Министерство спорта и туризма Республики Беларусь

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

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

СПЕЦИАЛЬНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА В ЛЕГКОЙ АТЛЕТИКЕ: ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ, ВИДЫ И МЕТОДЫ

Мастер-класс
Информационно-аналитические материалы
16.02.2023

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Оценка эффективности программы специальной физической подготовки в беге на длинные дистанции при помощи инновационных технологий исследования и неинвазивных методов тестирования *4*

Агафонова Маргарита Евгеньевна,
начальник информационно-аналитического отдела БГУФК, доцент кафедры спортивной медицины БГУФК, кандидат биологических наук, доцент

Некоторые аспекты методики развития гибкости в барьерном беге *9*

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

Использованием аппаратно-программных комплексов для оценки уровня развития скоростно-силовых способностей у прыгунов в высоту с шестом *14*

Дарануца Кристина Сергеевна,
ведущий специалист информационно-аналитического отдела Центра координации научно-методической и инновационной деятельности

Метод эргоспирометрии для выявления резервных возможностей организма на примере спортсменов-легкоатлетов *18*

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

Анализ зарубежной публикации
Мониторинг тренировочных нагрузок спортсменов: консенсусное заявление *24*

Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement / Pitre C. Bourdon [et al.] // International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2017. – № 12. – P. 161–170.
Перевод: Л.И. Кипчакбаева, ведущий специалист информационно-аналитического отдела БГУФК.
Научная редакция: М.Е. Агафонова, начальник информационно-аналитического отдела БГУФК, доцент кафедры спортивной медицины БГУФК, кандидат биологических наук, доцент.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГРАММЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ В БЕГЕ НА ДЛИННЫЕ ДИСТАНЦИИ ПРИ ПОМОЩИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИССЛЕДОВАНИЯ И НЕИНВАЗИВНЫХ МЕТОДОВ ТЕСТИРОВАНИЯ

Агафонова Маргарита Евгеньевна, начальник информационно-аналитического отдела БГУФК, доцент кафедры спортивной медицины БГУФК, кандидат биологических наук, доцент

В Республике Беларусь традиционно развиваются беговые дисциплины легкой атлетики. Известно, что каждый вид спорта предъявляет специфические требования к развитию различных сторон подготовленности спортсменов. В частности, не является исключением наиболее массовый и популярный бег на длинные дистанции.

Бег на длинные дистанции относят к циклическим видам спорта с преимущественным проявлением выносливости и скоростных качеств, при этом физическая нагрузка атлетов характеризуется высоким уровнем динамического компонента (уровень максимального потребления кислорода >70 % O_2) и низким уровнем статической нагрузки (степень максимального мышечного сокращения <20 % MVC) (Mitchell JH et al., 2005). У спортсменов данной беговой дисциплины установлены высокие показатели энергозатрат (до 6500 ккал/сутки) и значительный объем тренировочных часов в год (например, для спортсменов высокой квалификации МСМК составляет ~5200 часов). Соревнования по бегу на длинные дистанции бывают на 3000 м, 5000 м, 10 000 м и проходят на стадионе, причем дистанции 5 и 10 км могут проводится также и на шоссе. Соревнования по бегу на дистанциях свыше 10 км относятся к категории «пробегов» или бег по шоссе. В этой дисциплине дистанция от 10 до 42,195 км (марафон) преодолевается бегунами по дороге с твердым покрытием. Безопасное выполнение всего объема тренировочных нагрузок и высокая результативность соревновательной деятельности в беговых дисциплинах на длинные дистанции возможно только при оптимальном уровне развития координационных способностей, общей и специальной выносливости атлетов [3].

Известно, что эффективная реализация программы подготовки в беге на длинные дистанции зависит от уровня специальной физической подготовленности, которая обеспечивается оптимальным уровнем функционального состояния опорно-двигательного аппарата, высокой производительностью работы сердечно-сосудистой и дыхательной систем, достаточным объемом и составом циркулирующей крови атлета. На основании результатов многолетних исследований влияния тренировочных нагрузок и соревновательной деятельности в беговых дисциплинах на длинные дистанции на функциональное состояние организма спортсменов установлено, что с ростом спортивной квалификации происходят адаптационные изменения структурного и функционального характера в сердечно-сосудистой, дыхательной системах, изменяется компонентный

состав тела, формируется высокий уровень энергетического обмена, изменяется водный баланс в организме, что обусловливает экономизацию функций в покое и оптимальную производительность при максимальной нагрузке в данном виде спорта.

Достоверно известно, что функциональная подготовленность спортсмена – это совокупность различных свойств организма, при этом это не только способность сердечно-сосудистой и дыхательной систем обеспечивать работающие органы и ткани кислородом и энергосубстратами, но и эффективность их работы, которая зависит от производительности систем, а также от объема и состава циркулирующей крови. Анализ научных исследований в области спорта высших достижений свидетельствует, что основу специальной физической подготовленности обеспечивается морфофункциональными и метаболическими адаптационными процессами организма, которые определяют экономичность и эффективность работы нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем, скорость развертывания биохимических реакций метаболизма в ответ на выполняемую физическую нагрузку. Поэтому для контроля уровня специальной физической подготовленности необходимо определение уровня функциональной подготовленности спортсменов и оценки адаптации организма к физическим нагрузкам. С этой целью отечественные и зарубежные специалисты в области спортивной физиологии рекомендуют осуществлять мониторинг состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем, состав крови и реакции кислородтранспортной функции крови в покое и после выполнения физических нагрузок различной направленности, анализ компонентного состав тела для изучения срочного, отставленного и кумулятивного тренировочных эффектов. Проведение таких исследований позволяет определить динамику функциональных изменений, которые развиваются в процессе спортивной тренировки и могут свидетельствовать об увеличении функциональных возможностей организма или указывать на переутомление, перетренированность и перенапряжения (срыв механизмов адаптации, предболезнь).

По мнению многих специалистов в области спортивной медицины, а также на основании анализа характера физической нагрузки в беговых дисциплинах на длинные дистанции определена группа физиологических и клинико-биохимических показателей, при помощи которых можно оценить влияние физических и психоэмоциональных нагрузок тренировочной и соревновательной деятельности на уровень функционального состояния организма спортсменов и определить характер адаптационных изменений в сердечно-сосудистой и дыхательной системах [2, 4]:

1. Основные показатели внутренней среды организма, которые ответственны за адаптацию и определяют функциональные и резервные возможности: определение дыхательной функции и реологических свойств крови; оценка состояния метаболизма в миокарде, печени и скелетной мускулатуре; оценка состояния систем энергообеспечения мышечной деятельности.

2. Основные показатели функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем: оценка показателей функции внешнего дыхания; оценка гемодинамических показателей сердечно-сосудистой системы; расчет показателей адаптации организма к физическим нагрузкам.

В настоящее время появилась возможность комплексной оценки функционального состояния ведущих систем организма с использованием инновационных технологий исследования, которые исключают инвазивные методы исследования, позволяют быстро осуществить экспресс-оценку в условиях учебно-тренировочных и предстартовых сборов с минимальным отвлечением спортсмена от тренировочного процесса или соревновательной деятельности, обеспечивают комплексный анализ состояния активно действующих систем организма спортсмена с использованием компьютерной программы для выполнения оперативной обработки, анализа и хранения данных.

