, задача создания вертикальной скорости и. соответственно, вертикального усилия значительно усложняет эту задачу, т.к. при близкой постановке необходимо суметь создать значительные вертикальные усилия. Отличительной чертой техники выполнения отталкиваний мирового Д.

Эдвардса заключается, как раз в умении создать вертикальные усилия при близкой постановке ног на опору (время отталкиваний у мирового рекордсмена на 20% меньше, чем у лучших прыгунов 70-80-х годов и на 8% меньше потери горизонтальной скорости в отталкиваниях). Здесь особое значение приобретают точные двигательные установки при совершенствовании отталкивания:

- при постановке и отталкивании «таз под себя и сразу вверх, активно подхватив себя махом»;

- в заключительной части отталкивания - «активно дотолкнуться стопой». Необходимо отметить, что господствующая в технической подготовке прыгунов 60-80 годов двигательная установка при загребающем движении «как можно шире захватить впереди себя» приводит к значительной амортизации в суставах, увеличению времени опоры, значительным потерям горизонтальной скорости и используется прыгунами «силового» типа.

Особое значение для увеличения быстроты отталкиваний имеют маховые движения, которые необходимо начинать несколько раньше с целью повысить угловую скорость маха. Раннее движение маховой ногой в полетной фазе (ноги активно движутся навстречу друг другу) приводит к уменьшению времени взаимодействия с опорой. Активизация маховых движений связана с меньшими значениями величины угла между бедрами к моменту постановки ноги на отталкивание (25-35 град) ноги настолько быстро движутся в полетной фазе навстречу друг другу, что к моменту встречи с землей маховая нога почти «догоняет» толчковую.

Все виды подготовки в современном спорте (физическая, техническая, психологическая, соревновательная, интегральная) в конечном итоге имеют одну общую целевую задачу повышение скорости движений и умение использовать возросший уровень скоростных возможностей в соревновательном упражнении. «Скоростной» вариант техники тройного

прыжка с угод точки зрения более эффективен, т.к. позволяет лучше использовать имеющиеся скоростные возможности прыгунов.

Этот вариант, взятый на вооружение лучшими современными прыгунами, имеет преимущество еще и потому, что скоростным прыгунам нет необходимости иметь столь высокий уровень силовой подготовленности, как «силовикам», что в свою очередь дает им возможность сократить время на силовую подготовку. Каждый сантиметр высоты траектории в «скачке» и «шаге» добавляет 20-25 кг ударных усилий в последующем отталкивании, попом у вертикальные усилия при скоростном стиле тройного прыжка ниже на 20-37%. Сэкономленные усилия и время целесообразно направить на совершенствование техники движений на высокой скорости.

Сказанное выше не исключает прыгунов, обладающих при относительно невысоких скоростных показателях высоким уровнем специальной силовой и скоростно-силовой подготовленности. Такие прыгуны недостатки и скоростной подготовленности компенсируют за счет высокого уровня развития этих сторон подготовленности, прыгая с высокими траекториями полетных фаз. Следствием такой организации движений является соотношение длины фаз тройного прыжка близкое к 37+30 +33 (%). Однако, необходимо отметить, если в 70-80-х годах большинство отечественных прыгунов брало на вооружение «силовой» стиль прыжка, то сейчас его используют лишь 20-25 % российских спортсменов.

В заключении, необходимо отметить некоторые методические положения, характеризующие современную технику тройного прыжка и помогающие освоению угон техники.

1. Решающее значение для оптимизации ритма и достижения максимальных скоростных показателей разбега имеет скорость и темп беговых шагов в его базовой части, потому более эффективен «темповый» вариант разбега с быстрым нарастанием скорости с первых шагов.

2. Отсутствие «подготовки» к первому отталкиванию на последних шагах разбега и приближение структуры первого отталкивания к отталкиванию в спринтерском беге способствует эффективному входу к «скачок».

3. Увеличение скорости разбега и уменьшение амортизации в суставах в опорных фазах прыжка увеличивает показатель средней горизонтальной скорости тройного прыжка, повышая его результативность.

4. Близкая к проекции ОЦМ тела постановка ноги на второе и третье отталкивания способствует снижению потерь горизонтальной скорости в отталкиваниях тронного прыжка. Эффективному выполнению таких отталкиваний помогает раннее начало маховых движений и полетной фазе и увеличение угловой скорости маха.

Современная техника прыжка в длину.

Длина разбега к прыжкам в длину связана достоверной корреляционной связью со скоростью разбега ($r = 0,53-0,56$, $P = 0,001$), а более «скоростные» прыгуны как правило, выбирают и более длинный разбег (21-24 шага при его длине 45-52 м у мужчин и 18-21 шаг при длине 40-45 м у женщин).

С ростом квалификации увеличивается число прыгунов, использующих темповый характер разбега с быстрым нарастанием скорости и темпа беговых шагов с высокими показателями скорости уже в середине разбега. Необходимым условием такого варианта разбега является сохранение свободы движений в средней части разбега, что создаст возможность для активного набегания на планку.

