

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

**Развитие индивидуальных физических качеств московских спортсменов, входящих
в состав экспериментальной команды сочи-2014 с учетом специфики и требований
зимних видов спорта**

Москва 2012

Оглавление

1. Методы контроля физических качеств и адаптационных механизмов в организме спортсменов, специализирующихся в зимних олимпийских видах спорта.....	3
2. Модельные характеристики физических качеств у спортсменов в зимних олимпийских видах спорта.....	38
3. Методы коррекции и прогнозирования развития физических качеств в процессе тренировочного процесса у спортсменов зимних видов спорта.	49

1. Методы контроля физических качеств и адаптационных механизмов в организме спортсменов, специализирующихся в зимних олимпийских видах спорта.

Методы и средства контроля уровня развития физических качеств можно разделить на лабораторные и полевые (проводимые непосредственно на учебно-тренировочных сборах и в местах тренировок спортсменов). В таблице 1 приведены тесты, используемые в практике контроля уровня развития физических качеств в зимних видах спорта.

Таблица 1. Перечень тестов, используемых для контроля развития физических качеств у спортсменов зимних видов спорта

Название теста, методики	Вид теста	Целевые виды спорта
Определение максимального потребления кислорода (МПК).	лабораторный	Лыжные гонки, биатлон, скоростной бег на коньках, двоеборье, шорт-трек, хоккей
Определение порога анаэробного обмена, аэробного порога, расчет индивидуальных тренировочных пульсовых зон.	лабораторный/полевой	Лыжные гонки, биатлон, скоростной бег на коньках, двоеборье, шорт-трек, хоккей
Построение лактатной кривой, определение максимальной величины концентрации лактата в ступенчатом тесте.	лабораторный	Лыжные гонки, биатлон, скоростной бег на коньках, двоеборье, шорт-трек, хоккей
Тестирование скоростно-силовых показателей мышц ног - Вингейт тесте.	лабораторный	Горные лыжи (все виды), шорт-трек, хоккей
Тестирование скоростно-силовых показателей мышц ног – выпрыгивание на тензоплатформе.	лабораторный	Горные лыжи (все виды), шорт-трек, хоккей
Тестирование силовых показателей мышц ног – жим штанги ногами из положения, лежа на спине.	лабораторный	Горные лыжи (все виды), хоккей
Тестирование скоростно-силовых показателей мышц ног – прыжок с места в длину с двух ног.	полевой	Горные лыжи (все виды), двоеборье, шорт-трек, хоккей
Тестирование скоростно-силовых показателей мышц ног – тройной прыжок	полевой	Горные лыжи (все виды), двоеборье, шорт-трек, хоккей
Антропометрический анализ (биомпидансный метод, калиперометрия)	лабораторный	Все зимние виды спорта

Оценка координационных способностей на стабилметрической платформе	лабораторный	Фигурное катание, Горные лыжи (все виды), двоеборье, шорт-трек, хоккей
Оценка силовых показателей брюшного пресса	полевой	Хоккей
Оценка силовых показателей мышц ног – приседание на одной ноге	полевой	Хоккей
Специальные тесты по тестированию выносливости: На ручном эргометре у лыжников и биатлонистов; На льду у конькобежцев, спортсменов-шорттрекистов	лабораторный/ полевой	Все зимние виды спорта
Оценка морфо-функциональных характеристик работы сердца	лабораторный	Все зимние виды спорта

В зимних видах спорта, как в прочем и в летних оценка физической подготовленности и последующие рекомендации должны следовать определенной логической последовательности. На первом этапе - определение составляющих, необходимых в исследуемом виде спорта (то есть анализ требований к спортивной форме). Затем определяют набор проб, с помощью которого можно оценить эти составляющие с достаточной эффективностью, достоверностью и надежностью. Программу тренировок разрабатывают с учетом всех составляющих, которые определяют результаты в определенном виде спорта. Последнее, возможно, самое главное, так как одиночные пробы, оценивающие одну составляющую, мало информативны. Именно частые регулярные проверки позволяют всесторонне оценить возможности спортсмена и уточнить тренировочную программу так, чтобы спортсмен смог добиться поставленной цели. Регулярные повторные пробы с частыми поправками в тренировочной программе — ключевой пункт оценки работоспособности и выработки рекомендаций.

Первый шаг к достижению желаемой спортивной формы - определение ключевых составляющих, необходимых в том или ином виде спорта. Например, если нужно максимально увеличить скорость вылета при прыжках в высоту, значит, следует оценивать те составляющие силы и мощности,

которые влияют на эту скорость. Этого можно достичь несколькими способами, такими как анализ биомеханики, изучение движений ведущих спортсменов и проведение повторных проб в процессе тренировок. Лучше всего сочетать все три способа, чтобы глубже понять, над какими составляющими требуется наибольшая работа.

1. Анализ биомеханики позволяет понять, какие силы развивает толчковая нога, каков минимальный угол сгибания в коленном суставе и время контакта с опорой при прыжке в высоту. Также следует обратить внимание на скорость, диапазон движений и сокращения мышц других частей тела.

2. Изучение движений ведущих спортсменов может дать информацию о показателях силы и мощности. Можно предположить, хотя и с некоторой осторожностью, что если спортсмен добивается высоких результатов, значит, у него эти показатели развиты оптимально.

3. Повторные пробы до и после целенаправленных тренировок определенных движений позволяют оценить их в динамике. Если отдельные показатели силы и мощности существенно улучшаются, это означает, что они развиты недостаточно и требуют дополнительных тренировок до достижения стабильного уровня. Однако в таком подходе есть и недостатки. Во-первых, бессмысленно непрерывно добиваться улучшения, если определенная составляющая не значима при выполнении задания или если у спортсмена она развита до достаточного уровня, а на результат влияют другие, менее развитые составляющие. Во-вторых, лучше бывает для разнообразия тренировок обратить внимание на значительное улучшение и вернуться к этому показателю в более поздней фазе тренировок.

Оценка силы и мощности в зимних олимпийских видах спорта

Силу и мощность у спортсмена определяют многие составляющие, и самые эффективные тренировки должны включать смешанные методики. Степень адаптации и, следовательно, прирост мощности и силы, которого можно добиться благодаря тренировкам, в большой степени зависит оттого,

насколько определенная составляющая силы или мощности уже развита у спортсмена. Однако адаптация организма не бывает безграничной. Таким образом, адаптивную способность можно представить как непрерывное превращение новичка в высококлассного спортсмена. У новичков пределы адаптации достаточно широкие, и начало тренировочных программ, направленных на определенный показатель, всегда приводит к выраженному и быстрому улучшению спортивной работоспособности. Однако по мере улучшения и приближения к генетически заложенному пределу эти границы сужаются, и достичь дальнейшего улучшения бывает затруднительно. В такой ситуации нужно рассмотреть несколько аспектов. Во-первых, у новичка прироста силы и мощности можно добиться с помощью даже самой простой программы силовых тренировок. Затем наступает стабильность, и для дальнейшего прироста требуются дополнительные меры. На этом этапе требуются новые программы. Во-вторых, через несколько лет силовых тренировок спортсмен будет адаптироваться очень быстро и с очень небольшим улучшением показателей, поэтому более важную роль начинает играть разнообразие тренировок.

Одно из самых универсальных приспособлений для оценки мощности — силовая платформа. В нее встроены датчики, напрямую измеряющие силу, которую развивает спортсмен. В большинстве проб требуется измерять составляющую силы только в одном направлении, поэтому достаточно одномерной силовой платформы. Трехмерные силовые платформы более универсальны, так как позволяют измерять вертикальную и горизонтальную составляющие силы.

За счет давления на платформу при жиме ногами или приседаниях со штангой можно измерить изменение силы во времени. При фиксированном оборудовании измеряют показатели статической нагрузки, такие как максимальная сила и скорость нарастания силы. При динамической нагрузке измеряют показатели динамической силы, такие как максимальная сила.

Прыжок в высоту и аналогичные движения на силовой платформе дают разнообразные данные в отношении работоспособности. Если спортсмен, находясь на платформе, не касается никаких предметов, то по кривой изменения силы во времени с помощью вычисления момента импульса строят кривые изменения скорости во времени и перемещения во времени. Измерение силы и скорости позволяет определить мощность в каждое мгновение прыжка и рассчитать такие интегральные показатели, как максимальная и средняя мощность.

Пробы (как и тренировки) должны быть специфичными для определенного показателя силы или мощности. Хотя мнения в литературе различаются, в качестве специфичных и независимых показателей нервно-мышечной работоспособности можно оценить шесть широких показателей силы и мощности (Newton, Dugan, 2002). В видах спорта, где требуются многократные максимальные усилия, нужно включить седьмое качество — выносливость.

- Максимальная сила — способность нервно-мышечной системы развивать максимальную силу во время медленного эксцентрического, концентрического или изометрического сокращения мышц.
- Взрывная сила — способность нервно-мышечной системы создавать максимальное усилие за минимальное время при динамическом эксцентрическом
- Стартовая сила — способность нервно-мышечной системы создавать максимальное усилие за минимальное время при динамическом эксцентрическом и концентрическом сокращении мышц, выполняемом с относительно легким отягощением (менее 30% максимального веса).
Скорость нарастания силы — скорость, с которой нервно-мышечная система способна увеличивать силу, рассчитывается по углу наклона восходящей части кривой изменения силы во времени.

- Реактивная способность — способность нервно-мышечной системы в ответ на быстрое удлинение мышцы (эксцентрическое сокращение) вызывать ее быстрое укорочение(концентрическое сокращение).
- Координация движений — способность системы управления движениями координировать последовательность мышечных сокращений так, чтобы извлечь максимальную пользу от других пяти показателей силы и мощности для достижения наилучшего результата.

Чтобы точно оценить эффективность тренировок той или иной группы мышц, в пробе с нагрузкой оцениваемое движение должно быть очень похоже на то, что требуется в данном виде спорта или на данном соревновании. Часто для оценки силы верхней и нижней частей тела используют общие пробы, такие как жим лежа, тяга нижнего блока сидя, приседания со штангой или жим ногами. Для разработки тренировочной программы требуются более точные пробы, позволяющие оценить силу при движениях, характерных для данного вида спорта или соревнования. Например, в прыжковых видах спорта требуется очень большая сила разгибателей ног, поэтому для оценки используют приседания со штангой на плечах. В регби и австралийском футболе важна способность захватить противника и повалить его на землю, поэтому обычно оценивают тягу, создаваемую верхней частью тела, с помощью тяги нижнего блока сидя, подъем штанги до подбородка и тяга верхнего блока. В определении исследуемых движений лучше всего помогает анализ биомеханики движений, требуемых в данном виде спорта или на соревновании.

Основы проведения разминки и растяжки перед тестовыми силовыми пробами.

Наилучшего результата в силовых пробах можно достичь, если предварительно провести разминку с субмаксимальными усилиями. Количество подходов надо подбирать таким образом, чтобы не было даже малейшей усталости и, как следствие, занижения результатов пробы. Как правило, достаточно 3-5 подходов, между которыми необходим отдых в

течение 3-5 мин, чтобы избежать усталости. Перед пробой не следует выполнять упражнения на статическую растяжку, так как они вызывают уменьшение мышечной силы и мощности (Marek et al., 2005).

Методы измерения максимальной силы

Максимальную силу можно определить несколькими способами, каждому из которых присущи достоинства и недостатки. Основные методы - изоинерционный, изокинетический и изометрический. При любых пробах на силу целесообразно определить зависимости силы от скорости укорочения мышцы и силы от длины мышцы, а также влияние угла мышечной тяги на силу. Вкратце, чем выше скорость укорочения мышцы, тем меньшую силу она может развить. По мере того как спортсмен совершает движение в суставе, меняется момент силы (вращающий момент) и, в итоге, сила. Например, из низкого приседа спортсмен развивает гораздо меньшую силу, чем из полуприседа (когда нога согнута в коленном суставе под углом 90°). Эти эффекты существенно влияют на измеряемые показатели силы и рассматриваются ниже.

Изоинерционные пробы

Термин «изоинерционный» подразумевает постоянство веса груза или силы сопротивления. Это самый простой, недорогой и доступный метод оценки силы. В нем используется сила тяжести, действующей на вес штанги или гантели, или сопротивление, создаваемое тренажером. Спортсмен должен преодолеть это сопротивление или переместить вес. Часто применяют жим лежа, приседания со штангой и становую тягу. Все чаще используют движения из тяжелой атлетики, такие как подъем штанги на грудь с вися, подъем штанги с пола до подбородка и толчок.

Пробы с подъемом свободного веса, как описано выше, имеют самое прямое отношение к спорту, так как почти во всех видах спорта при движении преодолевается сила тяжести. Кроме того, опытные спортсмены на тренировках долгое время работают со свободным весом и очень хорошо знакомы с такими движениями, как жим лежа, приседания со штангой и

подъем штанги на грудь с виса. Недостаток проб с подъемом свободного веса — необходимость навыка, поэтому для снижения риска травмы и упрощения освоения применяются различные типы тренажеров. Их конструкция разнообразна, во многих сопротивление регулируется распределительными валами или рычагами. Поэтому пробы на тренажерах трудно стандартизировать. Пробы с подъемом свободного веса воспроизводятся гораздо лучше. Так, условия определения силы при жиме лежа с применением стандартной олимпийской штанги и скамейки одинаковы в любом тренажерном зале любой страны.