Всем этим требованиям соответствует неинвазивный анализатор формулы крови «АМП» (Nonivasive Hemogram Analyzer, AMP), состоящий из устройства регистрации исходных параметров, программы обработки результатов и формулировки конечного заключения. Неинвазивный анализатор формулы крови «АМП» позволяет без забора крови, в течение 180–720 секунд получить 130 показателей жизнедеятельности организма человека, которые дают представление о здоровье человека: формула крови и биохимические показатели крови; состояние и характер нарушения обмена веществ; тип кровообращения и характер нарушений кровоснабжения миокарда; функциональная гемодинамика; энергетический баланс; водно-электролитный обмен и компенсаторные возможности организма [5]. Вот почему представляется целесообразным в условиях учебно-тренировочных занятий, сборов и соревнований оценивать влияние тренировочных нагрузок и соревновательной деятельности в беге на длинные дистанции на функциональное состояние организма спортсменов при помощи комплекса наиболее информативных параметров, имеющих достоверную корреляционную связь с работоспособностью: концентрация гемоглобина, количество эритроцитов, гематокрит, уровень активности ферментов АСТ, АЛТ, АСТ/АЛТ, КФК; концентрация глюкозы, лактата, мочевины, триглицеридов; частота дыхания, жизненная емкость легких, частота сердечных сокращений, АД, индекс напряжения (работы) сердца.

Затем с учетом полученных данных для оценки адаптационных изменений структурного и функционального характера активно работающих систем рассчитываются индексы, характеризующие функциональную подготовленность атлета: выносливость сердечно-сосудистой системы (по коэффициенту выносливости, КВ); функциональные возможности сердечно-сосудистой системы (по индексу Робинсона, ИР); уровень долговременной адаптации организма к тренировочным нагрузкам (оценка по адаптационному потенциалу системы кровообращения по Р.М. Баевскому, АП); функциональное состояние вегетативной нервной системы (по вегетативному индексу Кердо, ВИК); функциональное состояние респираторной

системы (по жизненному индексу, ЖИ); физическое состояние (по индексу физического состояния по Е.Н. Пироговой, ИФС). Комплексная оценка результатов расчета индексов позволяет определить динамику функциональных изменений, которые развиваются на этапах спортивной подготовки и могут свидетельствовать об увеличении функциональных возможностей организма (повышение работоспособности) или указывать на переутомление, перенапряжение или преморбидное состояние.

Мониторирование компонентного состава массы тела при помощи биоимпедансометрии является значимой информативной составляющей в системе подготовки спортсменов. Биоимпедансометрия (биоимпедансный анализ, БИА) – диагностический метод, позволяющий на основании измеренных значений электрического сопротивления тканей организма и антропометрических данных оценить абсолютные и относительные значения параметров состава тела, а также функциональные возможности организма и выявить риски развития тех или иных заболеваний [1]. Данные результатов морфологического исследования позволяют сформировать представления о тенденциях изменения изучаемых характеристик, дают возможность сформулировать «модельные» показатели представителей разных видов легкой атлетики, уровня мастерства на разных этапах спортивной подготовки. Так на этапах спортивной подготовки может проводиться оценка отдельных показателей компонентного состава тела: индекс массы тела (ИМТ), жировая масса тела (ЖМ), процент жировой массы (% ЖМ), тощая (безжировая) масса (ТМ), активная клеточная масса тела (АКМ), процентная доля АКМ в тощей массе (% АКМ), скелетно-мышечная масса (СММ), процент скелетной массы в тощей массе (% СММ), основной обмен (ОО) и удельный основной обмен (УОО), общая вода организма (ОВО), внеклеточная жидкость организма (ВЖК), индекс талия-бедра (ИТБ), фазовый угол.

По динамике абсолютных и относительных значений массы мышечной и жировой тканей можно оценить эффективность специальной физической подготовки на отдельных этапах подготовки, поскольку они связаны с преимущественной направленностью на развитие определенных двигательных способностей. Так, например, при выполнении нагрузок на развитие силовых способностей в подготовительном периоде положительным сдвигом можно считать увеличение массы и доли мышечной ткани, при этом жировой компонент может быть стабилен, снижаться и даже немного увеличиваться. Стабилизация массы и доли мышечного компонента означает недостаточность нагрузки или специализированного питания, что не позволяет развернуться адаптационным сдвигам. Снижение массы и доли мышечной ткани говорит о чрезмерности нагрузок для спортсмена и (или) недостаточности в питании незаменимых аминокислот, а снижение и жировой массы – общей недостаточности поступления энергии с питанием, что приводит к преобладанию катаболических реакций. На специально-подготовительном этапе анализ динамики компонентов массы тела с позиции преимущественного развития силовых способностей будет несколько иным – здесь добавится требование

к стабилизации или снижению доли жирового компонента. В соревновательном периоде допустимо снижение массы и доли мышечного и жирового компонентов в случае отсутствия необходимости сохранения спортивной формы для следующих соревнований через небольшой промежуток времени.

Таким образом, мониторинг компонентного состава массы тела позволяет планировать объем и содержание тренировочных нагрузок, управлять процессом подготовки спортсменов, их питанием и фармакологической поддержкой. Величину компонентов состава тела определяет дисциплина легкой атлетики и квалификация спортсмена. Спортсмены высших разрядов обладают более высокими величинами мышечной и низкими величинами жировой массы, чем менее квалифицированные. Видам спорта на выносливость свойственно менее высокое содержание мышечной массы и минимальное содержание жировой.

Таким образом, очевидно, что при помощи комплексного анализа уровня функциональной подготовленности спортсменов можно осуществлять следующее: оперативно определять эффективность выполняемой тренировочной программы, своевременно выявлять факторы, лимитирующие работоспособность спортсмена, вносить изменения в программу специальной физической подготовки, проводить коррекцию физического состояния, тем самым оптимизируя процесс спортивной подготовки и повышая результативность соревновательной деятельности.

Заключение

Поэтому осуществление систематической оценки эффективности программы специальной физической подготовки с учетом показателей функционального состояния спортсменов в беге на длинные дистанции на различных этапах годичной подготовки при помощи инновационных технологий исследования и неинвазивных методов тестирования позволит своевременно корректировать процесс подготовки, что в итоге повысит эффективность соревновательной деятельности спортсменов.

Источники:

1. Анализатор состава тела «МЕДАСС» АВС-02 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://medass.su/priboryi/. – Дата доступа: 14.02.2023.

2. Иорданская, Ф. А. Нарушение показателей «срочной» адаптации в процессе напряженной тренировочной работы высококвалифицированных спортсменов и средств их профилактики / Ф. А. Иорданская // Вестник спортивной науки. – 2018. – № 3. – С. 35–41.

3. Методика тренировки в легкой атлетике : учеб. пособие / Т. П. Юшкевич [и др.] ; под общ. ред. Т. П. Юшкевича. – Минск : БГУФК, 2021. – 562 с.

4. Мониторинг функциональной подготовленности высококвалифицированных спортсменов и совершенствование программного обеспечения в процессе тренировочных мероприятий / Ф. А. Иорданская [и др.] // Вестник спортивной науки. – 2018. – № 5. – С. 37–44.