Чем выше квалификация прыгунов, тем больше характер нарастания скорости в разбеге приближается к динамике скорости в стартовом разбеге спринтеров. Все меньше прыгунов и прыгуний в длину используют вариант разбега с медленным ровным нарастанием темпа и скорости и активным набеганием на последних шагах. Оптимальные показатели разности скорости

на последнем и предпоследнем 5-метровых участках разбега в прыжках в длину составляет 0-0,05 м/с, а скорость на последних метрах разбега не должна быть ниже 97% от абсолютной скорости прыгуна, показываемой в спринте.

Таким образом, прыгун должен набрать скорость, близкую к максимальной, уже за 3-4 шага до планки и суметь сохранить эту скорость при подготовке к отталкиванию на последних шагах разбега. На последних двух шагах спортсмен создает условия для эффективного решения двигательной задачи увеличения в отталкивании вертикальной скорости (от 3,1 до 3,6 м/с) и угла вылета (от 20 до 24 градусов). Несколько удлиняя предпоследний шаг разбега (на 5-10 см), спортсмен снижает ОЦМ тела на предпоследней опоре. Некоторое подседание не должно быть связано со значительным падением скорости разбега, поэтому нецелесообразна постановка ног и далеко впереди себя на предпоследней опоре, как это делают прыгуны в высоту. Таким образом, сложность и противоречивость двигательной задачи фазы разбега в прыжках в длину состоит в сохранении скорости на двух последних шагах при необходимости снижения ОЦМ тела на предпоследнем шаге (поэтому многие прыгуны в длину используют здесь «зашагивание в сторону»).

Далее, на последнем шаге, ОЦМ движется вперед-вверх, начиная создавать вертикальную скорость движения тела. Этому способствует некоторое укорочение длины последнего шага (на 15-25 см) при значительном повышении его темповой активности (до 5,5 ш/с). Короткий последний шаг и постановка выпрямленной ноги «под себя» характеризуются большим значением угла постановки ноги на отталкивание (65-69 град.) и способствуют уменьшению амортизации в суставах толчковой ноги в фазе амортизации отталкивания. Снижение ОЦМ тела прыгуна на предпоследней опоре с последующим движением его вверх в последнем шаге

и в отталкивании способствует его эффективному выполнению, как бы «с двух ног» (аналогично отталкиванию в прыжках в высоту).

Незначительная амортизация в коленном и тазобедренном суставах толчковой ноги в фазе отталкивания способствует сокращению его времени и лучшему использованию «механизма перевернутого маятника». Разгибание опорной ноги начинается до момента прохождения проекции ОЦМ тела через опору. Отсюда у сильнейших прыгунов к длине время опоры на 15-20% меньше, чем у большинства прыгунов и близко к 0.10 с. Рост скорости разбега и уменьшение времени опоры сочетается с увеличением угловой скорости маховой ноги.

Маховое движение начинается уже в полётной фазе последнего шага, до постановки ног на отталкивание (угол между бёдрами в момент постановки ноги на отталкивание у ведущих прыгунов имеет достоверно меньшие значения и составляет 32-37 градусов). Укорочение последнего шага в сочетании с ускорением маховых движений способствует уменьшению амортизации в суставах опорной ноги и снижению потерь горизонтальной скорости в отталкивании (большую часть времени опоры горизонтальная составляющая опорной реакции направлена навстречу прыгуну). Следствием такой организации движений является увеличение углов отталкивания и вылета, а, следовательно, и результата в прыжке.

В прыжках в длину так же, как в тройном прыжке, существуют два способа решения двигательной задачи: «скоростной» и «силовой». Как правило, высококвалифицированные прыгуны выбирают тот или иной вариант техники в соответствии со своими сильными сторонами подготовленности.

«Скоростной» вариант решения двигательной задачи характеризуется:

- положительным приростом скорости на последнем 5-метровом участке разбега (0,10-0.20 м/с):

- меньшей разницей в длине предпоследнего и последнего шагов; - более ровным ростом темпа последних беговых шагов;
- большим углом постановки ноги на отталкивание (нога ставится «жёстко-под себя»);
- меньшим значением угла отталкивания («пробегающий» характер отталкивания, которое выполняется «вдогонку»);
- меньшим показателем отрицательной горизонтальной составляющей опорной реакции;
- большим значением горизонтальной составляющей скорости вылета;
- большим значением угла в КС в фазе амортизации в предпоследней опоре (меньше подседание на предпоследнем шаге). «Силовой» вариант техники характеризуется:
- отрицательным или нулевым значением прироста скорости на последнем 5-метровом участке разбега;
- значительной разницей в длине последнего и предпоследнего шага разбега (0,2-0,25 м);
- значительным приростом темпа на последнем беговом шаге (0,5-0,9 ш/с
- большей амортизацией в КС на предпоследней опоре;
- меньшим углом постановки ноги на отталкивание;
- большими значениями углов отталкивания и вылета; - большим значением вертикальной составляющей скорости вылета;
- большим значением отрицательной горизонтальной составляющей опорной реакции.

Решение двигательной задачи по силовому варианту связано со значительно большими нагрузками на ОДА прыгуна, требует большего силового потенциала и, соответственно, тренировочного времени. Необходимо отметить, что значительные ударные нагрузки повышают

вероятность перенапряжений ОДА и травм у спортсменов, что также является отрицательной стороной этого варианта прыжка.