Методы измерения скорости и быстроты у спортсменов зимних видов спорта

Скорость и быстрота - физические качества, необходимые для достижения хороших результатов во всех без исключения зимних видах спорта. Скорость определяют как расстояние, деленное на время, она может относиться к движению части тела или всего тела (например, при беге на лыжах).

Скорость обычно выражают в метрах в секунду или в километрах в час, но в спорте принято измерять и сообщать время бега на известную дистанцию. В спринтерской скорости можно выделить 3 показателя.

1. Ускорение - скорость на относительно коротких отрезках (например, 5-20 м), для которых известно, что скорость бега на них быстро возрастает (Bruggemann, Glad, 1990).

2. Максимальная скорость - наивысшая скорость бега, развитая спортсменом, которая обычно достигается через 30-60 м после старта из неподвижного положения.

3. Скоростная выносливость — способность сохранять относительно высокую скорость (например, 90% максимальной). Это качество требуется в длинном спринте (200 и 400 м) или в командных видах спорта, когда сами по себе пробежки короткие (меньше 30 м), но

повторяются многократно после частичного восстановления. Это называют «способностью к повторному спринту».

Исследования выявили, что эти скоростные характеристики довольно специфичны (Delecluse et al., 1995). Поэтому у спортсмена, у которого хорошо развито одно из качеств скорости, другие могут быть на относительно низком уровне, что, скорее всего, объясняется некоторыми различиями физиологических механизмов. Например, этап, на котором измеряется ускорение, включает наклон корпуса вперед, более короткие шаги, более длительный контакт с покрытием и большую активность четырехглавой мышцы бедра по сравнению с бегом с максимальной скоростью, когда более важную роль играют разгибатели бедра (Frick et al., 1995; Kyrolainen et al., 1999; Young et al., 2001).

Вывод, вытекающий из специфичности скоростных показателей, заключается в том, что каждый из них оценивают с помощью различных проб, при этом исследователь должен решить, какие именно показатели особенно важны в том или ином виде спорта. Следует точно сформулировать требования к пробе, чтобы определить ценность каждого показателя и правильно интерпретировать результаты.

Методы оценки скоростных качеств

Скорость бега можно оценить непосредственно по измерениям с помощью лазера или радара с использованием доплеровского эффекта. Например, когда радар направлен на спину бегуна, скорость измеряют по разности частоты излученного и отраженного сигнала. Преимущество такой системы в том, что она регистрирует моментальную скорость и поэтому полезна для измерения максимальной скорости. Недостаток в том, что ее можно применять только при беге по прямой и только у одного спортсмена.

Другой метод прямого измерения скорости — использование устройства, при-крепленного на талии спортсмена к тонкой проволоке (Volkov, Lapin, 1979; Witters et al., 1985). По мере удаления от старта проволока натягивается, вращая колесико, что позволяет измерять

перемещение и время. Устройство этого типа имеет те же преимущества, что метод с радаром или лазером, но его серьезный недостаток в том, что оно отчасти стесняет свободу движений спортсмена и неприменимо во время соревнований.

Благодаря техническому прогрессу стала доступна глобальная система навигации (GPS), которая точно отслеживает местоположение бегущего спортсмена во времени. Хотя скорость при этом измеряется точно, GPS-система с относительно низкой частотой замеров (например, 1 — 10 Гц) может давать существенные ошибки при быстрых изменениях скорости. Однако новейшие системы включают датчики ускорений, которые измеряют ускорение между двумя последовательными замерами.

Чаще всего скоростные качества измеряют по времени, за которое преодолено известное расстояние, или времени между относительно короткими интервалами (например, 10 м). Обычно используются секундомеры, но это может вести к ошибкам за счет таких факторов, как различия времени реакции оператора. Вместо секундомеров уже применяют электронные таймеры, такие как инфракрасный спидометр, в которых инфракрасный луч посылается и принимается с помощью блока, смонтированного на треноге. Когда спортсмен пересекает луч, прибор регистрирует и сохраняет время. Устройства этого типа должны иметь разрешающую способность измерительной системы не меньше 0,01 с.

В отношении способности одного луча точно измерять время бега возникли вопросы, так как не исключено, что устройство может среагировать не на перемещение всего тела, а на движение одной конечности. Поскольку руки и ноги движутся относительно тела вперед и назад, движение конечности не отражает скорость всего тела. Одно решение этой проблемы состоит в использовании многолучевых систем, запрограммированных на измерение времени только при условии, что все лучи пересекаются одновременно, что позволяет зарегистрировать движение всего тела, а не только одной конечности. Другое решение - применение компьютерной

обработки световых импульсов в режиме реального времени с помощью алгоритмов, предсказывающих время, за которое луч пересечет все тело.

Пример пробы на скорость с помощью нескольких инфракрасных спидометров, расположенных каждые 10 м на дистанции 60 м. Ускорение можно определить по времени, затраченному на первые 10 или 20 м, а максимальную скорость оценить по наименьшему времени между двумя последовательными замерах, что ожидается на расстоянии между 40 и 60 м или между 50 и 60 м. Поскольку эта процедура требует многократных замеров, более практичным может быть использование 4 замеров, для чего устройства размещают на старте, через 20, 50 м и на финишной линии (60 м). Время, зарегистрированное на отметке 20 м, используется для определения величины ускорения, а время преодоления 10 м (между 50 и 60 м) — максимальной скорости. Нужно признать, что последняя величина отражает скорее среднюю скорость на десяти метровом отрезке, а не истинную максимальную скорость спортсмена.

Если при описанном подходе пытаются отдельно измерить ускорение и максимальную скорость, то есть и простой вариант - измерение времени преодоления определенной дистанции, считающегося ключевым в определенном виде спорта.

Для оценки скоростной выносливости можно использовать время бега на относительно длинные дистанции (например, 300 м) или для имитации задач в командном виде спорта (хоккей), где требуются короткие пробежки, применять пробу с повторными забегами на короткие дистанции. Способность к повторным пробежкам можно представить как показатель скоростной выносливости; нагрузка при этом носит как аэробный, так и анаэробный характер (Glaister, 2005). На физиологические потребности влияют такие показатели, как длина спринтерской дистанции или длительность бега, скорость бега, длительность отдыха между пробежками, соотношение времени бега и отдыха, а также общее число пробежек (Spencer et al., 2005). Поэтому оценить способность к повторным пробежкам в

командных видах спорта с помощью только одной пробы сложно. Кроме того, при выборе пробы нужно провести тщательную оценку данных по времени и движению в определенном виде спорта. Пример пробы на способность к повторным пробежкам - 6 забегов на 40 м с максимальным усилием и 30-секундным отдыхом между ними (Dawson et al., 1998; Fitzsimons et al., 1993).

Способы стандартизации проведения проб на скорость

В любых протоколах имеется множество дополнительных условий, которые необходимо либо учитывать, либо стандартизировать для максимальной надежности и чувствительности пробы.

Климатические и погодные условия. Если влияние температуры и влажности не всегда можно точно оценить, то ветер существенно сказывается на скорости, и по возможности этот фактор нужно исключить, выполняя пробы в закрытом помещении. В закрытом помещении должно быть достаточно пространства для бега на определенную дистанцию, включая отрезок для безопасного снижения скорости в конце бега. Важно иметь достаточно запасного пространства (минимум 20 м) для снижения скорости, поощряя спортсмена поддерживать максимальную скорость до самой финишной линии.

Поверхность покрытия

Если используется закрытое помещение, поверхность пола может влиять на силу трения и приводить к проскальзыванию. Пол должен быть чистым и непыльным. Спортивная обувь должна соответствовать поверхности пола, и в пробах с многократным повторами лучше пользоваться одной и той же обувью.

Разминка. Оптимальная разминка требуется для эффективной оценки пробы и снижения риска травмы, который может быть выше, чем при пробах на другие физические качества. В задачи данной главы не входит описание процедур разминки, но можно предложить два подхода. Первый - стандартная разминка для всех спортсменов, чтобы обеспечить

воспроизводимость. Но один и тот же протокол не является оптимальных сразу для всех спортсменов из-за различий в уровне тренированности. Второй, предпочтительный подход - разминка на усмотрение самого спортсмена, и хотя это привнесет различия, при этом повышается вероятность получить результаты, отражающие оптимальную физическую форму, что и является главной целью проб на скорость. Разминка должна включать пробежки с субмаксимальной скоростью и завершаться упражнениями, имитирующими старт забега.

Число попыток. В исследованиях принято использовать заданное число попыток, но поскольку цель проб — оценить истинную наилучшую работоспособность спортсмена, число попыток не следует ограничивать. Если разминка полноценная и понятны движения, нужные в ходе пробы, одной или двух попыток бывает достаточно, но может потребоваться и большее число, если проба выявляет улучшение с каждой следующей попыткой. В пробах с бегом на очень короткие дистанции, такие как 10—20 м, нужно выполнить 5 или 6 попыток без особой усталости, но при более длинных дистанциях, таких как 200 м и больше, используется меньшее число попыток, чтобы избежать влияния усталости на результаты.

Стоит отметить, что наиболее медалеемкие зимние олимпийские виды спорта это скоростной бег на коньках, лыжные гонки, биатлон. Эти виды спорта относятся к видам спорта на выносливость. В связи с этим тестирование выносливости выходит на первый план во всем пуле тестов, проводимых в зимних олимпийских видах спорта. И именно поэтому на физиологических основах выносливости и методах ее определения и интерпретации результатов мы остановимся более подробно.

Тесты по определению выносливости в зимних видах спорта

Эти тесты широко применяют в спортивной медицине и спортивной физиологии изучают в спортивных вузах и научных лабораториях. Важно распознать талантливых спортсменов, обучить тренеров, как определить возможности спортсмена, оценить эффективность тренировочных программ

или средств, повышающих работоспособность, и помочь ученым понять, как результаты проб соотносятся с уровнем выносливости. Прежде чем выбирать пробу, нужно понимать основные физиологические факторы, обуславливающие выносливость. При выполнении нагрузки на выносливость (например, повторные упражнения, требующие сокращения мышц в течение более 1 мин) важную роль играют три фактора.

1. Максимальное потребление кислорода - МПК.
2. Анаэробный порог, или интенсивность упражнений, при которой можно их завершить без резкого повышения уровня молочной кислоты.
3. Экономичность движений, или эффективное преобразование полезной энергии в механическую работу (Coyle, 1995).

Все три фактора можно оценить приблизительно в ходе пробы с возрастающей физической нагрузкой (проба на МПК), но для точного определения каждого из факторов, как правило, нужны разные пробы. Поэтому мы более подробно рассмотрим каждый из этих физиологических факторов, влияющих на выносливость, а также кратко опишем различные протоколы проб с возрастающей нагрузкой, наиболее пригодные для измерения каждого из этих показателей.

Если МПК, анаэробный порог и экономичность движений обуславливают и предсказывают уровень выносливости, то нет лучшего показателя выносливости, чем сама работоспособность, определяемая во время пробы на выносливость. Такие пробы обычно применяют для оценки выносливости по времени до отказа (то есть, как долго спортсмен может выполнять физическую нагрузку с заданной интенсивностью) и по скорости (то есть, как быстро спортсмен может преодолеть заданную дистанцию - проба на время). Однако эти пробы существенно различаются по надежности, достоверности, специфичности и практической полезности, поэтому исследователь должен тщательно обдумать, какая проба лучше подходит для оценки выносливости в конкретной ситуации.

Фактический уровень выносливости спортсмена (то есть время преодоления заданной дистанции) предсказывают три главных физиологических фактора, включая МПК, анаэробный порог и экономичность движений. Из них МПК более точно определяет выносливость среди неоднородной популяции (Butts et al., 1991), а анаэробный или лактатный порог и экономичность движений лучше предсказывают разницу в выносливости в однородной группе спортсменов, тренированных на выносливость (Farrell et al, 1979; Grant et al., 1997; Laursen, Rhodes, 2001; Rhodes, McKenzie, 1984). Удобно то, что все три показателя можно определить с помощью пробы с возрастающей физической нагрузкой, хотя некоторые протоколы этой пробы подходят больше для измерения одного показателя, чем другого.

Максимальное потребление кислорода (МПК)

Этот показатель, также называемый аэробной способностью, отражает не только выносливость у спортсменов разной специализации и разного уровня (Butts et al, 1991), но и аэробную тренированность, функциональное состояние и состояние здоровья (Kohrt et al., 1987). Как подразумевает сам термин, МПК показывает максимальную способность организма поглощать и усваивать кислород. МПК - это совокупный показатель способности крови проходить через легкие, поглощая кислород и насыщая им гемоглобин, способность сердца доставлять оксигенированную кровь к действующим мышцам (сердечный выброс) и способность клеток поглощать и усваивать кислород из крови, поступающей через капилляры.

МПК измеряют непосредственно с помощью прибора, включающего спирометр и газоанализатор и измеряющего объем выдыхаемого воздуха и содержание кислорода и углекислого газа в выдыхаемом воздухе. Для расчета потребления кислорода и образования углекислого газа используют разность между известным содержанием кислорода (20,93%) и углекислого газа (0,03%) в воздухе и содержанием этих газов в выдыхаемом воздухе. Если некоторые ученые разрабатывают собственные компьютеризированные

системы оценки метаболизма, то существуют и готовые, из которых чаще всего используют ParvoMedics (Crouter et al., 2006),

Sensormedics (Webster et al., 1998) и Medical Graphics CPX/D (Gore et al., 2003). Также имеются портативные приборы, позволяющие измерять потребление кислорода во время соревнований, в том числе Cosmed K4 (Nieman et al., 2006), Oxycon (Foss, Hallen, 2005) и BodyGem (Nieman et al., 2003).