5. Неинвазивный анализатор формулы крови «АМП» [Электронный ресурс] / Научно-производственный комплекс ООО «Биопроминь». – Режим доступа: https://biopromin.info. – Дата доступа: 13.02.2023.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ МЕТОДИКИ РАЗВИТИЯ ГИБКОСТИ В БАРЬЕРНОМ БЕГЕ

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

Легкая атлетика – олимпийский вид спорта, объединяющий ходьбу и бег на различные дистанции, прыжки в длину и высоту, метания диска, копья, молота, толкание ядра, а также легкоатлетические многоборья – десятиборье, пятиборье и др. Барьерный бег – это сложный технический вид легкой атлетики, включающий совокупность легкоатлетических дисциплин, где спортсмены соревнуются в спринтерских видах бега и преодолении барьеров.

Проблема технической подготовки юных спортсменов на этапе начальной спортивной специализации является одной из наиболее актуальных для системы спортивной подготовки. Для этого вида легкой атлетики характерна значительная нагрузка на опорно-двигательный аппарат. Особенно большие нагрузки приходятся на поясничный отдел позвоночника, голеностопный сустав и стопу. По мнению многих специалистов в области спортивной медицины, стопорящий момент маховой ноги (на фоне относительно слабой стопы) в момент ее приземления может привести к макро- и микротравматизации. В этом виде спорта также наиболее уязвимым звеном является коленный сустав (его патология составляет 39,8 %), голеностопный сустав и стопа. В сумме данные травмы составляет треть всей патологии опорно-двигательного аппарата у легкоатлетов в барьерном беге [2].

Однако вопрос заключается и в том, что на сегодняшний день в программе по легкой атлетике остается нераскрытой проблема недостатка часов на развитие и поддержание гибкости у барьеристов, вследствие чего работа над совершенствованием гибкости у начинающих спортсменов, строится преимущественно по инициативе тренера, поскольку многие недооценивают всю важность данного качества [1].

Исходя из учения о сенситивных периодах в естественном развитии физических качеств, активно развивать гибкость целесообразно от 7–8 до 14–15 лет [5]. В этом возрасте она в 2–2,5 раза эффективнее развивается с помощью физических упражнений, чем в более позднем возрасте.

Хорошая гибкость обеспечивает свободу, быстроту и экономичность движений, увеличивает путь эффективного приложения усилий при выполнении физических упражнений. Недостаточно развитая гибкость затрудняет координацию движений человека, так как ограничивает перемещения отдельных звеньев тела.

Исключительно большое значение упражнения для развития гибкости имеют при профессиональных (в том числе, спортивных) физических и психоэмоциональных перегрузках, которые часто приводят к перенапряжению опорно-двигательного аппарата спортсмена. В крайних случаях они могут

вызвать у атлета предпатологическое и даже стойкое патологическое состояние [3, 6, 14]. Дозированное и профессиональное использование средств реабилитации, в том числе и упражнений «на растягивание», позволяет:

- эффективно снимать усталость и боли в мышцах;
- улучшать кровообращение;
- предохранять человека от стрессов;
- сохранять хорошую осанку и препятствовать старению организма в целом – то есть оказывать глубокое оздоровительное воздействие [7, 8].

Целенаправленные многолетние занятия физическими упражнениями для развития гибкости условно делят на 3 этапа [4]:

1. Этап «суставной гимнастики», когда решаются задачи улучшения общего уровня развития и проработки суставов.

2. Этап специализированного развития подвижности в суставах. На этом этапе решаются задачи развития подвижности применительно к конкретной спортивной двигательной деятельности.

3. Этап поддержания подвижности в суставах на достигнутом уровне. Спортсменам в процессе спортивной карьеры важно не потерять оптимальный уровень подвижности, обеспечивающий успешное выполнение упражнений в избранном виде спорта. Например, двухмесячный перерыв в тренировке гибкости приводит к ее снижению на 10–20 %. На всех отмеченных выше этапах применяются упражнения на развитие как активной, так и пассивной гибкости. Но необходимо иметь в виду, что развитию активной гибкости должно предшествовать развитие пассивной [4].

По своей биомеханической структуре большинство упражнений в спорте требует высокого уровня развития гибкости позвоночника и подвижности в суставах. В связи с этим упражнения «на растягивание» спортсмены выполняют на протяжении всего учебно-тренировочного занятия. В подготовительной части тренировки (в разминке) такие упражнения предназначены для подготовки опорно-двигательного аппарата спортсменов и приведения его в так называемое «рабочее состояние».

Под воздействием разминки может существенно изменяться растяжимость мышц – один из важнейших факторов, определяющих гибкость человека. Во время разминки усиливаются дыхание, кровообращение, потоотделение и, как следствие, происходит «согревание» мышц тела, которые становятся более растяжимыми. Исследования [12] показывают, что после 15-минутной разминки, включающей упражнения на растягивание, показатели гибкости улучшаются в среднем на 27,4 %, а в отдельных случаях – до 40 %. Это предельные показатели, так как из физиологии известно, что большинство мышц при крайне возможных степенях их растяжения имеют длину на 20–40 % больше равновесной длины. Однако уже через 3 минуты после разминки растяжимость мышц уменьшается в среднем до 18 %, а через 6 минут – до 7,4 %, а к 10-й минуте эффект от разминки полностью пропадает. Зависимость между временем восстановления растяжимости мышц и спортивной квалификацией занимающихся не обнаружена. Это значит, что данная

закономерность проявляется у всех занимающихся, независимо от уровня подготовленности. Данные факты необходимо учитывать при выступлении на соревнованиях, а также при проведении учебно-тренировочных занятий и не делать больших перерывов между разминкой и выполнением упражнений.

Примеры упражнений для развития подвижности в тазобедренных суставах:

И.П. – стойка боком (лицом) к гимнастической стенке, рукой (руками) взяться за рейку. Махи прямой ногой вперед, в сторону, назад.

И.П. – широкая стойка. Пружинящие приседания на правой (левой) ноге.

И.П. – выпад правой (левой). Пружинящие приседания на правой (левой) ноге.

И.П. – широкая стойка, ноги врозь. Выпад правой (левой) ногой. Пружинящие покачивания в шпагате правой (левой) ногой.

И.П. – широкая стойка, ноги врозь. Пружинящие покачивания в шпагате, ноги врозь.

И.П. – стоя спиной (лицом, боком) к гимнастической стенке. Подъем ноги вверх с помощью партнера.

И.П. – стоя лицом к гимнастической стенке, поставить ногу на рейку как можно выше. Наклон вперед с помощью партнера.

И.П. – лежа на спине. Подъем ноги вверх с помощью партнера.

И.П. – лежа на спине, ноги вверх. Разведение ног в стороны с помощью партнера.

И.П. – лежа на боку. Подъем ноги вверх с помощью партнера.

Примеры упражнений для развития подвижности коленных суставов:

И.П. – сед, пятки на повышенной опоре (высота 20 см), руки на коленях – давление руками на колени.

И.П. – сед, таз и пятки на повышенной опоре, руки на коленях – давление руками на колени.

И.П. – стойка на одной, другая согнута назад, колено на повышенной опоре – максимальное сгибание ноги на опоре (пяткой коснуться ягодицы).

И.П. – лежа на животе, ноги согнуты (угол между голенью и бедром 90°) – максимальное сгибание ног (пятками коснуться ягодиц).

И.П. – лежа на спине, согнув ноги назад, колени вместе, пятки врозь (удержание, не более 30 с).

Примеры упражнений для развития подвижности голеностопных суставов:

И.П. – упор сидя сзади на пятках – упор присев сзади на «оттянутых» носках.

И.П. – упор стоя на коленях на повышенной опоре (высота 20 см) носки на полу – упор сидя на пятках с наклоном вперед.

И.П. – стойка на «оттянутых» носках, руки вверх – ходьба вперед.