Как в тройном прыжке, так и в прыжках в длину процесс экономизации тренировочного процесса привел к формированию современной техники горизонтальных прыжков, направленной на максимально эффективное решение двигательной задачи при минимальных ударных силовых нагрузках в опорных фазах прыжка.

Прыжок с шестом

По составу прыжок с шестом условно подразделяется на разбег, опорно-толчковую и опорно-полётную части. Современная (универсальная) техника в исполнении женщин характеризуется следующими показателями табл. 1. Опорно-толчковая часть (отталкивание). Время отталкивания в пределах 0,14-0,18 с - у женщин; в пределах 0,15-0,16 с - у девушек. Нахождение путей максимальной корреляции в системе признаков опорно-толковой части прыжка позволило выделить узловые элементы ее техники (рис 1). Высокий уровень корреляционной связи этих факторов с результатом прыжка свидетельствует о важности этих параметров. В то же время нахождение пути максимальной корреляции позволило нам установить место и значимость каждого из сопутствующих факторов в системе движений при выполнении опорно-толковой части прыжка.

Опорно-полётная часть. И.И.Никонов (1987), рассматривая изгибающийся шест как пружину, связывает рост результатов прыжка с возможностью более эффективного использования катапультирующего свойства шеста. Он предложил рассматривать фазы опорно-полётной части прыжка исходя из действий спортсмена, направленных на сгибание шеста (вис и группировка), и действия, связанные с возможностью использования силы разгибающегося шеста (фаза протяжки и поворота). На основании третьего закона Ньютона и выполненных расчётов фазовый состав опорно-

полетной части прыжка (теоретическая модель) был представлен следующим образом: Период поворота хорды шеста (опорно-полётной части) = $60 + 20 = 100\%$. 1 - период сгибания шеста = 30° . составляет 50% поворота хорды и состоит: из виса = 18° ; 33,3% и группировки = 13° ; 16,6%; 2 - период разгибания шеста = $28 \pm 2^\circ$ поворота хорды и составляет 50% и состоит: из протяжки = $(18^\circ) - 33,3\%$; и поворота = $(10 \pm 2^\circ) - 16,6\%$.

В заключении необходимо отметить следующие методические положения и моменты, характеризующие современную технику прыжка в длину.

1. В разбеге - формирование «темпового» варианта разбега с высокой скоростью уже в середине разбега при сохранении свободы движений;

2. В отталкивании «жесткая» постановка выпрямленной ноги на отталкивание «под себя» в сочетании с активным маховым движением «вперед-вверх» и незначительная амортизация в суставах опорной ноги при максимальном использовании «механизма перевернутого маятника»;

3. Дифференцированный подход к решению двигательной задачи («силовой» или «скоростной» варианты), учитывающий индивидуальную подготовленность прыгунов.

В заключение необходимо отметить общеметодические рекомендации в технической подготовке квалифицированных прыгунов и прыгунь:

1. Техническая подготовка должна строиться таким образом, чтобы формировать технически правильное отталкивание на высокой скорости (9-10 м/с у женщин и 10,5-11,5 м/с у мужчин).

2. Техника соревновательного упражнения индивидуальна и связана со специальной физической подготовленностью прыгунов.

3. Вариативность показателей соревновательной деятельности увеличивается с ростом результата в прыжках, что объясняет существование

значительных межгрупповых различий в показателях технической подготовленности прыгунов.

4. Техническая подготовка квалифицированных прыгунов и прыгуний должна основываться на точной характеристике основных сторон тренировочного процесса с использованием модельных характеристик технической подготовленности.

2. Физиология выполнения прыжков

Учитывая, что каждый вид спорта предъявляет свои специфические требования к организму спортсменов, очевидным становится необходимость выявить специфические задатки и способности новичков к прыжкам, которые впоследствии позволят достигнуть высоких результатов.

Соответствие природных данных юных спортсменов этим требованиям является необходимым условием для успешной деятельности в данном виде спорта. В связи с этим начальный отбор юных прыгунов должен проводиться в два этапа. На первом этапе выявляются задатки и способности, которые в наибольшей степени отвечают требованиям избранных видов легкой атлетики, а на втором - из числа занимающихся привлекаются только те, которые успешно осваивают программу спортивной подготовки.

Современный уровень результатов в прыжках в длину и тройным с разбега предъявляет ряд серьезных требований к личности спортсмена. Современные прыгуны - всесторонне развитые спортсмены, которые обладают большой двигательной одаренностью, имеют высокий уровень развития быстроты, силы, прыгучести.

В исследованиях техники сильнейших прыгунов мира были выявлены особенности структуры движений, характерные для высшего спортивного мастерства. Теоретическая дальность полета тела прыгуна зависит от величины начальной скорости полета, угла и высоты вылета общего центра тяжести тела. В полете спортсмен уже не может воздействовать на траекторию, полученную в результате разбега и отталкивания, и лишь стремится сохранить равновесие и принять наиболее выгодное положение при приземлении.