При уровне физической нагрузки ниже анаэробного порога постепенное возрастание интенсивности обычно соответствует эквивалентному увеличению потребления кислорода. При интенсивности выше анаэробного порога дополнительные энергетические потребности уже не могут удовлетворяться за счет АТФ, образуемого в результате окислительного фосфорилирования, и энергия при высоких нагрузках должна поступать в том числе за счет анаэробного гликолиза, при котором пировиноградная кислота восстанавливается до молочной. В итоге при продолжении пробы с возрастающей физической нагрузкой потребление кислорода или продолжает увеличиваться, или перестает изменяться (равновесное состояние, или плато), или снижается. Если оно к моменту прекращения пробы не выходит на плато, значит, МПК не достигнуто, а наибольшее значение потребления кислорода, полученное при пробе, называют пиковым. У детей МПК достигается реже, возможно, из-за физической и психологической неподготовленности к высоким монотонным нагрузкам и преждевременному их прекращению (Rowland, Cunningham, 1992). Некоторые авторы считают, что определить истинное МПК можно только во время нагрузок с участием больших групп мышц, таких как бег или лыжные гонки, и что даже аэробную способность при велогонке следует классифицировать как пиковое потребление кислорода (Brooks et al., 1996). Однако, как правило, проба на велоэргометре позволяет определить МПК, особенно у тренированных велосипедистов. Независимо от того, достигает ли потребление кислорода равновесного значения в пробе с возрастающей физической нагрузкой, для

того чтобы убедиться в достижении МПК, используют следующие вспомогательные критерии.

1. Максимальная ЧСС, равная 220 — Возраст \pm 10 мин 1.
2. Дыхательный коэффициент (отношение минутного выделения углекислого газа к минутному потреблению кислорода) больше 1,1.
3. Концентрация лактата в плазме выше 8 мМоль/л.
4. Отказ продолжить нагрузку из-за усталости.

При сравнении абсолютных значений МПК (в литрах в минуту) среди популяции с нормальным распределением отмечаются колебания МПК из-за различий в весе, росте, мышечной массе, возрасте, генетических факторах и телосложении, поэтому этот показатель не всегда надежно предсказывает уровень выносливости (Laursen, Rhodes, 2001). Однако когда МПК выражают в пересчете на килограмм веса, относительное МПК лучше отражает уровень выносливости. Этот относительный показатель выражают в миллилитрах на килограмм в минуту, умножая МПК в литрах в минуту на 1000, а затем поделив полученную величину на вес тела в килограммах.

Значение МПК также сильно зависит от типа физической нагрузки, при этом наибольшие значения обычно выявляют в лыжных гонках и беге на тредмиле (Droghetti et al., 1985; Kohrt et al., 1987; Schneider et al., 1990). Таким образом, самые высокие значения МПК выявляют обычно при режимах нагрузки, при которых задействованы большие группы мышц; скажем, при плавании работает меньше мышц. Тем не менее пробы для определения аэробной способности должны соответствовать специализации спортсмена. Например, МПК бегуна следует измерять во время бега на тредмиле, МПК велосипедиста - при велоэргометрии, МПК гребца - на гребном тренажере. В частности, у тренированных велосипедистов в пробе на велоэргометре МПК будет больше, чем при беге на тредмиле (Kohrt et al., 1987), а у тренированных триатлонистов обе пробы дадут сходные результаты (Laursen et al., 2005b).

Прямое измерение МПК не всегда возможно, так как требует дорогостоящего оборудования и долгого времени. Поэтому разработаны различные простые пробы, позволяющие рассчитать МПК. В пробе Астранда-Риминг используется линейная зависимость между увеличением нагрузки и ЧСС (Macswen, 2001). Испытуемый выполняет нагрузку на велоэргометре с постепенным увеличением мощности, пока не будет достигнута субмаксимальная ЧСС, рассчитанная по возрасту; мощность, при которой достигнута субмаксимальная ЧСС, позволяет рассчитать МПК по номограмме (Siconolfi et al., 1985). Другие часто применяемые пробы для расчета МПК включают пробу Купера с 12-минутным бегом (Grant et al., 1995), пробу с бегом на 1,5 мили (около 2800 м) (Jackson et al., 1981), челночный бег по 20-метровой дистанции со звуковым сигналом (St Clair Gibson et al., 1998) и пробу Бангсбо (Krustrup et al., 2003).

В пробе Купера с 12-минутным бегом и в пробе с бегом на 1,5 мили участники бегут как можно быстрее, затем рассчитывают МПК. В пробе с челночным бегом по 20-метровой дистанции со звуковым сигналом скорость бега диктуется звуковыми сигналами, и до появления звукового сигнала участнику необходимо завершить дистанцию 20 м, повернуть на 180° и пробежать 20 м в обратном направлении, завершив дистанцию. Проба начинается очень легко, но постепенно частота звуковых сигналов (а следовательно, и скорость бега) увеличивается до тех пор, пока спортсмен не перестает успевать за скоростью подачи звукового сигнала. Эта проба, разработанная Австралийским институтом спорта, позволяет точно рассчитать МПК, что доказано при сравнении с прямым измерением МПК. Ее используют в командных видах спорта во всем мире. Прерывистая проба на выносливость Бангсбо состоит из пробежек на 20 м за 5-18 с, перемежающихся с короткими передышками (5 с). Эта проба оценивает способность спортсмена многократно повторять пробежки на протяжении длительного времени. Она особенно полезна для видов спорта, где есть интервальные нагрузки (хоккей); обычно проба длится 5-20 мин. И в пробе с

челночным бегом, и в пробе Бангсбо используют одинаковые формулы расчета МПК, и чем дольше спортсмен выполняет пробу, тем выше значение МПК.

Таким образом, МПК отражает максимальную способность сердечно-сосудистой системы поглощать кислород и транспортировать оксигенированную кровь к работающим мышцам; МПК - важный предсказывающий фактор выносливости и подготовленности сердечно-сосудистой системы.

Еще один фактор, связанный с МПК, - максимальная скорость бега или максимальная мощность, развиваемая в ходе пробы с возрастающей физической нагрузкой, при этом выбор первого или второго показателя зависит от режима физической нагрузки (например, максимальная мощность при велоэргометрии, максимальная аэробная скорость при беге на тредмиле). Этот показатель также удовлетворительно предсказывает уровень выносливости у тренированных спортсменов (Hawley, Noakes, 1992; Noakes et al., 1990), но по мере того как мощность или скорость приближается к максимуму на последней ступени пробы с возрастающей физической нагрузкой, этот показатель будет отчасти отражать и поступление энергии из анаэробных источников, и, возможно, анаэробный порог.

Выпускают множество различных тредмилов, применимых для оценки физической работоспособности. Однако при выборе тредмила следует оценить надежность и отклонение скорости тредмила, а также максимальную скорость, если предстоит проверять хорошо подготовленных спортсменов лыжников и биатлонистов (то есть более 25 км/ч). Также в продаже имеется ряд велоэргометров. Велоэргометр Monark 824E с механическим тормозом — вероятно, самый популярный велоэргометр среди тренеров и спортивных врачей; он позволяет надежно измерить мощность во время нагрузки на велоэргометре (Franklin et al., 2005).

В прошлом ученые спорили по поводу существования анаэробного порога (Brooks, 1985; Davis, 1985). В настоящее время общепризнано, что

этот термин означает максимальную интенсивность физической нагрузки, при которой скорость образования лактата в крови путем гликолиза равна скорости его удаления (превращения лактата в пируват в цикле Кори и «лактатного челнока») (Koike et al., 1990). Поэтому такую нагрузку можно поддерживать на протяжении долгого времени (Svedahl, Macintosh, 2003). При мощности нагрузки, превышающей анаэробный порог, рл02 недостаточно для удовлетворения потребности мышечных клеток в кислороде (Svedahl, Macintosh, 2003). В результате поглощается меньше кислорода, чем требуется работающим тканям, при этом недостающая разность покрывается за счет анаэробного метаболизма (Koike et al., 1990). Последствия — усиленное образование лактата и метаболический ацидоз и вызванные им нарушения. Быстро развивается усталость.

Если МПК - фактор, хорошо предсказывающий уровень выносливости, то значение анаэробного порога лучше предсказывают физическую готовность в однородной группе спортсменов, тренированных на выносливость (Bentley et al., 2001b; Coyle et al., 1991; Farrelletal., 1979; Rhodes, McKenzie, 1984). В частности, тренеры и исследователи могут использовать анаэробный порог как инструмент для оценки и контроля уровня выносливости (Bentley et al., 2001), так как анаэробный порог существенно различается у отдельных спортсменов и повышается в ответ на тренировку выносливости (Denis et al., 1982; Svedahl, Macintosh, 2003). Анаэробный порог обычно определяют во время пробы с возрастающей физической нагрузкой, измеряя уровень лактата в плазме и изменения вентиляции легких.

Лактат, или молочная кислота с отщепленным ионом водорода, вырабатывается и в покое, и при физической нагрузке любой интенсивности путем окисления глюкозы в процессе гликолиза. Лактат - важный источник энергии во время нагрузки и в процессе восстановления. При нагрузке на уровне анаэробного порога образующийся в сокращающихся мышечных волокнах лактат транспортируется и может попадать в близлежащие менее

активные мышечные волокна, где он превращается в пируват в ходе процесса, известного как «лактатный челнок» (Brooks, 1986). Здесь пируват пре-вращается в ацетилкофермент А и окисляется с участием главных механизмов энергетического обмена. Этот процесс называют обменом лактата (Billat et al., 2003).

Уровень молочной кислоты в крови повышается по мере нарастания интенсивности физической нагрузки выше анаэробного порога как результат повышенной потребности в АТФ и, следовательно, большей зависимости от гликолиза для покрытия энергетических потребностей. Уровни молочной кислоты начинают расти, когда образование лактата превышает скорость его выведения, и это указывает на усиленное использование анаэробной гликолитической энергетической системы. Нарастание уровня молочной кислоты сопровождается изменениями рН и концентрации бикарбоната (Robergs et al., 2004). Когда лактат в крови накапливается со скоростью, превышающей его выведение, внутриклеточная жидкость становится кислой, что может нарушать функцию ферментов и мышечное сокращение и в конечном счете вызывать усталость (Billat et al., 2003). Однако более современные данные предполагают, что высокая кислотность в мышцах на самом деле способствует оптимальному развитию силы во время мышечного сокращения, и, значит, образование молочной кислоты во время интенсивной физической нагрузки - фактор, благоприятствующий мышечному сокращению (Nielsen et al, 2001).

Независимо от возможной пользы или вреда уровень молочной кислоты во время возрастающей нагрузки растет. Coyle et al. (1983) определили лактатный порог как уровень молочной кислоты, на 1 ммоль/л превышающий равновесную концентрацию (рис. 4.17). Другие способы включают индивидуальный лактатный порог, метод D_{max} (берут максимальное значение) и метод, основанный на использовании вместо значений определяющей «х» и зависимой «у» переменных их логарифмов $\log(x)$ и $\log(y)$ (Bishop et al., 1998b). Раньше лактатный порог определяли по

фиксированным уровням лактата в плазме: 2,5 мМоль/л для лактатного порога, 4 мМоль/л для начала накопления молочной кислоты в крови (Svedahl, Macintosh, 2003). На сегодняшний день установлено, что при лактатном пороге уровни лактата различаются у разных спортсменов и при различных нагрузках (Myburgh et al., 2001). Поэтому измерять фиксированные уровни лактата больше не рекомендуют.

Индивидуальный лактатный порог определяется интенсивностью нагрузки (мощность или скорость бега), когда нарушается равновесие между образованием лактата в мышцах и его выведением. Измерение у спортсмена лактатного порога дает представление об аэробной способности и может служить ориентиром при выборе интенсивности тренировок вместе с ЧСС, со скоростью бега или с мощностью. Важно отметить, что, как и МПК, лактатный порог зависит от типа нагрузки, поскольку отражает нервно-мышечную работоспособность. Вовлечение менее тренированных мышечных волокон при непривычной физической нагрузке будет менять лактатный порог. Поэтому лактатный порог следует определять при типе нагрузки, привычном для спортсмена.

На практике лактатный порог обычно измеряют с помощью настольного или портативного анализатора. Из настольных устройств обычно используют лактатный анализатор YS1 (Bishop et al., 1992), хотя эталонным многие считают аппарат Radiometer (Cobbaert et al., 1999). Из портативных анализаторов чаще всего применяют Accusport (Fell et al., 1998), Lactate Pro (van Someren et al., 2005) и i-STAT (Dascombe et al., 2006).

Вентиляционный порог

Вентиляционным порогом называют момент, когда в ходе пробы с возрастающей физической нагрузкой МОД начинает увеличиваться непропорционально потреблению кислорода, что обычно (но не всегда) совпадает с началом экспоненциального роста уровня лактата в плазме, то есть лактатного порога (Brooks, 1985; Davis, 1985). Поэтому вентиляционный порог часто используют вместо лактатного порога (Laursen et al., 2005),

особенно у детей, ввиду неинвазивности метода. Примечательно, что в ходе пробы с возрастающей нагрузкой отмечается два различных момента, на которых вентиляция легких возрастает непропорционально потреблению кислорода. Эти моменты обычно называют первым и вторым вентиляционными порогами (Lucia et al., 2000).