И.П. – упор стоя на носках, с опорой руками на гимнастическую стенку – опускание пяток (на опору, под угол 60°).

И.П. – стойка на носках на повышенной опоре с опорой руками на гимнастическую стенку – опускание и поднимание пяток (за счет разгибания и сгибания в голеностопных суставах).

И.П. – сед с наклоном вперед, хватом руками за носки – пружинящими движениями тянуть руками носки на себя, поднимая пятки от пола.

В процессе выполнения махов, наклонов и рывковых движений для развития подвижности следует придерживаться таких параметров нагрузки [5]:

1. Количество движений в одном подходе – 10–40.

2. Интенсивность: а) по амплитуде – максимальная; б) по темпу – 40–60 движений в минуту.

3. Продолжительность интервалов отдыха между подходами – 2–2,5 минуты.

4. Количество подходов – 3–4.

5. Количество упражнений на одном занятии – 8–10.

Кроме традиционных подходов при подготовке зарубежных и отечественных спринтеров, используются различные методики, направленные на повышение динамической гибкости, которые доказали свою эффективность [9, 13]. Одной из таких методик является выполнение двигательных заданий с максимальной амплитудой в отсутствие взаимодействия с опорой без приложения внешних сил. Данные задания способствуют, в первую очередь, улучшению межмышечной координации в фазе полета, делая технику бега более эффективной. К таким упражнениям относятся специальные прыжковые упражнения в шаге с подкидного мостика, бег по воздуху и махающие упражнения из виса на перекладине или в упоре на брусьях [10]. Одним из инновационных средств улучшения динамической гибкости является выполнение специальных прыжковых упражнений на батуте. Такие упражнения, в частности, систематически используются в тренировочном процессе подготовки спринтеров в США [15, 16].

Для решения данной проблемы, перенимая опыт наших заокеанских коллег, в тренировочном процессе по легкой атлетике можно применять специальные блоки упражнений на батуте в отсутствие взаимодействия с опорой. Основная задача заключается в отталкивании от батута вверх двумя ногами с дальнейшими активными перемещениями нижних конечностей с максимальной амплитудой. В большинстве упражнений движения ног должны были при этом повторять пространственные характеристики перемещения ног в цикле бегового шага, т. е. необходимо было добиться эффекта мышечного запоминания. Данные упражнения обычно выполняются блоком по 2–3 упражнения в первой половине основной части тренировки, когда занимающиеся обладают достаточным скоростно-силовыми потенциалом. Тренировка с использованием батута может входить примерно в каждое третье тренировочное занятие легкоатлетов в течение подготовительного этапа подготовки. На батуте можно выполнять следующие задания:

- прыжки в шаге в «размножке» на одну ногу с акцентом на максимальное разведение бедер в отсутствие опоры – по 8–10 раз на каждую ногу;

• прыжки в шаге в «размножке» со сменой ног с акцентом на максимальное разведение бедер в отсутствие опоры – 10–12 раз;

• высокие прыжки вверх с задачей выполнить смену ног в воздухе максимально возможное число раз – 3–5 раз;

• прыжки с акцентом на максимальное разведение ног в стороны в отсутствие опоры – 6–10 раз;

• прыжки с последующим сгибанием левой (правой) ноги в коленном суставе и подтягиванием ее к груди – по 6–8 раз на каждую ногу;

• высокие прыжки вверх с максимально возможным сгибанием обеих ног в коленных суставах и подтягиванием их к груди – по 6–8 раз;

• прыжки вверх с последующим выполнением маха левой (правой) ногой вперед – по 6–8 раз; высокие прыжки вверх с выполнением захлеста голени в отсутствие взаимодействия с опорой – 10–12 раз [11].

Источники:

1. Андрианова, Е. И. Развитие динамической гибкости у барьеристов на тренировочном этапе подготовки / Е. И. Андрианова, А. С. Воробьева // Педагогическое мастерство и современные педагогические технологии : сб. материалов II Междунар. науч.-практ. конф., Чебоксары, 12 нояб. 2017 г. – Чебоксары : Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс», 2017. – С. 180–183.

2. Баймуханов, Д. М. Развитие гибкости у барьеристов на начальном этапе подготовки / Д. М. Баймуханов, С. А. Желтобрюх, И. М. Толегенов // Наука и реальность. – 2021. – № 4 (8). – С. 61–63.

3. Баранов, В. М. Физкультура для тех, кто за рулем / В. М. Баранов. – М. : Знание, 1987. – 96 с.

4. Гибкость и ее развитие : метод. рекомендации / В. М. Богданов, Л. П. Богданова. – Самара, 2004. – 32 с.

5. Годик, М. А. Подвижность, гибкость, элегантность / М. А. Годик, А. М. Барамидзе, Т. Г. Киселев. – М. : Советский спорт, 1991. – 96 с.

6. Дубровский, В. И. Реабилитация в спорте / В. И. Дубровский. – М. : Физкультура и спорт, 1991. – 204 с.

7. Зуев, Е. И. Волшебная сила растяжки / Е. И. Зуев. – М. : Советский спорт, 1991. – 80 с.

8. Пеганов, Ю. А. Позвоночник гибок – тело молодо / Ю. А. Пеганов, П. А. Берзина. – М. : Советский спорт, 1991. – 80 с.

9. Озолин, Э. С. Спринтерский бег / Э. С. Озолин. – М. : Спорт, 2010. – 170 с.

10. Сидоренко, А. С. Обучение студентов вузов бегу на короткие дистанции на основе методики совершенствования внутрицикловой структуры бегового шага : автореф. дис. ... канд. пед. наук / А. С. Сидоренко. – СПб., 2003. – 18 с.

11. Сидоренко, А. С. Улучшение суставной гибкости и межмышечной координации у бегунов на короткие дистанции путем выполнения специальных прыжковых упражнений на батуте / А. С. Сидоренко // Научно-методол. основы формирования физического и психического здоровья детей и молодежи : материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч., Екатеринбург, 25 нояб. 2021 г. / отв. ред. Е. А. Югова, С. Н. Малафеева. – Екатеринбург, 2021. – С. 406–409.

12. Собина, Л. А. Кратковременный эффект упражнений на растягивание / Л. А. Собина, В. С. Фарфель // Гимнастика. – П. 1. – С. 44–45.

13. Томпсон, Д. Л. Введение в теорию тренировки. Официальное руководство IAAF по обучению легкой атлетике / Д. Л. Томпсон. – 2009. – 228 с.

14. Чижевский, А. В. Как победить остеохондроз / А. В. Чижевский. – М. : Советский спорт, 1990. – 45 с.

15. Doscher, V. The Art of Sprinting: Techniques for Speed and Performance Paperback / V. Doscher. –NY. : McFarland & Company, 2009. – 244 p.

16. The Training and Development of Elite Sprint Performance: an Integration of Scientific and Best Practice Literature / T. Haugen [et al.] // Sport medicine. – 2019.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ СПОСОБНОСТЕЙ У ПРЫГУНОВ В ВЫСОТУ С ШЕСТОМ

Дарануца Кристина Сергеевна, ведущий специалист информационно-аналитического отдела Центра координации научно-методической и инновационной деятельности

Исторически сложилось, что важным фактором существования людей являлась физическая подготовка, которая со времен Олимпийских игр Древней Греции оценивалась при выполнении легкоатлетических упражнений.