Исследования техники прыжка показывают, что начальная скорость полета у лучших прыгунов составляет 9,3-9,7 м/с. Лучшие прыгуны мира к моменту постановки ноги на отталкивание достигают скорости разбега 10-

10,7 м/с. Чемпион Олимпийских игра Мехико Р. Бимон в своем рекордном прыжке на 890 см сумел развить скорость разбега 10,7 м/с.

Анализируя зависимость спортивных результатов прыгунов от скорости их разбега, ученые установили высокую корреляционную связь этих параметров ($r = 0,943$). Увеличение скорости разбега с 9,5 до 10,5 м/с соответствует увеличению дальности прыжка в длину с 750 до 850 см, а тройным - с 16,40 до 17,50 м.

Таким образом, прыгунам международного класса свойственна определенная нервно-мышечная координация, которая проявляется в высокой степени концентрации больших усилий в кратчайшие промежутки времени, обусловленные спецификой выполнения отталкивания на высокой скорости разбега. Длительность фазы толчка у спортсменов высокой квалификации в связи с большой скоростью разбега к моменту постановки ноги сокращается до 115 миллисекунд. Между результатом прыжка в длину с разбега и продолжительностью отталкивания специалистами была установлена корреляционная зависимость ($r = -0,833$).

В результате анализа имеющихся данных можно сделать вывод о том, какой уровень развития показателей должен быть у прыгунов в длину и тройным с разбега на уровне мастеров спорта международного класса.

Они должны иметь высокий уровень развития быстроты движения, скоростно-силовых и силовых качеств (100 м-10,1-10,5 с; подскок с места вверх - 86-98 см: тройной прыжок с места - 10,20-10,70 м); хорошую нервно-мышечную координацию, проявляющуюся в быстроте переключения от уступающего режима работы к преодолевающему; высокую степень концентрации усилий в рабочих фазах прыжка (проявление больших усилий в кратчайшее время - 115-118 мл/с); хорошее физическое развитие-высокий рост при относительно небольшом весе (росто-массовый индекс) - 6-12 единиц).

Таким образом, при отборе юных прыгунов необходимо учитывать исходный высокий уровень развития комплекса специфических качеств и возможность их дальнейшего целенаправленного развития.

В процессе педагогического эксперимента было установлено, что индивидуальные различия в физическом развитии юных спортсменов сохраняются на последующий период, так как ранговые перемещения по этим показателям незначительны. Установлено, что преимущество в физическом развитии (высокий рост и относительно небольшая масса) может быть дополнительным положительным фактором при отборе новичков для занятий прыжками в длину с разбега.

3. Методы видеоанализа движений в прыжковых дисциплинах

Современные инновационные технологии значительно расширяют практические возможности комплексного контроля специальной подготовленности легкоатлетов-прыгунов, позволяют по-новому взглянуть на управление их подготовкой. Появилась реальная возможность эффективно контролировать специальную подготовленность прыгунов в ходе текущих обследований непосредственно в тренировочном процессе, не отвлекая спортсменов от подготовки. Появились портативные системы оперативной оценки текущего функционального состояния спортсменов, компьютерные программы видеоанализа, позволяющие оперативно, непосредственно в ходе тренировки и соревнований с высокой точностью контролировать биомеханические параметры техники прыжка, корректируя техническую подготовку спортсмена.

Рационально использование видеоанализа с включением другого инструментария: 1) фотодиодный электронный хронометраж - позволяет регистрировать продолжительность фаз разбега и прыжковых фаз в процессе тренировочной и соревновательной деятельности без помехи спортсменам с точностью 0,001с; 2) тензодинамометрия мышечных групп прыгунов - для определения силовых и скоростно-силовых показателей основных мышечных групп прыгунов.

Система видеоанализа движений прыгунов используется для определения кинематических параметров движений спортсменов и комплексной оценки технической подготовленности прыгунов. Например, видеоанализ кинематических показателей фазы приземления показал, что, в прыжке в длину, при средней разнице результатов призеров крупнейших международных и российских соревнований в 3-10 см, даже высококвалифицированные прыгуны из-за неэффективного приземления теряют в результате 15-20 см. Проведенные исследования техники

приземления у сильнейших прыгунов страны и мира, статистическая обработка кинематических параметров фазы приземления в горизонтальных прыжках позволили разработать комплексные критерии и методику определения эффективности приземления в прыжках в длину и тройном прыжке по показателям угловых характеристик спортсменов в момент касания песка при приземлении. Отмечено, что с ростом спортивного мастерства, как у мужчин-прыгунов, так и у женщин прыгуний растут значения углов в этом положении при уменьшении угла снижения нижней точки таза спортсмена относительно горизонтали. При этом значение показателя эффективности приземления на 17% выше у мужчин-прыгунов, чем у женщин-прыгуний.

Неоспоримые успехи развития спортивной кинезиологии и восстановительной медицины последних десятилетий тесно связаны с внедрением в повседневную спортивную практику компьютерной техники. Новые методы коррекции движения включают в себя различные виды так называемой «сенсорной терапии» с применением аппаратных методов коррекции движений (многоканальная программируемая электростимуляция мышц при ходьбе, функциональное биоуправление, эмуляция ходьбы и т.п.) и технических средств реабилитации (рефлекторно-нагрузочные устройства).