Первый вентиляционный порог

Этот термин означает момент в ходе пробы с возрастающей нагрузкой, когда заметно увеличивается отношение минутного объема дыхания (МОД) к минутному потреблению кислорода (Lucia et al., 2000). При этом объем вдыхаемого и выдыхаемого воздуха увеличивается непропорционально количеству поглощенного кислорода. Этот момент иногда называют «аэробным порогом». Как считают, он отражает интенсивность нагрузки, при которой ионы водорода, отщепленные от молочной кислоты, нейтрализуются ионами бикарбоната с образованием слабой уголекислоты (H_2CO_3), которая диссоциирует на воду и уголекислый газ. Повышение уровня уголекислого газа и концентрации ионов водорода приводит к увеличению частоты дыхания за счет воздействия на центральные и периферические хеморецепторы. Возросшая вентиляция легких обеспечивает удаление избытка уголекислого газа и таким образом регулирует рН крови. Увеличение МОД сначала соответствует образованию уголекислого газа, и отношение МОД к минутному выделению уголекислого газа не меняется, в то время как отношение МОД к минутному потреблению кислорода растет.

Второй вентиляционный порог

Он наблюдается при физических нагрузках очень высокой интенсивности, когда лактата в крови накапливается больше, чем выводится. Второй вентиляционный порог проявляется как второе существенное увеличение отношения МОД к минутному потреблению кислорода, но с одновременным увеличением и МОД к минутному выделению уголекислого газа (Lucia et al., 2000). На этой стадии очень высокие уровни лактата запускают экспоненциальный рост МОД до значений, намного

превосходящих те, что требуются для потребления кислорода или удаления углекислого газа. Если первый вентиляционный порог обычно называют «аэробным порогом», то второй - «анаэробным порогом» или «точкой респираторной компенсации».

Возникает два вопроса. Первый - как эти два вентиляционных порога связаны с уровнем выносливости у спортсмена? Второй - может ли спортсмен использовать эти данные в тренировочной программе либо на соревнованиях, требующих обычной или очень большой выносливости? Эти вопросы мало изучены. Однако в недавнем исследовании обнаружено, что на этапах бега и велогонки 226-километрового триатлона «Железный человек» ЧСС участников достигала уровня, соответствующего ЧСС при первом вентиляционном пороге (Laursen et al., 2005). Кроме того, триатлонисты, у которых ЧСС была выше первого вентиляционного порога на этапе велогонки, в марафоне показали результаты хуже, чем те, кто проехал велосипедный этап с показателями ниже первого вентиляционного порога. Это наводит на мысль о том, что ЧСС, соответствующая первому вентиляционному порогу, может быть хорошим инструментом для участников чемпионата «Железный человек», задающим темп на протяжении всех этапов триатлона. Следовательно, первый вентиляционный порог (аэробный порог), возможно, позволяет определить темп при длительных и очень длительных нагрузках. Наоборот, второй вентиляционный порог оказался предсказывающим фактором для выносливости, когда требовалась очень высокая интенсивность нагрузки в пределах 60 мин, как, например, в велогонке на 40 км (Laursen et al., 2003).

Экономичность движений

Успешный спортсмен, занимающийся зимними видами спорта на выносливость (лыжные гонки, биатлон, конькобежный спорт, шорт-трек), способен долго выполнять интенсивную нагрузку при экономном поступлении эндогенной энергии к работающим мышцам. Таким образом, эффективное использование доступной энергии - важная составляющая

выносливости. Экономичность движений означает соотношение между механической работой (скорость бега или мощность) и общими энергозатратами (потребление кислорода). Например, экономичность движений при беге оценивают по потреблению кислорода при заданной субмаксимальной скорости бега (например, 14 км/ч). Первый спортсмен может бежать со скоростью 14 км/ч, потребляя 2,5 л/мин кислорода, а второй - 2,7 л/мин. Первый спортсмен экономнее использует различные физиологические системы (цикл растяжение-сокращение мышц, низкая частота дыхания) для бега со скоростью 14 км/ч. Кроме того, первый спортсмен производит меньше тепла, чем второй, так как теплопродукция определяется скоростью метаболизма. Итак, вероятно, что первый спортсмен сможет бежать дольше второго благодаря экономии энергетических ресурсов (гликогена в мышцах) и снижению теплопродукции за счет меньшей скорости метаболизма. Снижение или устранение нежелательных или непроизводительных мышечных движений, а также развитые тренировками приспособительные реакции, направленные на укорочение цикла растяжение-сокращение, способствуют экономичности движений и повышают выносливость (Paavolainen et al., 1999).

Как и анаэробный порог, экономичность движений позволяет выявить различия в физической готовности в однородной группе, состоящей из тренированных спортсменов со сходными значениями МПК (Lucia et al., 2002, Weston et al., 2000). К примеру, Weston et al. (2000) исследовали МПК и экономичность движений у негров и белых - бегунов на длинные дистанции, при этом у белых МПК оказалось на 13% больше, но у негров при беге со скоростью 16,1 км/ч экономичность движений была на 5% выше.

Таким образом, МПК, максимальная мощность, анаэробный порог и экономичность движений - главные факторы, определяющие уровень выносливости. Если МПК хорошо предсказывает физическую готовность среди населения в целом, то 3 остальных показателя, возможно, помогают точнее выявить различия физической формы в однородной группе

спортсменов, тренированных на выносливость. То, в какой степени каждый из этих факторов влияет на общую работоспособность, зависит от длительности и интенсивности определенной нагрузки, требующей выносливости, при этом высокое МПК играет более важную роль при кратковременных высокоинтенсивных нагрузках, а мощность, анаэробный порог и экономичность движений - при длительных нагрузках, требующих выносливости. Удобно, что все эти три фактора можно оценить во время пробы с возрастающей физической нагрузкой.

Проба с возрастающей или ступенчато возрастающей нагрузкой, иногда называемая просто пробой на МПК, - распространенный метод оценки выносливости, который можно использовать для определения всех вышеописанных показателей, предсказывающих уровень выносливости. Однако не все пробы со ступенчато возрастающей нагрузкой позволяют точно определить все эти показатели. Следовательно, для спортивного врача или физиолога важно понимать, как изменения протокола пробы могут влиять на результаты. Различия в протоколах включают такие параметры, как длительность ступени и скорость прироста интенсивности нагрузки (мощности или скорости бега) от одной ступени к другой. В зависимости от изменения этих параметров бывают протоколы с быстрым или медленным возрастанием нагрузки (Bentley et al., 2001; Bishop et al., 1998).

Протоколы проб

Пробы с быстрым возрастанием нагрузки. К ним относятся пробы, при которых испытуемый отказывается от продолжения нагрузки из-за усталости через 8-15 мин (Brooks et al., 2000). Такой временной интервал объясняется тем, что при более коротких и, следовательно, более интенсивных нагрузках из-за усталости часто не удается добиться максимальной ЧСС. В то же время нетренированные люди не выдерживают нагрузку, продолжающуюся более 15 мин, и раньше времени останавливаются из-за усталости.

Пробы с быстрым возрастанием нагрузки позволяют определить МПК и максимальную ЧСС у многих спортсменов (Bishop et al., 1998a). Типичный

протокол с быстрым возрастанием нагрузки для тренированных бегунов и лыжников начинается с бега на тредмиле со скоростью 8 км/ч и продолжается с возрастанием скорости на 1 км/ч каждую минуту, пока не будет достигнута скорость 18 км/ч. Затем дальнейшего возрастания нагрузки добиваются с помощью увеличения угла наклона тредмила на 1% каждую минуту до отказа продолжить нагрузку (Laurset al., 2005b). Типичный протокол велоэргометрии с быстрым возрастанием нагрузки для тренированных велосипедистов может начинаться с мощности 100 Вт, затем мощность увеличивают каждую минуту на 30 Вт до отказа продолжить нагрузку (Laursen et al., 2002a). Такие протоколы не подходят для измерения экономичности движений или анаэробного порога, так как ЧСС и потребление кислорода не достигают равновесного значения при каждом уровне нагрузки из-за скорости ее увеличения (Bentley et al., 2001a). Тем не менее протоколы с быстрым возрастанием нагрузки подходят для измерения МПК и максимальной ЧСС и благодаря короткому времени проведения полезны тренерам и исследователям в наблюдении за изменениями МПК.

Пробы с медленным возрастанием нагрузки. К такому типу относятся пробы, при которых нагрузку увеличивают с интервалами 3-8 мин. Такие протоколы обычно используют для приблизительной оценки анаэробного порога, максимальной мощности и, в некоторых случаях, экономичности движений при беге (Noakes et al., 1990; Weston et al., 2000). Максимальная достигнутая мощность точно отражает уровень выносливости, особенно у тренированных спортсменов (Hawley, Noakes, 1992; Noakes et al., 1990). Усталость в пробе с медленным возрастанием нагрузки обычно наступает через 20-45 мин, время каждой ступени обычно составляет 5 мин.

Эти пробы не подходят для неопытных или нетренированных испытуемых, особенно для определения МПК, так как усталость обычно возникает до достижения максимальной ЧСС и МПК. Однако у тренированных спортсменов МПК, определенное в пробах с медленным возрастанием нагрузки, соответствует результатам, полученным в пробах с

быстрым возрастанием нагрузки (Bentley et al., 2001a; Bishop et al., 1998a). Таким образом, если время позволяет, протокол с медленным возрастанием нагрузки будет полезен тренеру по выносливости, так как позволяет определить разные показатели выносливости, включая анаэробный порог и экономичность движений без ущерба для измерения МПК (Bentley et al., 2001a; Bishop et al., 1998a).

Протоколы со ступенчатым возрастанием нагрузки каждые 5-6 мин обычно применяются для определения экономичности движений при достижении равновесных значений потребления кислорода (Morgan, Daniels, 1994). Эти пробы больше подходят для тренированных спортсменов, так как из-за длительности (20-45 мин) нетренированные спортсмены устают раньше, чем можно было бы определить экономичность движений (Morgan, Daniels, 1994). Хотя точный механизм улучшения экономичности движений до конца непонятен, видимо, играют роль такие факторы, как объем тренировок, их интенсивность, тип тренировок (плиометрические упражнения), длительность тренировок на выносливость в годах и генетические факторы (Franch et al., 1998; Paavolainen et al., 1999; Sjodin, Svedenhag, 1985).

Основную роль в пробах на выносливость играет тот факт, что используемый эрометр должен быть специфичным для исследуемых спортсменов. К примеру, бессмысленно измерять МПК у лыжника на велоэргометре, так как при этих двух типах нагрузки активизируются различные двигательные единицы, поэтому измеренное МПК будет значительно ниже, чем показатель, полученный при беговом тесте и или тесте на лыжероллерном тредбане.

Знакомство с заданием при оценке физической формы — важное условие, которое существенно влияет на разброс результатов, обусловленный естественными различиями в многократных попытках при исследовании выносливости. Таким образом, следует подумать о том, что для надежной достоверной пробы на выносливость требуется предварительная попытка.

Такая попытка гарантирует, что спортсменам удобно пользоваться оборудованием и выполнять процедуры, и это может существенно снизить разброс результатов у одного и того же спортсмена, что объясняется «эффектом накопленного опыта» (Laursen et al., 2003a). Например, (Laursen et al. 2003) провели исследование, где велосипедисты должны были выполнить 3 попытки преодоления 40 км в помещении, пользуясь собственным велосипедом, установленным на стационарной подставке-тренажере. Коэффициент вариации (показатель разброса) между первой и второй попытками, а также между первой и третьей попыткой составил 3%. Однако тот же самый коэффициент, рассчитанный для различий между второй и третьей попыткой, заметно уменьшился всего до 1%. Отсюда следует очевидный вывод о том, что ознакомительная попытка - абсолютно необходимый компонент пробы на выносливость, так как она существенно уменьшает разброс результатов.

Стандартизированная разминка

Это тоже важный компонент пробы на выносливость. Разминка должна быть специфичной для предстоящего задания; она помогает увеличить приток крови к мышцам, которые будут задействованы в ходе пробы. Разминка повышает температуру мышц и увеличивает их способность развивать силу за счет повышения активности ферментов и последующего увеличения продукции энергии, известного как «эффект кофермента Q10». Хорошая разминка для тренированных велосипедистов может включать 3 мин велоэргометрии с мощностью, составляющей 25% максимальной, а затем 5 мин с мощностью, составляющей 60% максимальной, за чем следуют 2 мин с мощностью, составляющей 80% максимальной.

До проведения информативной пробы следует оценить ее воспроизводимость или надежность, как обсуждалось во вводящей части. Воспроизводимость подразумевает получение одинаковых результатов в разное время, что указывает на высокую достоверность и точность измерений (Hopkins, 2000; Hopkins et al, 2001). Высоко воспроизводимая

проба позволяет выявить различия физиологических показателей у разных спортсменов или изменения работоспособности у одного спортсмена после тренировок или применения средств, повышающих работоспособность.

В настоящее время продолжаются дебаты о том, какой методологии следует придерживаться при планировании пробы на выносливость. Во многих пробах от спортсмена требуют «выполнять физическую нагрузку как можно дольше с заданной интенсивностью» или «преодолеть как можно быстрее заданную дистанцию». На первый взгляд эти два задания кажутся похожими, так как оба оценивают выносливость. В частности, оба типа проб широко применяют в научных исследованиях и при обучении специалистов. Однако важно, насколько практически полезны и надежны эти два типа проб.