На сегодняшний день легкая атлетика – это вид спорта, который состоит из разновидностей бега, ходьбы, метания и прыжков, способствующих всестороннему физическому развитию человека. В основе каждого подвида легкой атлетики лежит специальная физическая подготовка [1].

Специальная физическая подготовка – это процесс воспитания физических качеств, обеспечивающий преимущественное развитие тех двигательных способностей, которые необходимы для конкретной спортивной дисциплины (вида спорта) или вида трудовой деятельности [2]. Как правило, специальная физическая подготовка отличается, в зависимости требуемых специальных физических качеств (двигательных способностей). Так, например, для легкоатлетических прыжки на дальность (прыжки в длину с разбега и тройной прыжок с разбега) необходимо развитие и проявления скоростно-силовых, скоростных качеств, гибкости и ловкости. Для прыжков через вертикальное препятствие (прыжок в высоту с разбега и прыжок с шестом с разбега) требуется от спортсмена проявления скоростно-силовых, скоростных качеств, ловкости, гибкости [3].

Из вышеперечисленного очевидно, что для выполнения легкоатлетических прыжков необходимо развитие скоростно-силовых способностей спортсмена.

Рассмотрим развитие и совершенствование скоростно-силовых способностей на примере прыжка с шестом. Как правило, эффективность и результат прыжка зависят от разбега, угла постановки шеста в упор и взрывной силы при отталкивании от земли (рисунок 1).

С точки зрения биомеханики, техника выполнения прыжка с шестом – это система двух маятников. Первый маятник образуют шест и прыгун. Другой маятник образуется при вращении тела прыгуна вокруг места захвата за шест, плечевого пояса, при этом маятники изменяются по длине и взаимно влияют друг на друга [4].

Немаловажным считается работа мышц. Важное значение имеют не только мышцы ног, но и мышцы кора и нижней части спины, которые помогают развернутся спортсмену во время полета через перекладину.

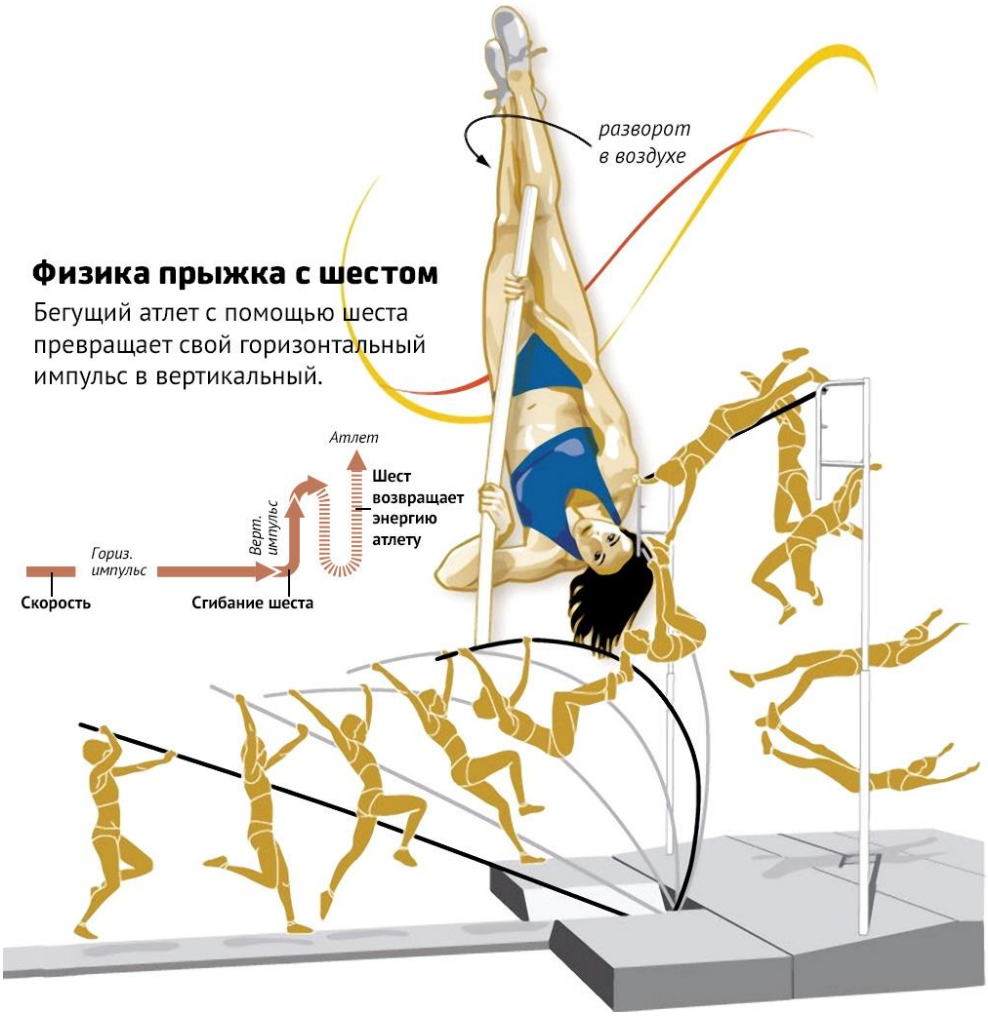

Рисунок 1. – Техника выполнения «Прыжка в высоту с шестом»

Для развития техники исполнения упражнения и, в частности, улучшения скоростно-силовых способностей, спортсмену необходима многолетняя подготовка для физического развития (проработка мышц, усовершенствование взрывной силы прыжка) и управление своим психоэмоциональным состоянием (борьба со страхом).

Многолетняя подготовка спортсменов в прыжках в высоту с шестом состоит из 5 этапов:

1. Предварительная подготовка (9–11 лет).
2. Начальная спортивная специализация (12–14 лет).
3. Углубленная тренировка (15–17 лет).
4. Спортивное совершенствование (18–20 лет).
5. Высшее спортивное мастерство (старше 20 лет) [5].

Как правило, формирование скоростно-силовых способностей начинается со второго этапа. Во время начальной спортивной специализации программа тренировок состоит бега (развитие скоростных способностей), прыжков в длину (развитие взрывной силы при отталкивании), прыжков вверх на 50–60 см (изучение техники прыжка вверх), а также общей физической подготовки (развитие мышц пресса, спины, рук и ног). Силовая подготовка на этом этапе осуществляется с использованием отягощений (гирь, гантелей,

тренажеров, набивных мячей и штанг), не превышающей собственного веса спортсмена. Тренировка на этапе начальной специализации характеризуется по возможности равномерным распределением объемов основных тренировочных средств и количеством тренировочных занятий по месяцам в году [5].

После изучения основ на этапе 2, на этап 3 и 4 «умения» спортсмена переходят в стадию «навык», где совершенствуются и приумножаются, формируется индивидуальная техника выполнения прыжков с шестом.

Для более эффективного определения уровня развития скоростно-силовых способностей, а также оценки результативности тренировочного процесса на различных этапах многолетней подготовки проводят тестирование с помощью современного диагностического оборудования. Например, **прыжковый мат SmartJump** (рисунок 2).

Рисунок 2. – Прыжковый мат SmartJump (VALD PERFORMANCE)

Прыжковый мат SmartJump предназначен для реализации метода тензодинамометрии, измеряющего высоту, взрывную силу и время прыжка спортсмена. Он обеспечивает биологическую обратную связь в режиме реального времени [6].