Однако включение тех или иных высокотехнологичных методов помощи спортсменам с ошибками в технике движений в индивидуальную тренировочную программу должно быть не только анатомически обоснованным, но и оптимальным по соотношению цена/эффективность. Это требование сегодняшнего дня невозможно выполнить без подробного биомеханического анализа структуры двигательных нарушений, имеющих у конкретного спортсмена. Понимание базисных механизмов организации локомоций и количественная оценка их нарушений позволяет тренеру, спортивному врачу или биомеханику оптимизировать составление программы тренировки спортсмена с ошибками в технике движений,

провести мониторинг спортсменов на этапах реализации составленной программы, дать экспертную оценку ее эффективности.

В мировой практике для этих целей используются механические, магнитные и оптические инструментальные системы захвата и анализа движений, позволяющие получать объективные количественные данные о локомоторных особенностях спортсмена. Механические (контактные) системы используют двух- или трехкомпонентные цифровые электрогониометры, позволяющие производить регистрацию движений с высокой точностью. Однако использование кабелей ограничивает свободное перемещение испытуемого и искажает его естественный двигательный стереотип. Этого недостатка лишены системы, позволяющие исследовать движения дистанционно, т.е. бесконтактно.

Магнитные бесконтактные системы основаны на регистрации изменения электромагнитного излучения передатчиков, расположенных на теле испытуемого. Ограничителем применения магнитных систем является низкая помехоустойчивость, не позволяющая одновременно регистрировать количество датчиков, необходимое для исследования целостного двигательного акта, например, ходьбы. Как и механические, магнитные системы могут использоваться только в лабораторных условиях, поскольку принимающие устройства должны быть расположены в непосредственной близости от испытуемого.

В связи с этим оптимальным для специалиста является применение оптических (оптико-электронных) систем регистрации и анализа движений. Оптико-электронные системы позволяют исследовать движение бесконтактно, что исключает возможность его искажения, и могут использоваться не только в условиях биомеханической лаборатории.

Система видеоанализа движений использует высокоскоростные инфракрасные камеры, тензо- платформы, камеры позволяют компьютерной системе анализировать до 18 000 сигналов в секунду, обработка полученных

данных ведется с использованием специальных компьютерных программ (например, "Motion analysis") (рис. 1). Результаты видеоанализа движения обрабатываются совместно с результатами, полученными с тензоплатформ, которые воспринимают скорость и силу отталкивания спортсмена при выполнении определенных упражнений, характер распределения усилий.



Рис. 1. Система видеоанализа движений

Результатом сложного многофакторного обследования становится выявление функциональной нестабильности суставов, определение ложного стереотипа движения, определение скорости движения различных суставов и тем самым выработка рекомендаций по коррекции движений спортсмена либо показаний к оперативному или консервативному лечению. Данные методики позволяют тренировать спортсмена, формируя правильный стереотип движения используя за основу идеально выполненное движение и рассчитанное с помощью системы видеоанализа.

4. Физиологические методы оценки подготовленности спортсменов, специализирующихся в прыжковых дисциплинах

Скоростно-силовые методы оценки подготовленности

Измерительные устройства с обратной биологической связью при скоростно-силовой тренировке прыгунов

Движения человека начинаются на микроуровне (скольжение нитей актина и миозина), а заканчиваются перемещением сегментов тела в нужном направлении и с определенной скоростью. Анатомическими структурами, обеспечивающими перемещение сегментов тела, являются нервно-мышечный, скелетный, связочный и суставной аппараты человека. Активная часть двигательного аппарата (нервно-мышечная система) развивает усилия во времени, которые в физиологии принято количественно оценивать по зависимостям: «сила-длина», «сила-скорость», «сила-время» - для контрактного компонента (мышечные брюшки) и «сила-длина параллельного упругого элемента» - для эластического компонента мышц (сухожилия и фасции).

В спорте скоростно-силовые свойства мышц оценивают по результатам тестирования. Тесты можно проводить как в условиях тренировочного процесса (педагогические тесты) так и в условиях лабораторий на специально оборудованных стендах, включающих различное оборудование. К педагогическим тестам относятся: прыжки вверх или в длину, бег на 30 и 60 м и другие упражнения. Результаты педагогических тестирований (например, прыжки вверх, бег на 30 м), обычно выраженные в метрах (высота/длина прыжка) и секундах (время пробегания), отражают уровень скоростно-силовой подготовленности спортсмена на момент тестирования. На результаты таких тестов влияют условия проведения, мотивация, обученность контингента, умение реализовать свой моторный потенциал. Поэтому по итогам педагогического тестирования можно судить только о

скоростно-силовых способностях спортсмена, которые лишь частично отражают скоростно-силовые свойства мышц.

Силоизмерительные стенды (тренажеры) позволяют точнее оценить динамические и кинематические свойства мышц, так как искусственная среда, создаваемая стендом, ограничивает свободу в суставах и ставит спортсменов различной квалификации в одинаковые условия (независимо от координационных способностей).

На рисунке 2 представлены силоизмерительные стенды в процессе их развития начиная со сравнительно простых до агрегатированных на самом высоком аппаратно-программном уровне, как Biodex или Con-trex. Одно из главных преимуществ тестирования на стендах - наличие обратной связи с испытуемым в режиме реального времени. Компьютеризация силоизмерительных устройств, высокопроизводительные аналого-цифровые преобразователи (АЦП), современное многозадачное программное обеспечение позволяют выводить на экран мониторов в режиме близкому к реальному времени большое количество биомеханических параметров.