Пробы без обратной связи Пробы, выполняемые с постоянной скоростью бега или мощностью, называют пробами без обратной связи. Такое название объясняется тем, что время завершения пробы определяет сам испытуемый. Поэтому длительность пробы неизвестна. Обычно спортсменов просят выполнять пробу с заданной субмаксимальной интенсивностью до тех пор, пока они могут или хотят поддерживать нужную скорость бега или мощность (Jeukendrup et al., 1996). Такие пробы больше известны в литературе как пробы на время до отказа, и их можно проводить с любой заданной интенсивностью. К этому же типу относят и пробы с возрастающей физической нагрузкой.

Пробы с возрастающей нагрузкой

Их можно отнести к пробам без обратной связи, так как испытуемого просят выполнять определенное задание до отказа. Однако этот тип проб отличается от проб на время до отказа тем, что интенсивность нагрузки ступенчато возрастает через заданные интервалы и нагрузка непостоянна. Результаты проб с возрастающей нагрузкой улучшаются после ознакомительной попытки или после предварительного объяснения протокола пробы. В пробах на время до отказа, как правило, время спортсмену неизвестно. Надежность проб с возрастающей нагрузкой у

нетренированных бегунов составила меньше 5% (Kyle et al., 1989), в то время как у триатлонистов при выполнении проб с возрастающей нагрузкой коэффициенты внутригрупповой корреляции были высокими: при беге - 0,97, велогонке - 0,93 и плавании - 0,97 (Kohrt et al., 1987). Вероятно, у тренированных спортсменов пробы с возрастающей нагрузкой, которые можно считать пробами без обратной связи, надежны.

Пробы на время до отказа

Такие пробы использовали как важный инструмент для оценки изменений работоспособности после тренировок. Во время проб на время до отказа спортсмена просят выполнять нагрузку с постоянной заданной интенсивностью до тех пор, пока он не утрачивает способность поддерживать этот темп, и в этот момент фиксируют время (Davis et al., 1992; Laursen et al., 2002). Чем дольше спортсмен способен выполнять нагрузку, тем выше ожидаемый уровень выносливости. Субмаксимальную скорость или мощность обычно определяют в виде процента от МПК или анаэробного порога у данного спортсмена (Davis et al., 1992; Laursen et al., 2002). В ходе пробы на время до отказа спортсмен не знает ни времени, ни преодоленной дистанции. Billat et al. (1994) проводили пробы на время до отказа у 8 профессиональных бегунов со скоростью бега, соответствующей МПК, и не обнаружили статистически значимых различий между попытками, выполненными с недельным интервалом. Однако несмотря на это, в измерениях у одного и того же спортсмена наблюдались существенные различия, при этом коэффициент вариации составил 25%.

Пробы на время до отказа, выполняемые с супермаксимальной интенсивностью (интенсивность физической нагрузки превышает мощность или скорость бега, соответствующую МПК), тоже проявляют относительно низкую абсолютную воспроизводимость. Graham, McLellan (1989) обнаружили, что бег на тредмиле до отказа со скоростью, соответствующей 120% МПК, дает относительно высокий коэффициент вариации (10%). Laursen et al. (2003c) тоже обнаружили, что велоэргометрия на время до

отказа с максимальной мощностью, составляющей 150% МПК, не давала надежных результатов (коэффициент вариации равен 11%) у тренированных велосипедистов и триатлонистов.

Существует 2 группы методов определения максимума аэробной производительности:

- прямые
- косвенные или предсказательные.

Методы прямого определения МПК

При намерении МПК в качестве нагрузок применяют:

- бег на месте, тредбане (тредмиле);
- степ-тест (подъемы на скамейку);
- велоэргометрические нагрузки;
- специальные тесты (на лыжероллерном тредбане, на льду у конькобежцев и спортсменов, специализирующихся в шорт-треке).

При проведении степ теста увеличивается число подъемов, предлагается использовать двухступенчатую лесенку, по 22,5 см. Темп работы устанавливается под метроном по 3 с на подъем и 3 с на спуск. На счет 3 обе ноги находятся на верхней ступеньке, а на счет 6 обе ноги на полу, и осуществляется поворот на 180° для нового подъема на скамейку. Число подъемов от 8-10 до 20-25 в минуту.

Высота ступеньки может варьироваться до 40-50 см. При высоких уровнях МПК подъем на ступеньки не очень удобен, так как трудно выдержать высокий темп шагов и частые повороты. Велоэргометр или тредбан в этом отношении более предпочтительны.

Имеется 5 основных модификаций определения величины МПК прямым способом. (Н.И. Волков, 1969).

1. Метод однократной нагрузки. Начинать испытания следует с нагрузки около 70 % ожидаемого максимума интенсивности после предварительной 3-5-минутной легкой неустойчивой разминки. Нагрузка должна вызывать полное утомление в течение 5-6 мин.

1-я ступень - 2 мин 70 %

2-я ступень - 2 мин 85 %

3-я ступень - 1 - 2 мин 100 %

Этот метод получил название «вита максима».

2. Метод повторных испытаний заключается в выполнении увеличивающихся раз от раза нагрузок, а продолжительность последней ограничивается достижением максимума аэробной производительности и возможностями испытуемого.

3. Метод ступенчатого увеличения нагрузки последовательными этапными вплоть до ограничения возможностями испытуемого и выравнивания кривой потребления кислорода (O_2).

Хольман (Holmain) предлагает начинать нагрузку с 400 кгм/мин для женщин и 900 кгм/мин для мужчин, увеличивая через 3 минуты МОЩНОСТЬ работы на каждой последующей ступени: -400-700-900-1100-1300-1600-1900 - и т. д.

4. Метод непрерывного линейного увеличения мощности работы требует специальных устройств и продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто «выравнивание» кривой поглощения O_2 .

5. Метод 2- или 3-кратного ступенчатого возрастания нагрузки вплоть до значения МПК. Один из вариантов такой нагрузки, заключается в следующем: испытуемый выполняет последовательную одну за другой две стандартные нагрузки, в первой из которых пульс достигает значений 120-140, а при второй – 160-170 ударов в минуту (как в тесте PWC_{170}), а затем последующие 2 или 3 минуты испытуемый выполняет третью ступень в субмаксимальном темпе, в процессе которой происходит достижение МПК. Таким образом, весь тест занимает 8-9 минут. Такой вариант нагрузки очень удобен для динамических этапных исследований, так как дает возможность в одном тесте изучить состояние спортсмена одновременно:

- в двух стандартных нагрузках;
- при предельной нагрузке;

- определить величину МПК и целый ряд других физиологических и эргометрических параметров.

Для измерения потребления кислорода применяются;

- различные спирографы, допускающие процедуру измерения при большом увеличении вентиляции легких;
- газовые счетчики с параллельно идущим газоанализом на различных приборах для газометрических определений состава выдыхаемого воздуха (типа Metalizer 3B, Oxycon Pro);
- сбор выдыхаемого воздуха в мешки Дугласа с последующим газоанализом по методике Холдена или другими способами.

Для получения точных результатов необходимо, чтобы дополнительное сопротивление вдоху и выдоху не превышало 15мм водного столба при вентиляции в 200 л/мин. Мундштук должен иметь внутренний диаметр не менее 2,5см, трубки соединительные - не менее 3,5-4 см. Вредное пространство дыхательного вентиля или маски не должно превышать 50 мл. Важным для тестирования является уверенность, что величина МПК достигнута.

Критерии достижения величины МПК:

- Дыхательный коэффициент увеличивается до 1,1—1,2 и более (Balke, 1954);
- ЧСС увеличивается до 190-200 уд/мин. (Astrand P.O., 1952)
- Появляется плато на графике зависимости потребления кислорода от мощности работы (Волков Н.И., 1965), Margaria, 1965, Карпман В. Л., 1969, 1972).
- Величина артериального давления достигает 180-200 мм. рт.ст. (Мотылянская Р.Е., 1972).

Определение МПК на велоэргометре

Рекомендуемая скорость педалирования для общего применения соответствует 60 оборотов в мин⁻¹. Квалифицированные велогонщики или те, кто проводит много времени на велосипеде, предпочитают скорость около 90

обмин⁻¹. Какова бы ни была скорость педалирования, наиболее важной переменной является выход мощности, который на каждой ступени должен быть приблизительно сопоставим с протоколом, приведенным в таблице 2.

Велоэргометр с электрическим тормозом, обеспечивающий постоянную рабочую нагрузку, облегчает регулировку выхода мощности независимо от частоты педалирования, и постепенное повышение нагрузки можно устанавливать в соответствии с данными колонки «мощность», рекомендуемыми в таблице 2.

Таблица 2. Протокол для регулирования приращений интенсивности нагрузки на велоэргометре.

Ступени (этапы)	Время этапа, мин	Накопленное время, мин	Постоянная рабочая нагрузка, кп/м/мин, Вт	Ориентировочные величины, Вт	Кп при 60 об/минкп/м/мин, (Вт)	Кп при 90 об/мин. Кп/м/мин, (Вт)
1	2	2	300	45—50	0,75 (270)	0,5 (270)
2	2	4	600	90—100	1,50 (540)	1,0 (540)
3	2	6	900	125—150	2,25 (810)	1,5(810)
4	2	8	1200	175—200	3,0 (1080)	2,0(1080)
5	2	10	1500	225—250	3.75 (1350)	2,5 (1350)
6	2	12	1650	250—275 ²	4.25 (1350)	2.75 (1485)
7	2	14	1800	275—300	4.75(1710)	3,0 (1620)
1	2	2	600	90—100	1,50 (540)	1.0 (540)
2	2	4	900	125—150	2,25 (810)	1,5 (810)
3	2	6	1200	175—200	3.00(1080)	2,0 (1080)
4	2	8	1500	225—250	3.75 (1350)	2,5 (1350)
5	2	10	1800	275—300	4.50 (1620)	3,0 (1620)
6	2	12	2100	325—350	5.25 (1890)	3,5 (1890)
7	2	14	2750	350—375	5,75 (2070)	2,75 (2025)

Примечание. Ожидаемое значение МПК 2,0 — 4,0 л/мин. Приращения должны быть сокращены наполовину (то есть от 50 Вт до 25 Вт), когда ЧСС для тренированного спортсмена находится в пределах 5 в 1 мин от максимума ЧСС, или когда становится очевидным, что работа очень усложняется и нормальное приращение вызовет прекращение нагрузки ввиду

отсутствия адекватных силовых возможностей. Ожидаемое значение МПК 4,0 — 6,0 л/мин. Всем тестам предшествует, по меньшей мере, 5-минутная разминка с минимальной рабочей нагрузкой.

2. Модельные характеристики физических качеств у спортсменов в зимних олимпийских видах спорта

К основным физическим качествам спортсменов из зимних олимпийских видов спорта относятся выносливость и виды ее проявлений (специальная, общая, локальная), скорость, сила (максимальная, взрывная, произвольная), координация. Как правило, развитие физических качеств измеряют и контролируют в специальных лабораторных условиях. В отличие от полевых тестов это позволяет добиваться точного воспроизведения внешних условий проведения тестовых процедур (времени, температуры, влажности, точное соблюдение протокола нагрузки, отсутствия ветра и др.).

Ниже перечислены наиболее информативные и надежные методики тестирования спортсменов, в зимних видах спорта на выносливость:

- PWC 170
- Косвенное или прямое определение МПК (абс/отн)
- Оцениваются показатели кардио – респираторной системы при выполнении нагрузки и в покое: ЛВ ЖЕЛ, ФЖЕЛ, МОД, ЧССпок, ЧССмакс, ЧСС АнП.
- Биохимия крови
- ЭКГ
- Антропометрические показатели: ИМТ, процент жира/мышц в организме
- Скоростно-силовой компонент (30-секундный тест «Wingate»)

МПК – максимальное потребление кислорода; ЛВ – легочная вентиляция, ЖЕЛ – жизненная емкость легких, ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких; МОД – минутный объем дыхания; ЧССпок – индивидуальная частота сердечных сокращений в покое; ЧССмакс – индивидуальная максимальная частота сердечных сокращений; ЧСС

АнП – частота сердечных сокращений на уровне анаэробного порога; ИМТ – индекс массы тела.

Стоит отметить, что сам термин «физические качества» как правило, ассоциируется с педагогическим контролем и измерением в физических величинах (секунды, метры, км/ч и т.п.). Однако непосредственно за спортивный результат отвечают конкретные физиологические процессы и системы внутри организма. В связи с этим любые физические качества неотделимы от физиологических констант организма и их производных. В отечественной и зарубежной научной, популярной и методической литературе можно найти достаточно информации касательно модельных характеристик физических качеств тех или иных сильнейших спортсменов в зимних видах спорта. Проведенный анализ данных литературы позволил нам сформировать следующие сводные таблицы, включающую модельные характеристики физических качеств и физиологических детерминантов их определяющих спортсменов из зимних олимпийских видов спорта.

Таблица 3. Параметры крови у нетренированных спортсменов и элитных лыжников по данным Heikki Rusko. Handbook of Sports Medicine and Science Cross Country Skiing, 2003.