Преимуществами SmartJump являются: простота использования через приложение SmartSpeed; настройка без предварительной калибровки; возможность проведение тренировок и тестирований как для одного спортсмена, так и для целой команды; проведение тестирований совместно с системой таймингових ворот SmartSpeed; получение обратной связи в реальном времени; проведение тестирований в усложненной форме, соединив несколько прыжковых матов вместе.

Основным методом использования прыжкового мата – педагогическое тестирование, благодаря которому происходит оценка уровня развития и симметрии силовых, скоростно-силовых и скоростных способностей, проявляемых

мышцами нижних конечностей, симметрии опорных реакций при выполнении различных прыжковых тестов [7].

Применение данного оборудования в легкой атлетике (легкоатлетических прыжках) поспособствует оценке уровня развития скоростно-силовых способностей спортсмена, позволит тренеру скорректировать тренировочный процесс и определить предрасположенность спортсменов к прыжкам на ранних этапах многолетней подготовки.

Источники:

1. Легкая атлетика : учеб. / М. Е. Кобринский [и др.] ; под общ. ред. М. Е. Кобринского, Т. П. Юшкевича, А. Н. Конникова. – Минск : Тесей, 2005. – 336 с.
2. Специальная физическая подготовка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studfile.net/preview/2364826/page:17. – Дата доступа: 16.05.2020.
3. Жилкин, А. И. Легкая атлетика : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. И. Жилкин, В. С. Кузьмин, Е. В. Сидорчук. – М. : Академия, 2006. – 464 с.
4. Биомеханика опорной части прыжка с шестом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studbooks.net/694918/turizm/biomehanika_opornoy_chasti_pryzhka_shestom?ysclid=ldbafq1c9e2508329. – Дата доступа: 04.11.2018.
5. Специальная физическая подготовка в прыжках с шестом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studfile.net/preview/9094308/page:78/. – Дата доступа: 22.03.2020.
6. Прыжковый мат SmartJump : каталог научного оборудования. – Минск : БГУФК, 2022. – С. 14.
7. Портативный мат для прыжков SmartJump [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://valdperformance.com/SmartJump/. – Дата доступа: 02.09.2019.

МЕТОД ЭРГОСПИРОМЕТРИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ РЕЗЕРВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗМА НА ПРИМЕРЕ СПОРТСМЕНОВ-ЛЕГКОАТЛЕТОВ

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

Легкая атлетика – наиболее массовый вид спорта, способствующий всестороннему физическому развитию человека, так как объединяет распространенные и жизненно важные движения, такие как ходьба, бег, прыжки и метания [1]. Специалистами в области физической культуры и спорта было выявлено, что систематические занятия легкоатлетическими упражнениями развивают силу, быстроту, выносливость и другие качества, необходимые человеку в повседневной жизни.

Говоря о спортсменах-бегунах очень легко заметить о положительных или отрицательных изменениях в их спортивном результате, ведь основным критерием является время пройденной дистанции. Однако если не разбивать процесс подготовки на этапы и не проводить контрольные забеги и иного рода тесты, то становится сложно понять, что именно привело к изменениям. Если, например, речь идет о беге на длинные дистанции, основным тренируемым компонентом является такое качество, как выносливость, а также поддержание высоких скоростей и как следствие, работа на пределе своих возможностей. Зачастую в погоне за быстрым результатом спортсмены склонны прибегать к серьезным высокоинтенсивным тренировкам, к которым организм спортсмена может быть еще не готов. Во избежание возможных серьезных последствий, сегодня тренировки бегунов проходят с обязательным отслеживанием частоты сердечных сокращений (ЧСС), благодаря которым можно регулировать интенсивность упражнений и подстраивать их по индивидуальным зонам.

Неважно, речь идет о профессиональных спортсменах или о любителях, существует универсальная формула расчета максимального значения ЧСС (220 минус возраст) или ее усовершенствованный более детальный вариант: (205,8 – (0,65*возраст)) [2], по которому в процентах от полученного значения рассчитываются тренировочные зоны. Однако одного лишь параметра, такого как возраст, на деле оказывается недостаточно для того, чтобы говорить о высокой точности, ведь:

1. Максимальный пульс – совершенно индивидуальная характеристика, и единственная закономерность, отраженная в формуле – это то, что он действительно обычно снижается с возрастом, но, как и насколько, а также какое значение брать исходным, зависит от индивидуальных особенностей организма.

2. Даже если вывести свой максимальный пульс самому (к примеру, пробежать несколько интервалов изо всех сил в нагрудном пульсометре и посмотреть самое высокое значение ЧСС), считать пульсовые зоны, исходя из процентов от его значения, – это лишь очень приблизительная «прикидка».

В реальности, чтобы точно определить свои ЧСС анаэробного и аэробного порога (ведь тренировочные зоны выстраиваются по этим значениям), нужно пройти тест с газоанализатором, который определит ваши индивидуальные характеристики. А учитывая то, что состояние здоровья и уровень подготовленности спортсменов также склонны меняться, и тесты нужно проводить не один раз, а с определенной периодичностью (рекомендуется 3–4 раза в год, а именно: в начале и в конце подготовительного периода и незадолго до начала соревновательного).

Как в режиме специальной физической подготовки существует метод тренировок в условиях максимально приближенных к соревновательным, так и в режиме тестирования, считается, что наиболее информативным будет способ обследования, в котором имитируется соревновательное движение (целиком или разделенное на фазы) в максимально естественных условиях и минимальных размерах регистрирующих устройств, не сковывающих движения. Чаще всего тесты с повышающейся нагрузкой проводятся с использованием различных эргометров либо тредмилов (в зависимости от поставленных задач и видов спорта). Очевидно, что для бегунов выбор пал на вариант использования стандартного тредмила. В свою очередь существует две разновидности теста на тредмиле, а именно: максимальный и субмаксимальный. Первый тест предполагает остановку по желанию испытуемого, то есть на предельной скорости, которую он может терпеть. Субмаксимальный тест же заканчивается вскоре после фиксации анаэробного порога. Первый вариант позволяет зафиксировать не только аэробный и анаэробный пороги, но и максимальную ЧСС и максимальное потребление кислорода (МПК) – параметры, которые отражают уровень подготовки атлета.

Рассмотрим немного подробнее данные параметры [3]:

Аэробный порог (АП) – это тот самый пульс, на котором или ниже которого стоит бегать длинные кроссы. Работа на нем дает развитие сердечно-сосудистой системы, базовой выносливости, длинных мышечных волокон. Другими словами, это те самые 80 % из известной формулы 80/20, согласно которой лишь пятая часть набега должна приходиться на зону высокой интенсивности.

Анаэробный порог (АнП) – момент, когда организм не способен больше получать энергию с использованием кислорода, и начинаются процессы анаэробного гликолиза, свидетельствует о начале метаболического ацидоза, вызванного увеличением содержания молочной кислоты в тканях во время работы. Чем выше уровень анаэробного порога, тем больше резервные возможности организма спортсмена.

Максимальное потребление кислорода (МПК) – это то, сколько кислорода из вдыхаемого воздуха ваш организм может потребить и переработать на критической, предельной скорости или мощности. То есть из вдыхаемого воздуха ваш организм может взять определенное количество миллилитров кислорода для того, чтобы впоследствии донести его с током крови до работающих мышц и там каскадом биохимических процессов превратить его

в энергию, которую вы реализуете в виде той же самой предельной скорости. Вообще, теоретическая логика этого показателя такова, что чем он выше у конкретного человека, тем более высокую скорость он может показать на дистанции. Кроме того, чем выше максимальное потребление кислорода, тем лучше выносливость, тем легче даются длительные аэробные работы.