Например, на силоизмерительном стенде Biodex, кроме момента в суставе на экран монитора можно вывести профили угловой скорости и миограммы. Объем и содержание информации предоставляемой тренеру и спортсмену зависит от целей и задач тестирования уровня теоретической подготовленности тренера и спортсмена.

Процесс обмена информацией между измерительным устройством спортсменом и тренером можно отнести к одной из форм биологической обратной связи (БОС), которая может рассматриваться как учебный процесс, направленный на совершенствование скоростно-силовой подготовки, с помощью контроля сигналов, идущих от двигательного аппарата спортсменов. Биологическая обратная связь широко распространена в медицинской практике для обучения контролю мышечного напряжения/расслабления.

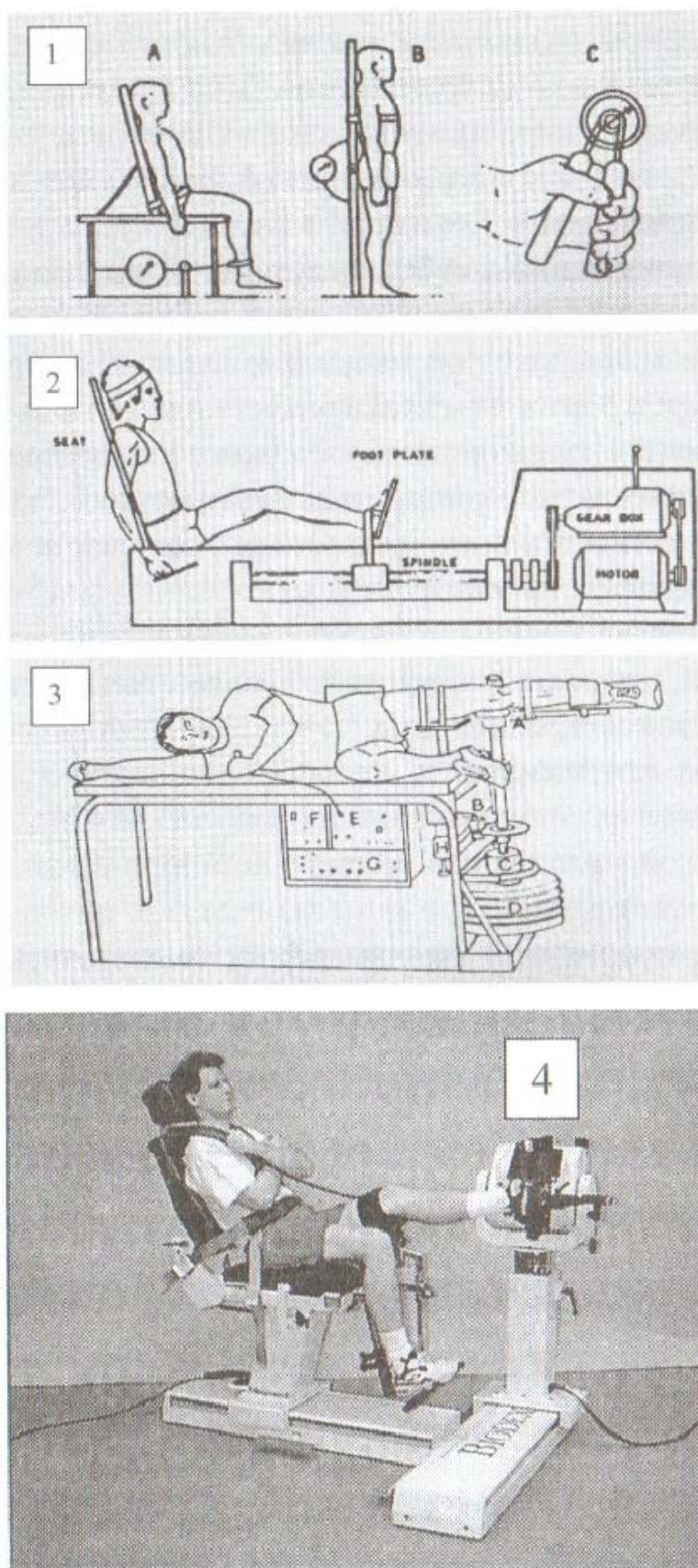


Рис. 2. Силоизмерительные стенды: 1 - стенд Коробкова-Черняева (измерения изометрической силы); 2 - стенд, разработанный Ю. В.

Верхошанским для оценки компонентов взрывной силы; 3 - прототип системы Biodex с инерционными устройствами; 4 - система Biodex.

Благодаря современному аппаратно-программному обеспечению появились устройства, передающие нейробиомеханические сигналы нашего тела в виде звуковых/визуальных стимулов. В медицине и психологии существует несколько видов биологической обратной связи. БОС, основанная на измерении мышечного напряжения является весьма эффективным способом снятия мышечных спазмов или чрезмерной мышечной напряженности («зажатости») при выполнении сложно-координационных двигательных действий.