	Не тренированные спортсмены	Элитные лыжники
Масса эритроцитов (л)	2,2	3
Объем плазмы (л)	2,8	3,6
Объем крови, л	5	6,6
Гематокрит (%)	44	45
Гемоглобин (гр/л)	155	160

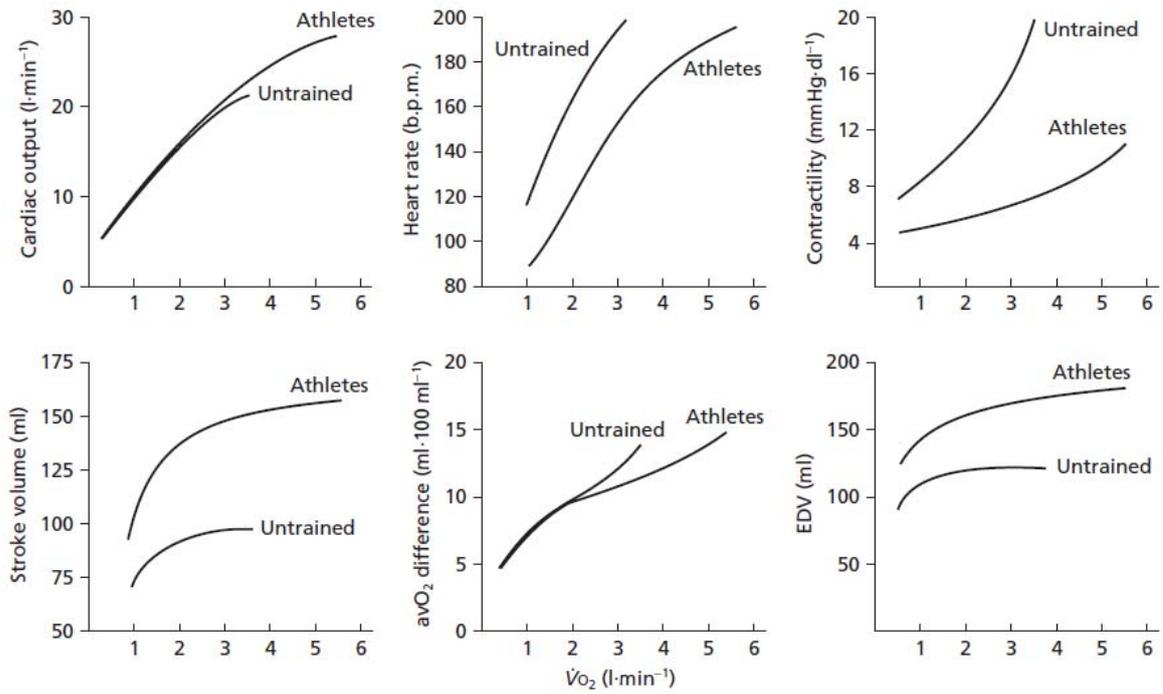


Рис. 1. Изменения в работе кардио-респираторной системы во время теста со ступенчато-повышающейся нагрузкой у нетренированных спортсменов и элитных лыжников-гонщиков (Heikki Rusko, 2003).

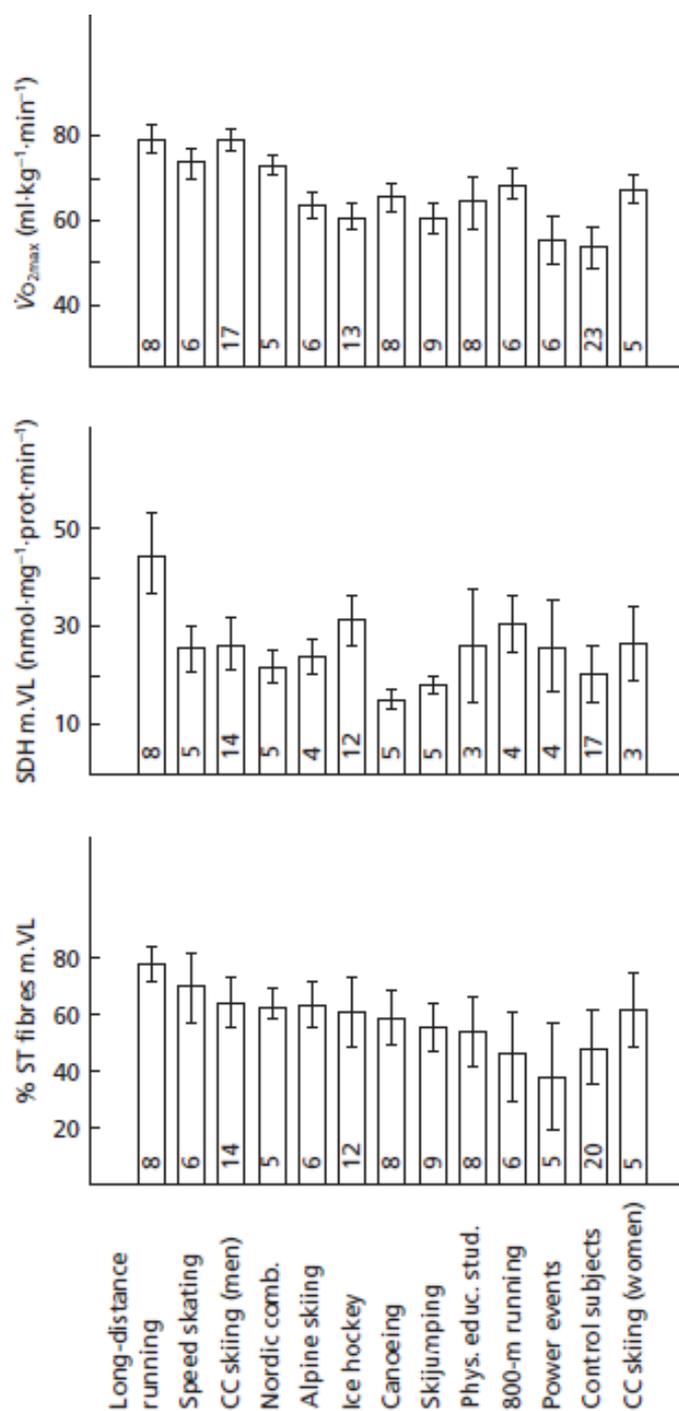


Рис. 2. МПК ($\dot{V}O_{2max}$), активность фермента сукцинат дегидрогеназы (SDH) и процентное содержание медленных мышечных волокон в мышце vastus lateralis (% ST fibres) у спортсменов различных дисциплин и видов спорта (мужчины и женщины).

Значение максимального потребления кислорода является интегральным показателем функционального состояния лыжников-гонщиков. На величину МПК оказывает влияние ряд факторов: 1) физическая подготовленность; 2) пол; 3) возраст; 4) вес; 5) положение испытуемого (сидя или стоя); 6) вид

нагрузки (велосипед, беговая дорожка и др.); 6) вовлеченности различных мышечных групп; 7) максимальные возможности кардиореспираторной системы [8]. На рисунке 3 представлены данные о МПК во время зимнего сезона у спортсменов различного уровня подготовки.

	Level of skiers			
	World-class	Medium-class	Less successful	Finnish Gold medallists
Men	<i>n</i> = 13	<i>n</i> = 7	<i>n</i> = 6	<i>n</i> = 3
<i>l</i> · <i>min</i> ⁻¹				
Mean	6.38	5.94	5.74	6.43
Min	5.83	5.50	5.25	
Max	6.57	6.49	6.22	
<i>ml</i> · <i>kg</i> ⁻¹ · <i>min</i> ⁻¹				
Mean	85.6	81.5	79.4	91.6
Min	83.9	78.2	76.0	
Max	88.4	83.7	83.4	
<i>ml</i> · <i>kg</i> ^{2/3} · <i>min</i> ⁻¹				
Mean	355	335	326	368
Min	352	322	316	
Max	359	345	335	
Women	<i>n</i> = 13	<i>n</i> = 6	<i>n</i> = 6	<i>n</i> = 3
<i>l</i> · <i>min</i> ⁻¹				
Mean	4.28	3.84	3.84	4.61
Min	3.96	3.51	3.45	
Max	4.56	4.16	4.27	
<i>ml</i> · <i>kg</i> ⁻¹ · <i>min</i> ⁻¹				
Mean	70.1	70.6	64.2	74.3
Min	69.0	66.8	60.8	
Max	73.1	74.9	66.9	
<i>ml</i> · <i>kg</i> ^{2/3} · <i>min</i> ⁻¹				
Mean	274	264	248	289
Min	272	252	238	
Max	276	277	257	

Рис. 3. Максимальное потребление кислорода (МПК) во время зимнего сезона у спортсменов различного уровня подготовки (Heikki Rusko, 2003).

Согласно данным других авторов (Вилмор Дж., Костил Д., 2001) показатель МПК у спортсменов зимних видов спорта может отличаться (таблица 2).

Таблица 4. МПК у спортсменов в зависимости от вида спорта, возраста и пола, мл/кг/мин.

Группа или вид спорта	Возраст, лет	Мужчины	Женщины
Хоккей на льду	10-30	50-63	-
Горнолыжный спорт	18-30	57-68	50-55
Лыжные гонки	20-28	65-95	60-75
Прыжки с трамплина	18-24	58-63	-
Скоростной бег на коньках	18-24	56-73	44-55

Согласно данным отечественных ученых и в первую очередь, специалистов ФНЦ ВНИИФК, физиологические показатели, которые по праву могут считаться модельными для московских спортсменов, входящих в состав экспериментальной команды Сочи-2014 отражены в таблице 5.

Таблица 5 Модельные характеристики лыжников-гонщиков (мужчины), полученные в результате теста со ступенчато-повышающейся нагрузкой*.

Параметр	Вес	МПК	МПК	ПК АнП	ПК АнП	АнП % МПК	ЧСС	ЛВ	КИО2	La
Ед. изм	кг	л/мин	мл/мин/кг	л/мин	мл/мин/кг	%	уд/мин	л/мин	%	ммоль
Средняя величина	75	5	69	4	58	83	178	165	3	9
SD	6,6	0,6	4,0	0,2	3,9	3,9	5,5	22,5	1,3	2,1

* - данные получены во время теста со ступенчато-повышающейся мощностью на беговом тредбане (начальная скорость 3 м/с, прибавка скорости каждые 3 минуты на 0,5 м/с) при обследовании сборной команды России по лыжным гонкам в различные временные периоды и этапы подготовки.

ПК АнП – потребление кислорода на уровне анаэробного порога, *ЛВ* – легочная вентиляция, *КИО2* – коэффициент использования кислорода, *La* – максимальная величина концентрации лактата в крови при окончании теста.

Таблица 6. Модельные характеристики лыжниц-гонщиц (женщины), полученные в результате теста со ступенчато-повышающейся нагрузкой*.

Параметр	вес	МПК	МПК	ПК АнП	ПК АнП	АнП % МПК	ЧСС	ЛВ	КИО2	La
Ед. изм	кг	л/мин	мл/мин/кг	л/мин	мл/мин/кг		уд/мин	л/мин	%	ммоль
Средняя величина	60	4	59	4	51	87	176	116	3	8
SD	5,1	0,3	3,1	0,2	3,0	4,4	7,1	19,7	1,0	2,3

* - данные получены во время теста со ступенчато-повышающейся мощностью на беговом тредбане (начальная скорость 2,5 м/с, прибавка скорости каждые 3 минуты на 0,5 м/с) при обследовании сборной команды России по лыжным гонкам в различные временные периоды и этапы подготовки.

ПК АнП – потребление кислорода на уровне анаэробного порога, ЛВ – легочная вентиляция, КИО2 – коэффициент использования кислорода, La – максимальная величина концентрации лактата в крови при окончании теста.

Одним из наиболее зрелищных игровых зимних видов спорта является хоккей с шайбой. Исторически основными соперниками и соответственно чемпионами в данном виде спорта являются Канадцы и команда СССР и России. Противостояние данных мировых хоккейных держав продолжается уже на протяжении нескольких десятков лет. В связи с этим наибольший интерес представляют модельные характеристики основных наших соперников – Канадцев. Ниже (рисунок 4-8) представлены данные по физиологическому профилю ведущих спортсменов игроков, выступающих в национальной хоккейной лиге (НХЛ).

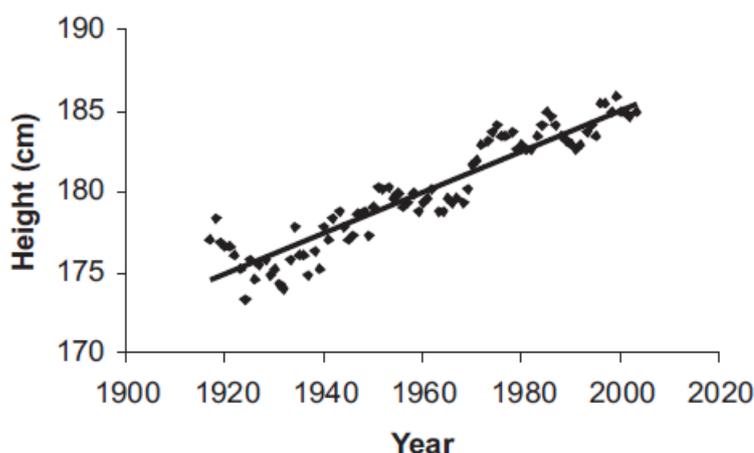


Рис. 4. Динамика роста у игроков хоккейного клуба Монреаль (David L. Montgomery, 2006).