Для проведения подобных обследований можно использовать газоанализатор Cortex Metalyzer 3B [4] (рисунок 1) – это эргоспирометрический прибор для измерения параметров газообмена.

Рисунок 1. – Эргоспирометрическое тестирование (газоанализатор Cortex Metalyzer 3B)

Высокоточные данные и воспроизводимые результаты по газоанализу получают благодаря регистрации фракций кислорода и углекислого газа во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе во время каждого дыхательного цикла в реальном времени. Калибровка оборудования проходит перед каждым использованием.

Прибор регистрирует потребление кислорода, легочную вентиляцию, частоту сердечных сокращений, утилизацию энергетических субстратов (жиров и углеводов) и др., что дает возможность оценить максимальные аэробные возможности спортсмена, определить слабые и сильные стороны спортивной подготовки, зарегистрировать уровень порога анаэробного обмена (ПАНО) и спланировать тренировочный процесс на основе полученных результатов.

Это современная система кардиопульмонарного нагрузочного тестирования для применения в стационарных условиях с использованием эргометров и тредмилов.

Характеристики [4]:

- легкая и компактная система для применения в спортивной практике;
- получение результатов в реальном времени;
- калибровка по двум газам для достижения максимального результата исследования;

- полноценный функциональный анализ на одной системе с оптимальным ПО (спирометрия, 12-канальная ЭКГ);
- точные и воспроизводимые результаты измерений в широких диапазонах;
- мониторинг ЭКГ и ЧСС;
- простое управление с экранными подсказками;
- автоматическое управление эрогометрами и тредмилами;
- интерфейс для подключения внешних устройств.

Работа строится следующим образом: спортсмен устанавливается на беговую дорожку тредмила, посредством ременного соединения на лицо надевается маска, которая через тонкую эластичную трубку соединяется с комплексом Cortex Metalyzer 3B (рисунок 1). Спортсмену дается время на разминку в спокойном темпе. И потом по готовности набирается необходимая начальная скорость и запускается отсчет времени. Подобное тестирование проводилось на базе научно-образовательного кластера «Интеллектуальные технологии в спорте» БГУФК в октябре 2020 года с участием 7 спортсменов-бегунов. Начальные условия для всех были одинаковы: тест запускался по достижению отметки скорости в 10 км/ч и по прошествии определенных промежутков времени (по согласованности между инструктором и спортсменом) повышался на 0,5 км/ч. С интервалом в 15 секунд на протяжении всего времени прохождения теста отслеживались параметры, представленные в таблице. Рассмотрим итоговые результаты тестирования на примере выполнения одного спортсмена (таблица, рисунок 2).

Таблица – Результаты тестирования с газоанализатором Cortex Metalyzer 3B

Параметры	Единицы измерения	АнП	АП	MaxV'O_2
RER		1,02	0,89	0,99
HR	1/min	184	167	183
V'O_2	l/min	3,40	2,60	3,48
VO_2/kg	ml/min/kg	61	46	62
V'E	L/min	119,3	74,9	115,1
Speed	км/ч	16,0	16,0	16,0
Угол		6		5,5
BF	1/min	54	43	55

Примечание: HR – частота сердечный сокращений, уд/мин; V'O_2 – потребление кислорода, мл/мин; V'CO_2 – выделение углекислого газа, мл/мин; V'O_2/kg – потребление кислорода, мл/мин/кг; RER – дыхательный коэффициент; BF – частота дыхания в 1 мин; V'E – вентиляция легких, л/мин; Угол – угол наклона беговой дорожки; Speed – скорость, км/ч.

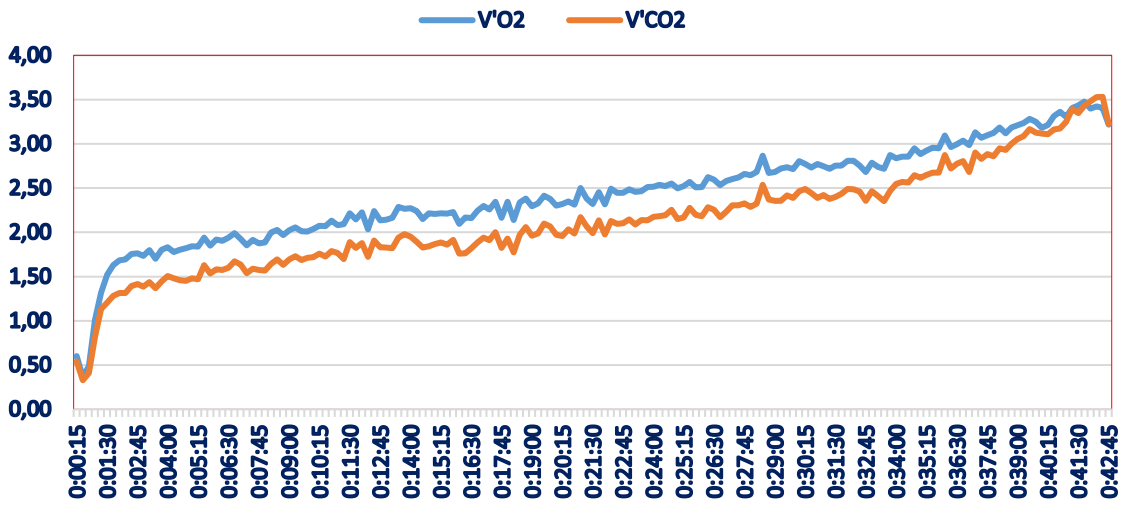

Рисунок 2. – Динамика потреблений кислорода и выделений углекислого газа спортсменом в тесте с газоанализатором Cortex Metalyzer 3B

На основе полученных результатов был сформулирован вывод о текущем состоянии подготовленности спортсмена, представленный далее.

Максимальная мощность работы достигнута на уровне скорости 16,0 км/ч. Уровень МПК составил 62 мл/мин/кг, достигнут на 41:45 минуте тестирования при пиковой скорости 16,0 км/ч (ДК – 0,99). ЧСС на уровне МПК – 183 уд/мин. Абсолютная величина максимального потребления кислорода (МПК) составила 3,48 л/мин. С точки зрения оценки МПК для спортсмена-профессионала в циклических видах спорта – это «уровень выше среднего». С точки зрения популяционной и возрастной нормы для здоровых людей мужского пола – «высокий уровень».

Аэробный порог (АП) фиксируется при скорости 16,0 км/ч. Потребление кислорода на уровне АП – 46 мл/мин/кг (ДК – 0,89), ЧСС – 167 уд/мин. Именно в районе этого пульса спортсмен будет находиться в аэробной зоне энергообеспечения, развивая аэробную емкость и выполнять работу более 1 часа.

Анаэробный порог (АнП) достигнут при скорости 16,0 км/ч. Потребление кислорода на уровне АнП – 61 мл/мин/кг (ДК – 1,02), ЧСС – 184 уд/мин.

Таким образом, можно сказать, что метод эргоспирометрии – самый точный инструмент для расчета индивидуальных зон интенсивности тренировок спортсменов в видах спорта, требующих высоких аэробных возможностей организма. Такие зоны должны рассчитываться строго индивидуально с учетом обменных процессов, происходящих в организме во время нагрузок. Точное дозирование нагрузки без знания мощности нагрузки и частоты сердечных сокращений в момент наступления анаэробного порога считается в спортивной медицине невозможным [5].