Изокинетическая динамометрия

Движение в коленном суставе при проведении изокинетической динамометрии характеризуется постоянством заданной угловой скорости, вне зависимости от силы мышечного сокращения, при этом сопротивление возрастает эквивалентно приложенной силе. Изокинетическая динамометрия применяется в клинической практике для оценки силы мышц при восстановительном лечении, в спорте - при определении слабых звеньев подготовки, а также с целью тренировки. Тренировка может проводиться на скорости, характерной для специального спортивного движения. Тестирование и тренировка осуществляются на низких ($0-60^\circ/\text{с}$), средних ($60-180^\circ/\text{с}$), высоких ($180-300^\circ/\text{с}$) и очень высоких ($300^\circ-1000^\circ/\text{с}$) угловых скоростях. Пиковый вращающий момент (ньютон-метр, Н•м) свидетельствует о максимальной силе данной мышечной группы, его соотношение с весом тела позволяет проводить сравнение с эталонными среднепопуляционными показателями.

Движение при тестировании на изокинетическом динамометре не является функциональным, однако корреляция между показателями

изокинетического тестирования и скоростно-силовыми характеристиками спортивного движения была получена во многих видах спорта. В частности, значимые корреляционные связи определены между пиковым вращающим моментом четырехглавой мышцы бедра при изокинетическом тестировании сгибания/разгибания в коленном суставе на $60^\circ/\text{с}$ и тестом “прыжок на одной ноге”. Известно, что пиковый вращающий момент на низкой угловой скорости (до 180° в секунду) свидетельствует о максимальной произвольной силе мышцы, на средней и высокой (180° в секунду), отражает силовую выносливость.

При изокинетическом тестировании, как основном методе оценки силовых возможностей, определяется мышечное усилие, которое спортсмен способен приложить для того, чтобы устройство двигалось с постоянной угловой скоростью, измеряемой в радианах в секунду (от лат. *isos*- равный, *kinetic* - движение). Чаще всего зарубежные исследователи используют измерения при угловых скоростях от 0,15 до 3,14 рад/с. Этим методом можно измерить достаточное количество параметров, в том числе и асимметрию силы четырехглавой мышцы бедра (квадрицепса) на ногах. Следует также сказать, что выраженная асимметрия силы мышц левой и правой нижних конечностей, а также значительная асимметрия сил мышц сгибателей и разгибателей, является фактором, предрасполагающим к травматизму.

Несмотря на все достоинства изокинетических тестов, многие специалисты говорят о том, что тесты со свободными весами, более точно отражают силовые способности спортсменов. Более того, свободные веса в практической работе используются многими командами, обеспечивая потенциал для совершенствования многозначной функциональной тестирующей программы в непосредственной связи с силовой тренировкой.

Анализ скоростно-силовых возможностей прыгунов с помощью системы Muscle Lab

Системы Muscle Lab 4000e и 4020e - разработаны фирмой Ergotest Technology и являются аппаратно-программным комплексом, позволяющим решать различные задачи физиологии и биомеханики. Эта телеметрическая система имеет модульный принцип, конфигурация которого меняется в зависимости от задач исследования. С помощью MuscleLab в режиме реального времени можно тестировать и тренировать различные физические качества спортсменов: силу, скоростно-силовую выносливость, взрывную силу.

В системе предусмотрена возможность управления тренировочным процессом на основе обратной биологической связи через зрительный и слуховой анализаторы. Биологическая обратная связь осуществляется на основе мультипараметрического двухмониторного представления биомеханической информации от различных датчиков.

Аппаратно-программное обеспечение позволяет одновременно представлять на экране монитора: электрическую активность 8 мышц; гониограммы суставных углов (2 угла в модели 4000e и 8 углов в модели 4020e); акселерограмму (2 канала); линейную скорость различных снарядов (например, грифа штанги). Инфракрасные датчики (маты) позволяют регистрировать контакты стопы с опорой. Это дает возможность рассчитывать время полета при прыжках (пересчитывать в высоту прыжка в см) и частоту шагов.

Тест «Мощность и сила/скорость»

Этот тест определяет мощность, силу и скорость при выполнении силовых упражнений. Прежде чем выполнять тест, в папках «Опции, Максимальный тест на мощность» (Options, Max power tests) следует посмотреть предыдущие тесты, выполненные спортсменом. Это необходимо для того, чтобы использовать в тесте веса штанги, сходные с предыдущим

тестированием. В папке «Установить градацию веса и фильтр» (Set load step and filter) устанавливаются:

- шаг по весу отягощения, например, 1 кг (если шаг меньше, например 0,1 кг сколько раз необходимо нажать на мышь, чтобы выставить вес, например, 20 кг?);
- минимальное перемещение. Эта позиция необходима для того, что не регистрировались случайные движения. Например, когда спортсмен подходит к штанге для выполнения приседаний и размещает ее на плечах, возможен небольшой подъем вверх в пределах 5-10 см. Выставив фильтр на «Минимальное перемещение груза» (Minimum load displacement required) происходит «страховка» от записи ненужных движений.