Year – годы, Height – рост, см

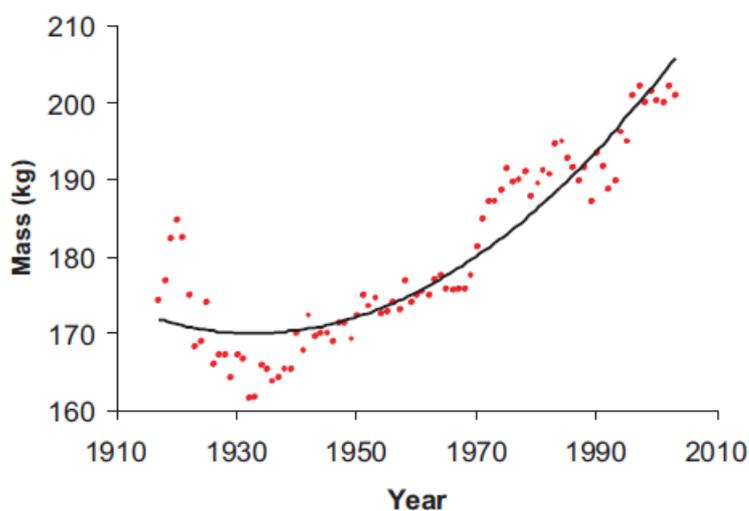


Рис. 5. Динамика веса у игроков хоккейного клуба Монреаль (David L. Montgomery, 2006).

Year – годы, Mass – вес, кг

Year	<i>n</i>	Mean	Standard deviation
1981	27	12.4	1.9
1982	30	9.7	1.6
1992	24	8.3	2.6
1993	63	12.4	4.1
1994	41	9.8	1.3
1995	65	11.5	2.4
1996	59	11.2	1.7
1997	24	10.4	1.7
1998	58	10.4	1.9
1999	52	10.2	1.8
2000	48	10.2	1.8
2001	52	10.0	1.4
2002	53	10.3	1.6
2003	39	10.4	1.4

Рис. 6. Состав тела, процент жировой массы, % (David L. Montgomery, 2006).

Year – годы, n – количество исследованных спортсменов, Mean – средняя величина жира в организме, Standard deviation – стандартное отклонение

Year	<i>n</i>	Mean	Standard deviation
1981	27	55.6	—
1982	29	51.9	—
1992	24	55.8	6.1
1993	61	55.1	3.6
1994	40	58.1	4.7
1995	65	55.4	5.2
1996	59	55.3	4.2
1997	58	54.2	4.9
1998	50	54.4	3.4
1999	42	55.5	3.0
2000	60	53.7	4.4
2001	52	57.7	3.1
2002	52	57.7	3.1
2003	61	59.0	3.5

Рис. 7. Максимальное потребление кислорода (МПК), мл/кг/мин (David L. Montgomery, 2006).

Year – годы, *n* – количество исследованных спортсменов, *Mean* – средняя величина МПК, *Standard deviation* – стандартное отклонение

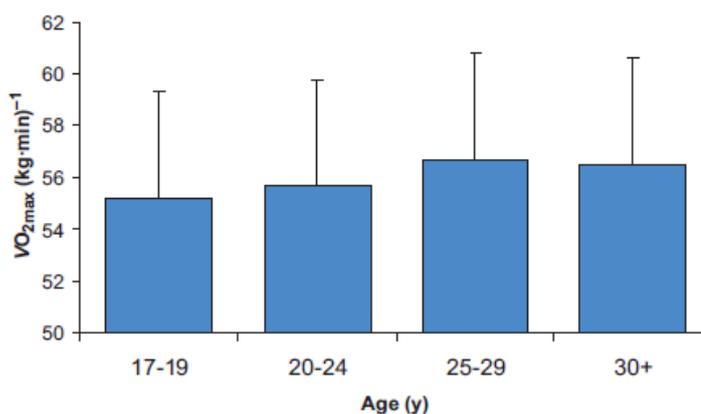


Рис. 8. Максимальное потребление кислорода с разбивкой по четырем возрастным группам (МПК), мл/кг/мин (David L. Montgomery, 2006).

Age – возраст лет, *VO_{2max}* – МПК, мл/мин/кг

Представленные на рисунках данные позволяют сравнивать спортсменов, претендующих на попадание в экспериментальную команду Сочи-2014 на предмет соответствия основным морфо-функциональным показателям хоккеистов.

Научные исследования, посвященные изучению и составлению модельных характеристик спортсменов из различных видов горнолыжной программы, активно проводятся на протяжении последних 30 лет. Среди спортсменов в горнолыжном спорте одно из ведущих мест, бесспорно, занимают горнолыжники Австрии. Весомое исследование было проведено

австрийскими учеными на ведущих спортсменах национальной команды (Physical and Physiological Factors Associated with Success in Professional Alpine Skiing. Neumaier G и др.). Стоит отметить, что на протяжении того времени, что проводилось исследование (1997-2000 год) участвующие в нем спортсмены: 20 женщин и 28 мужчин выиграла половину стартов в рамках этапов кубка мира по горнолыжному спорту.

Анализ научных результатов австрийских спортсменов позволил выделить следующие наиболее значимые модельные показатели: средний возраст у женщин – 25,2 года, у мужчин – 27,6 лет. Средний рост у женщин – 166 см, у мужчин – 181 см. Вес соответственно – 65,1 и 87 кг. % жировой массы у спортсменок – 24,5%, у спортсменов – 15,8 %. Максимальная развиваемая мощность в тесте со ступенчато-повышающейся нагрузкой на велоэргометре у женщин – $4,3 \pm 0,4$ Вт/кг, у мужчин – $4,7 \pm 0,4$ кг. МПК соответственно – $55 \pm 3,5$ мл/кг/мин, $60 \pm 4,7$ мл/мин/кг. Максимальный пиковый вращающий момент при тестировании силовых показателей на силоизмерительном аппарате у женщин составил – 206 ± 21 Н/м (ньютон/метр), у мужчин – 334 ± 43 Н/м. Максимальная сила при разгибании колена соответственно 2690 ± 364 и 4414 ± 629 Дж.

Другой лидер мирового горнолыжного спорта – итальянцы опубликовали сравнительные данные по элитным итальянским спортсменам-горнолыжникам, выступающих на этапах кубка мира в разные годы, а именно в 1982, 1999, 2005 годах (Physical profile of top level alpine skiers: anthropometrical differences between Italian National Teams competing in 1982, 1999 and 2005 World Cup, Osgnach C. и др, 2006). Исследование базировалось на обследовании 85 спортсменов, входящих в национальную сборную Италии в разные годы. Все наблюдаемые атлеты специализировались в различных видах программы горнолыжного спорта (гигант слалом, супер гигант слалом и слалом).

Таблица 7. Модельные характеристики элитных итальянских горнолыжников в различные годы наблюдения.

Год исследования	1982	1999	2005
Количество исследованных спортсменов	35	28	26
Средний возраст, лет	20.6±2.4	23.4±2.8	25.0±3.9
Вес, кг	78.4±6.7	83.8±7.7	83.7±6.8
Рост, см	177.1 ±5.5	179.4±4.9	179.9±5.9
ИМТ (кг/м²)	25.0±1.6	26.1 ±2.1	25.9±1.7
Жировая масса (%)	13.8±3.2	10.2±2.6	11.0±2.8
Безжировая масса, кг	67,5±5,2	75,2±6,2	74,4±5,2
FIS points даунхил	24.62±12.41	109.00±108.26	74.53±93.38
FIS points слалом	51.68±34.27	55.92±57.93	54.13±51.10
FIS points слалом гигант	36.00±18.34	36.55±31.31	30.22±36.90
FIS points супер гигант слалом		65.35±59.01	55.05±72.44

Примечательно, что в данной таблице приводятся результаты объективного спортивного рейтинга, проводящего международной федерацией лыжных видов спорта –FIS points.

Один из самых медалеемких зимних видов спорта – скоростной бег на коньках относится к видам спорта на выносливость. Соответственно модельные характеристики физических качеств в нем также будут основываться на конкретных физиологических показателях и в первую очередь на показателях кислород-транспортной системы. За основу таких показателей могут быть взяты результаты крупного научного исследования Голландских ученых van Ingen Schenau GJ, de Groot G, Hollander AP. В исследовании приняли участие 19 высококвалифицированных конькобежцев, которые были разделены на две группы: группа элитных атлетов - 5 человек, группа хорошо тренированных атлетов – 14 человек. Все спортсмены выполнили два теста с максимальной мощностью: на коньках – 3000 метров (таблица 8.) и на велоэргометре (таблица 9). Кроме этого было проведено подробное антропометрическое исследование размеров тела (таблица 10).

Таблица 8. Модельные характеристики голландских конькобежцев при тестировании на льду (тест 3000 метров).

	МВЛ, л/мин	МПК, л/мин	МПК, мл/мин/кг	ДК, усл.ед	ЧСС, уд/мин
Группа элиты (n=5)	137,6	4,4	59,4	1,17	180
Хорошо					
тренировочная группа (n=14)	116,7	3,8	53,3	1,12	183

Таблица 9. Модельные характеристики конькобежцев при тестировании велоэргометре (тест со ступенчато-повышающейся мощностью).

	Мощность макс, Вт	МВЛ, л/мин	МПК, л/мин	МПК, мл/мин/кг	ДК, усл.ед	ЧСС, уд/мин
Группа элиты (n=5)	388	127,2	4,8	64,4	1,26	187
Хорошо						
тренировочная группа (n=14)	331	125,5	4,2	57,7	1,28	181

Таблица 10. Антропометрические характеристики голландских конькобежцев.

	Вес тела, кг	Безжировая масса тела, кг	Длина тела, см	Длина бедра, см	Длина голени, см
Группа элиты (n=5)	73,6	67	181	43,7	45,1
Хорошо тренировочная группа (n=14)	72,6	64,9	182	44	43,1

3. Методы коррекции и прогнозирования развития физических качеств в процессе тренировочного процесса у спортсменов зимних видов спорта.

Коррекция тренировочного процесса в зависимости от результатов физиологических, педагогических и функциональных тестов является одним из ключевых вопросов теории и методики подготовки спортсменов. По сути, тестирование в спорте проводится с целью коррекции тренировочного

процесса с учетом именно результатов тестирования. В данном разделе мы остановимся на ключевых постулатах использования результатов тестирования в тренировочной практике. В данном направлении наибольших успехов достигли такие спортивные ученые и теоретики спорта, как Верхошанский Ю.В., Селуянов В.Н., Платонов В.Н. Согласно указанным теоретикам спорта исходным пунктом для составления любого тренировочного плана является ожидаемый тренировочный эффект (далее ТЭ). Чтобы из множества возможных вариантов тренировочной нагрузки выбрать оптимальный, необходимо предварительно оценить их эффективность. При этом целесообразно исходить из характеристик, преимущественно определяющих качественную и количественную меру воздействия тренировочной нагрузки на организм спортсмена, таких, как ее содержание, объем и организация. Степень надежности предвидения эффекта, вносимого каждой из этих характеристик, имеет решающее значение для успеха тренировки.

При этом как уже было сказано выше одним из ключевых физических качеств и соответственно тренировочным эффектом в большинстве зимних олимпийских видах спорта будет развитие специальной выносливости и всех ее компонентов: кислородтранспортных, гормональных, нервно-мышечных и других механизмов.

Улучшения параметров выносливости (также как и других компонентов физической подготовленности) можно добиться, решив три задачи:

- 1) правильно подобрав средства и методы воздействия на генетический аппарат соответствующих морфоструктур организма (т.е. стимулировав синтез определенного вида генов);

- 2) обеспечив оптимальные условия для протекания процессов синтеза органелл клеток, подвергшихся тренировочному воздействию во время восстановления;

3) обеспечив оптимальные последовательность и уровень развития мышечных компонентов, определяющих локальную выносливость применительно к выбранной соревновательной дистанции.

Первая задача решается путем планирования тренировочного занятия, вторая - организацией отдыха и планированием микро и мезоциклов, третья путем планирования макроциклов.

Согласно представлению В.Н. Селуянова, основными морфоструктурами, которые должны подвергаться воздействию с целью развития локальной выносливости, являются:

- структурные и сократительные элементы мышц;
- капилляры и митохондриальный аппарат;
- ферментативные комплексы КФК-реакции и гликолиза.

Основное правило при планировании тренировок согласно данной концепции является обеспечение максимальных стимулов для синтеза информационной РНК (и-РНК) соответствующего типа при минимальном повреждении структурных и сократительных элементов и исчерпании углеводных запасов мышц, а именно создание оптимальных условий для развертывания анаболических процессов при минимизации катаболического эффекта. Ускоренный синтез и-РНК обеспечивается адекватными стимулами, воздействующими на генетический аппарат. Можно ожидать, что количество молекул и-РНК будет пропорционально длительности действия стимула. При этом ограничителями длительности тренировки являются: повреждения элементов мышц за счет действия механических или химических факторов; исчерпание запасов гликогена в мышцах; «центральное» утомление, связанное с ЦНС, сердечно-сосудистой системы или нейроэндокринной системой. По мере продолжения тренировки степень проявления «повреждающих» факторов увеличивается, достигая максимума в конце занятия в связи с повреждением клеточных мембран со стороны свободных радикалов (Пшенникова М.Г., 1986), деградации адениннуклеотидов,

снижением запасов гликогена, «накоплением» повреждений в структурных и сократительных белках, утомлением нервной системы и ухудшением координации и др.

Существуют представления, что, для того чтобы получить высокий анаболический эффект (т.е. сильно стимулировать синтез и-РНК и белков), необходимо довести спортсмена до высокой степени утомления. В общем случае это верно, так как утомление часто связано с разрушением клеточных структур, что сильно интенсифицирует синтетические процессы. Особенно выраженный эффект (пролиферация и гипертрофия ядер мышечных волокон, содержание в них ДНК) удается получить, например, при высокоинтенсивной электростимуляционной тренировке, приводящей к интенсивным послетренировочным мышечным болям. Однако разрушение - не единственный стимул синтетических процессов, которые в этом случае носят компенсаторный характер. Вторым и наиболее важным для спортивной тренировки стимулом является создание таких условий в мышечных клетках, которые ускоряли бы приспособительные (адаптационные) синтетические процессы, лежащие в основе развития физических способностей. Причем создание таких условий совершенно необязательно должно сопровождаться выраженным повреждением морфоструктур мышц.

Таким образом, при выборе средств и методов тренировки очень важно четко представлять, какие из упражнений несут в себе высокий катаболический потенциал (они будут стимулировать синтез, но компенсаторный), а какие не только разрушают, но и способствуют развитию мышц, то есть реализуют цель физической тренировки.

В настоящее время ученые предполагают, что наиболее высоким катаболическим эффектом, при минимальном анаболическом, будут обладать скоростно-силовые упражнения, в которых в явном виде присутствует уступающий режим работы мышц, т.е. когда мышцы насильно растягиваются с высокой скоростью. «Классический» пример — спрыгивания «в глубину» и бег под гору, а также прыжки и быстрые приседания со штангой или другими

отягощениями, резкие маховые движения при «развитии гибкости», любые прыжковые и спринтерские упражнения или даже просто беговые нагрузки в большом объеме, если проводятся спортсменами, у которых специальной предварительной тренировкой опорно-двигательного аппарата (ОДА) не подготовлен к такому характеру работы. Повреждение мышц легко диагностируется по появлению послетренировочных мышечных болей и снижению силы этих мышц.

Второй вид таких упражнений - это те, при которых достигается глубокое локальное и «глобальное» «закисление» организма, сопровождающееся значительным понижением и долгим удерживанием низких значений рН крови. При такой тренировке в максимальной степени активизируется симпатoadреналовая и глюкокортикоидные системы, что сопровождается выбросом «стресс-гормонов», максимально мобилизующих не только энергетические, но и пластические ресурсы организма, а также воздействуют на иммунную систему. Кроме того, высокая концентрация ионов водорода в мышцах и медленная их элиминация из-за низкого градиента между саркоплазмой и кровью является одним из основных «химических» факторов повреждения органелл и мембран клеток.

Применение таких упражнений, предположительно, будет отвлекать часть пластических ресурсов для «компенсаторного», а не «развивающего» синтеза белков, так как пластический и гормональный пул организма ограничен (Виру А.А., Кырге П.К., 1983).

В связи с тем, что скорость накопления повреждений увеличивается к концу занятия, а это увеличивает время и стоимость восстановления, то вторым принципом будет «принцип укороченных, более частых занятий», который предполагает, что две коротких тренировки дадут больший прирост способности, чем одна длинная такого же объема. В то же время «укороченные» тренировки предполагают экономию времени и ресурсов организма только за счет низкоэффективных средств подготовки, но не за

счет эффективных средств, под которыми мы понимаем такие, которые с предельной интенсивностью воздействуют на развиваемую способность.

третьим принципом построения тренировочного занятия целесообразно считать «принцип однонаправленного воздействия» (Верхошанский Ю.В., 1985), в основе которого лежит предположение, что серия разного вида (например, «на силу» и «на выносливость») однонаправленных занятий будет более эффективной в отношении развиваемых способностей, чем серия комплексных занятий. Этот принцип не отменяет имеющиеся рекомендации (Платонов В.Н., 1984) использовать в одном занятии весь спектр эффективных средств и методов для развития, например, аэробных способностей. Или совмещения, например, технической подготовки с любым из средств улучшения локальной выносливости и т.п. В то же время он отражает современные тенденции в организации подготовки высококвалифицированных спортсменов.

Но в реальном тренировочном процессе часто становится невозможным использование только однонаправленных занятий, поэтому возникает проблема оптимального комплексирования упражнений различной направленности в одном занятии.

При планировании микроциклов, согласно известной концепции Г.В. Фольборта, можно ориентироваться на правило, что следующая нагрузка развивающего характера должна приходиться на фазу суперкомпенсации.

Когда наступает фаза суперкомпенсации после различных упражнений?

Считается, что это зависит от вида упражнений, величины нагрузки и варианта чередования занятий различной направленности (Платонов В.Н., 1984).

Однако более целесообразно ориентироваться не на внешние, а на внутренние факторы. Например, мышечные ферментативные комплексы, обеспечивающие выносливость, более лабильны, т.е. они быстрее, чем сократительные белки синтезируются при тренировке, но и быстрее расщепляются при ее прекращении. Это отражается в известном положении о

гетерохронности восстановления, поэтому, в частности после силовой тренировки на крупные мышечные группы, фаза суперкомпенсации наступает не ранее чем через 3-4 дня (Платонов В.Н., 1984). Следовательно, в микроцикле может применяться не более 2 силовых тренировок на одни и те же мышечные группы при условии, что величина нагрузки была значительной, но не чрезмерной, после которой фазы суперкомпенсации может вообще не наступить.

В то же время есть основания предполагать, что механизмы ускорения синтеза белков митохондриального аппарата и пролиферации капилляров обладают высокой мощностью и способны обеспечивать прирост плотности митохондрий, даже при ежедневных многочасовых тренировках. Например, показано, что если синтез миофибриллярных белков сразу после истощающего бега оказывается угнетен и возрастает только через сутки, то синтез саркоплазматических белков ускорен сразу же после нагрузки. Поэтому после аэробных занятий восстановление зависит в основном от скорости восполнения запасов гликогена в мышцах, которое может затягиваться на 2-3 суток.

Программирование тренировочного процесса начинается с определения его содержания, т. е. состава средств, выбираемых на основании предварительной оценки по двум критериям — специфичности тренирующего воздействия и тренирующему потенциалу.

Под специфичностью тренирующего воздействия средств понимается степень их соответствия условиям соревновательной деятельности, как в двигательной структуре, так и в режиме работы моторного аппарата и в механизме его энергообеспечения. На основании этого критерия принято выделять средства специальной и общей физической подготовки (СФП и ОФП). Средства СФП преимущественно обеспечивают повышение уровня специальной работоспособности организма. Средства ОФП используются для общего (разностороннего) физического развития спортсмена, активизации восстановительных процессов в организме после объемной или

интенсивной нагрузки, а также для создания эффекта переключения от одного вида работы к другому.

Средства ОФП играют не менее важную роль в организации тренировки. Помимо традиционного обеспечения разносторонней двигательной подготовки и создания функционального фундамента для специализированного совершенствования двигательных способностей спортсмена средства ОФП решают задачу, связанную с активизацией восстановительных процессов в организме. Особое значение это имеет в тех видах спорта, в которых мало вспомогательных средств и тренировке присуща определенная монотонность, т. е. там, где соревновательное упражнение является основным тренировочным средством (гимнастика, тяжелая атлетика, циклические виды спорта).

Объем тренировочной нагрузки характеризует преимущественно количественную сторону тренирующих воздействий на организм спортсмена и играет важную роль в процессе его долговременной адаптации к напряженной мышечной работе.

Функция объема нагрузки заключается прежде всего в систематическом и длительном нарушении постоянства внутренних отношений (гомеостаза) организма, стимулирующем мобилизацию его энергетических ресурсов и пластического резерва. Это основное условие для перехода срочных (специфических) реакций, вызываемых отдельными порциями тренирующих воздействий, к общим (неспецифическим) приспособительным реакциям и затем к развитию долговременной адаптации, в основе которой лежат устойчивые морфофункциональные перестройки организма. Поэтому в каждом годичном цикле спортсмен должен пройти через большие объемы нагрузки, обеспечивающие как повышение уровня его специальной работоспособности, так и длительность его сохранения.

В зимних видах спорта, требующих кратковременных высококонцентрированных усилий, объемные нагрузки имеют еще одно важное значение. На современном этапе лимитирующим фактором для

прогресса спортивных достижений может стать механическая прочность связочно-суставного аппарата. И если его специально не подготовить объемной работой умеренной интенсивности, то те высокие значения динамических перегрузок, с которыми встречается спортсмен на уровне рекордных достижений, могут привести к травмированию суставов с тяжелыми последствиями. Такие случаи хорошо известны в гимнастике, тяжелой атлетике, в прыжках в высоту, в тройном прыжке.

Будучи только количественной характеристикой, объем сам по себе не определяет специфичность тренирующего воздействия нагрузки на организм и качественные особенности его приспособительных реакций. Поэтому при программировании подготовки спортсменов функция объема может быть правильно определена в том случае, если принимается во внимание величина нагрузки, ее продолжительность и интенсивность.

Величина объема нагрузки — это количественная мера выполненной (или запланированной) тренировочной нагрузки той или иной преимущественной направленности, относящейся к конкретному микроциклу, этапу (периоду) или годичному циклу в целом.

Величина объема нагрузки определяется прежде всего квалификацией спортсмена. Чем она выше, тем больше величины годового объема нагрузки и той ее части, которая приходится на каждый этап подготовки. С ростом квалификации спортсменов (а также в рамках четырехлетнего цикла) величина, а следовательно, и соотношение объемов нагрузки различной преимущественной направленности изменяются, как правило, в сторону увеличения доли специализированных нагрузок.

Практически величина годового объема нагрузки устанавливается индивидуально, исходя из особенностей подготовки спортсмена на предыдущих этапах тренировки. Более серьезную задачу программирования тренировочного процесса представляет определение оптимальной величины объема нагрузки на конкретных отрезках времени (месяц, этап, период). Эту величину следует определять исходя из общей стратегической концепции

построения тренировки в годичном цикле и принципов рациональной организации тренировочной нагрузки различной преимущественной направленности.

Интенсивность тренировочной нагрузки — это критерий силы и специфичности ее воздействия на организм или мера напряженности тренировочной работы. Интенсивность регулируется величиной (силой) тренирующего потенциала используемых средств, частотой их применения, интервалом между повторным применением средств или тренировочных занятий с высоким тренирующим потенциалом, а также отношением величины объема нагрузки ко времени его реализации. Последний критерий имеет особенно важное значение для программирования тренировки в рамках длительных периодов, поскольку он учитывает степень концентрации нагрузки относительно времени. Интенсификация тренировочной нагрузки допускается на определенных этапах годичного цикла и только после предварительной подготовки на основе объемной низкоинтенсивной нагрузки.

Длительность (продолжительность) тренировочной нагрузки — чрезвычайно важный критерий объема, на котором следует остановиться подробнее. Она оказывает существенное влияние на динамику состояния спортсмена и является тем параметром нагрузки, в котором вероятность ошибки особенно велика.

К сожалению, специальных исследований для определения целесообразной длительности нагрузок той или иной преимущественной направленности не проводилось. Однако накапливаются косвенные данные, позволяющие в первом приближении осветить эту проблему. Так, абсолютная сила мышц обнаруживает линейный прирост в связи с задаваемой нагрузкой, а его существенное замедление начинается за пределами той оптимальной длительности тренировки, которая определяется исчерпанием адаптационных резервов организма. Данные наблюдений за спортсменами высокой квалификации свидетельствуют, что показатель

абсолютной силы нарастает с небольшой волнообразностью, но неуклонно в течение годичной тренировки.

Взрывная сила мышц в тех случаях, когда она является предметом специального развития, обнаруживает ярко выраженную тенденцию к замедлению прироста, причем, чем ярче выражен прирост, тем раньше наступает плато. При целенаправленном развитии взрывной силы с использованием интенсивных средств плато наступает в пределах 3-4 месяцев. В тех случаях, когда взрывная сила мышц не является ведущей способностью ее прирост при некотором колебании может продолжаться до 10 месяцев.

Нагрузки преимущественно аэробной направленности уже в течение месяца приводят к существенному повышению показателей аэробной производительности. Динамика показателей аэробной производительности и нагрузки, выполняемой в зоне аэробного обеспечения (при ЧСС 120-170 уд/мин), как правило, однонаправленна. Темп их прироста примерно одинаков и имеет линейный характер в течение 2—3 месяцев. В дальнейшем, несмотря на увеличение объема нагрузки, показатели аэробной производительности существенно не повышаются и колеблются в пределах достигнутого уровня.

В анаэробной зоне энергообеспечения темп прироста работоспособности уступает темпам прироста нагрузки соответствующей направленности. Для достижения наивысших значений анаэробной производительности необходимо около 4 месяцев (В. М. Зациорский и др., 1974). Причем увеличение объема работы анаэробной направленности оказывает положительный эффект лишь в том случае, если ей предшествует значительный объем аэробной работы, стимулирующей развитие аэробных реакций.

Отметим, что приведенные выше данные относятся к естественным условиям подготовки спортсменов, где развитие той или иной двигательной способности осуществляется одновременно с решением других задач и

использованием нагрузок другой преимущественной направленности. Причем они соответствуют тем реальным величинам объема тренировочной нагрузки, которые освоены современными спортсменами высокой квалификации и осуществляются с помощью принятых сегодня в практике принципов организации тренировки. И поскольку эти принципы постоянно совершенствуются, указанная продолжительность применения тренировочных нагрузок не является окончательной. Однако в качестве предварительного ориентира она может приниматься во внимание при программировании тренировки.