Одним из недостатков педагогического тестирования мощности является произвольность в его выполнении, т.е. спортсмен может выполнять движение с переменной амплитудой. Для того, чтобы задать граничные положения при тестировании, для этого в папке «Определить нижнюю позицию» (Define lower starting position) устанавливается нижняя и верхняя границы перемещения груза (кнопки «Press when in extended position» и «Press when in lower position» 2).

Если спортсмен не достигает заданных границ, например глубины приседания, то раздается звуковой сигнал. Выбирается режим выполнения теста: «концентрический», «уступающий - концентрический», «силовая выносливость»' Если тренировка проходит на одной конечности, то можно указать на конечность «Левая-Правая». Вес отягощения (External load) задается перед каждым тестированием. Чаще всего тест «Мощность и сила/скорость» выполняется в упражнении «Приседания со штангой на плечах».

Модель расчета мощности в упражнении приседание со штангой на плечах. Тело человека заменяю моделью в виде материальной точки с известной массой, движение которой контролируется датчиком линейных

перемещений. Если при приседаниях со штангой голени и стопы почти не перемещаются, то в модель сосредоточенной массы включается только 0,9 веса тела (удвоенная масса голени и стопы составляет * 10% массы тела).

Тренировка и тестирование скоростно-силовых проявлений мышц с помощью прыжковых тестов

Прыжковые тесты выполняются с помощью контактных матов. Выполняются следующие типы прыжков:

- прыжок из приседа (Squat Jump, SQ);
- прыжок с подседом с руками на поясе;
- прыжок в глубину;
- повторные прыжки;
- прыжок со штангой на плечах;
- прыжок с подседом с махами рук.

Прыжковые тесты как педагогический способ оценки физических качеств, строения двигательного аппарата и координации спортсменов

Цель прыжковых тестов заключается в том, чтобы доступными, без физической перегрузки, мобильными, бесконтактными и воспроизводимыми тестами, занимающими минимум времени, определить:

- максимальную изометрическую силу мышц нижних конечностей;
- взрывную силу мышц нижних конечностей;
- состояние эластического корсета в мышцах и суставах;
- координационные способности спортсменов;
- скоростно-силовую выносливость.

Доступность прыжковых тестов означает, что для обучения правильному выполнению теста необходимо минимум времени и не предъявляются повышенные требования к координации.

Отсутствие предельной физической перегрузки - тесты не требуют от нервно-мышечного аппарата спортсменов предельной мобилизации (например, как при проявлении максимальной изометрической силы). Реакции опоры, возникающие при выполнении прыжков, не вызывают травмоопасные нагрузки на двигательный аппарат.

Мобильность теста - при проведении обследования не требуется специально оборудованное помещение с дорогостоящим оборудованием. Тест может проводиться в «полевых» условиях, так как оборудование в течение 3 часов может работать от автономных источников энергии.

Бесконтактность - обследование проводится без использования кабельной связи регистрирующего устройства с испытуемым. Бесконтактный способ регистрации локомоций исключает искажение двигательного стереотипа спортсмена, связанное с ограничением его свободного перемещения.

Воспроизводимость означает, что независимо от того, кто проводит тест, получаются близкие результаты исследования, и возможность субъективного влияния на результаты - минимальная. Методика оценки высоты прыжка. Для оценки высоты прыжка применяются ИФ-маты (длиной - 54 или 100 см), соединенные с компьютером. Оптимально расстояние между датчиками около 3 метров. При отрыве испытуемого от опоры происходит размыкание системы регистрации, при приземлении на опору — замыкание.

Высота прыжка (H) рассчитывается по времени полета: $H = T^2 * 1,226$

где T - время свободного полета в секундах. Преимущество такой системы перед контактной платформой заключается в том, что кинематика прыжка не ограничена размерами платформы. Результаты тестирования вносятся в базу данных, поэтому можно сравнивать и отслеживать динамику результатов тестирований.

Заключение

В прыжковых дисциплинах (легкая атлетика, прыжки в воду, прыжки с трамплина, спортивная гимнастика и др.) биомеханические параметры, а также скоростно-силовые возможности играют определяющую роль в достижении спортивного результата. К биомеханическим методам оценки подготовленности спортсменов, специализирующихся в прыжковых дисциплинах, следует отнести стабิโลграфию, видеоанализ движений и тензометрию. С другой стороны, такие физиологические методы, как тест Вингейта, изокинетическая динамометрия и использование силовых платформ позволяют оценить скоростно-силовые характеристики. Методика стабิโลграфии приобрела актуальное значение в измерении и оценке статодинамической устойчивости в прыжковых дисциплинах. При всей сложности комплекса аппаратуры, используемой в методике стабิโลграфии, спортсмен во время измерений не обременяется креплением датчиков к биозвеньям тела, ему лишь необходимо встать на стабิโลграфическую платформу и выполнить ряд тестов на равновесие либо контрольное упражнение. При видеоанализе прыжков осуществляется многофакторный и объективный анализ нейромышечных и биомеханических параметров движения прыгунов, включая анализ движения различных сегментов тела, постурографический анализ и др. Дополнительное использование силовых пьезо-электрических платформ в прыжковых дисциплинах позволяет оценить кинематические параметры движения, векторы приложения силы, определить углы и динамику движения, оценить силу в прыжке и координацию.