Результаты эргоспирометрии также используются специалистами для составления индивидуального плана тренировок в восстановительном периоде после травм, длительного отсутствия тренировок по каким-либо причинам. Нагрузочное тестирование в данной ситуации помогает объективно оценить степень детренированости спортсмена и избежать чрезмерных нагрузок на организм на первых этапах тренировок.

Источники:

1. Степанова, О. А. Развитие скоростно-силовых качеств в легкой атлетике средствами СФП / О. А. Степанова, И. А. Петрова. – Тольятти : Тольяттинский соц.-пед. колледж, 2017. – 32 с.
2. Как узнать свой максимальный пульс и почему «220 минус возраст» не работает [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://zozhnik.ru/kak-uznat-svoj-maksimalnyj-puls-i-pochemu-220-minus-vozrast-ne-rabotaet/#gsc.tab=0. – Дата доступа: 25.01.2023.
3. Тредмил-тест с газоанализатором: что это, как проводится и что дает обследование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://marathonec.ru/treadmill-test/. – Дата доступа: 31.01.2023.
4. METALYZER® 3B [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cortex-medical.com/EN/METALYZER-3B-en.htm. – Дата доступа: 01.02.2023.
5. Возможности нагрузочного тестирования с газовым анализатором (эргоспирометрия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://spbpmc.ru/science/publications/vozmozhnosti-nagruzochnogo-testirovaniya-s-gazovym-analizatorom-ergospirometriya/. – Дата доступа: 01.02.2023.

МОНИТОРИНГ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК СПОРТСМЕНОВ: КОНСЕНСУСНОЕ ЗАЯВЛЕНИЕ

Питр К. Бурдон, Марко Кардинале, Эндрю Мюррей, Пол Гастин, Майкл Келлманн, Мэттью К. Варли, Тим Дж. Габбетт, Аарон Дж. Куттс, Даррен Дж. Берджесс, Уоррен Грегсон и Н. Тимоти Кейбл

International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2017. – № 12. – P. 161–170.

Мониторинг нагрузки, выполняемой спортсменами на тренировках и соревнованиях, является важной темой, обсуждаемой в спортивной науке. Как ученые, так и тренеры регулярно отслеживают тренировочную нагрузку с использованием междисциплинарных подходов, а поиск лучших методик для сбора и интерпретации данных привел к значительному росту эмпирических и прикладных исследований. Действительно, в последние годы эта область развивалась с такой скоростью, что породила отрасли, нацеленные на разработку новых и оригинальных парадигм, позволяющих получать точную количественную оценку внутренних и внешних нагрузок спортсменов и защищать их от травм и ухудшения состояния здоровья. В феврале 2016 года в Дохе (Катар), состоялась конференция на тему «Мониторинг тренировочных нагрузок спортсменов – как и почему», на которой собрались эксперты со всего мира, чтобы поделиться своими прикладными исследованиями и современными практиками в этой быстро растущей области, а также обсудить направление ее будущего развития. Данное консенсусное заявление объединяет основные выводы и рекомендации, представленные в общих концептуальных рамках для использования тренерами, спортивной наукой и спортивно-медицинским персоналом, а также всеми специалистами, интересы которых связаны с мониторингом тренировочных нагрузок спортсменов; дать общее представление о том, что такое мониторинг нагрузки спортсменов и как он применяется в исследованиях и на практике; почему мониторинг нагрузки важен и каковы основные обоснования и перспективные цели мониторинга; каковы будущие направления мониторинга нагрузки спортсмена.

Ключевые слова: профилактика травм; носимые технологии; нагрузка; эффективность назначения.

Мониторинг тренировочной нагрузки важен для определения степени адаптации спортсменов к тренировочной программе, понимания индивидуальных реакций на тренировочные нагрузки, оценки состояния усталости и связанной с этим потребности в восстановлении, а также для минимизации риска развития нефункционального перенапряжения, травм и заболеваний. Несмотря на недавний бум исследований в этой области, многое из того, что известно о мониторинге спортсменов, является результатом личного опыта и несистемной информацией, либо данные остаются неопубликованными [1]. Для решения этой проблемы в феврале 2016 года в Aspire Academy,

Доха (Катар), состоялась конференция на тему «Мониторинг тренировочных нагрузок спортсменов – как и почему». Конференция собрала междисциплинарных экспертов для обмена передовыми прикладными исследованиями и современной практикой. Данный консенсусный документ содержит резюме ключевых исследовательских и практических тем, представленных на конференции, а также изложены направления будущих разработок в области мониторинга тренировочной нагрузки.

Определение тренировочной нагрузки

Показатели тренировочной нагрузки можно классифицировать как внутренние или внешние. В контексте данной статьи внутренние тренировочные нагрузки, выполняемые спортсменом во время тренировки или соревнования, определяются как относительные биологические (как физиологические, так и психологические) стрессоры и относятся к внутренним нагрузкам. Такие показатели, как частота сердечных сокращений, лактат крови, потребление кислорода и уровень воспринимаемых нагрузок (RPE), обычно используются для оценки внутренней нагрузки. С другой стороны, внешние тренировочные нагрузки характеризуются объективными показателями работы, выполняемой спортсменом во время тренировок или соревнований, и оцениваются независимо от внутренних нагрузок. Показатели внешней нагрузки включают в себя выходную мощность, скорость, ускорение, временной анализ движения time–motion analysis, параметры глобальной системы позиционирования (GPS) и параметры, полученные с помощью акселерометра. Общее описание и оценка некоторых распространенных методов, используемых для мониторинга тренировочной нагрузки и/или ответной реакции спортсменов, представлены в таблице.

Также важен комплексный подход к тренировочной нагрузке, и по этой причине внутренние и внешние тренировочные нагрузки должны применяться в сочетании, чтобы обеспечить более точное представление о тренировочном стрессе (нагрузке). Например, спортсмены, в точности повторяющие одну и ту же тренировочную сессию в разные дни, могут поддерживать одинаковую выходную мощность в течение одной и той же продолжительности (то есть при одной и той же внешней нагрузке), но испытывать совершенно разные внутренние нагрузки (частота сердечных сокращений, лактат крови, RPE и т. д.) в зависимости от состояния усталости, эмоциональных нарушений, недавней истории тренировок или болезни. Такое разделение внутренних и внешних нагрузок позволяет определить, сохраняет спортсмен работоспособность или наступило переутомление [1].

Таблица – Общее описание и оценка некоторых общепринятых методик, используемых для мониторинга тренировочной нагрузки и/или ответной реакции спортсмена

Метод	Стоимость	Оборудование	Программное обеспечение	Простота применения	Значимость	Надежность	Используемый для интерпретации	Рекомендуемый	Переменные величины
Внутренние показатели									
RPE (уровень воспринимаемой нагрузки)	L	N	Y/N	H	M–H	M–H	Y	Y	Одна величина в AU (с временной зависимостью)
Уровень воспринимаемой нагрузки за сессию	L	N	Y/N	H	M–H	M–H	Y	Y	Одна величина в AU (с временной зависимостью)
TRIMP (тренировочный импульс)	L–M	Y	Y	M	M–H		Y	N	Одна величина в AU (с временной зависимостью)
Анкеты здорового образа жизни*	L	N	Y/N	M–H	M	M–H	Y	Y/N	Рейтинги, перечень контрольных вопросов, шкала измерений AU
Психологические опросники (POMS, Rest-Q-Sport)*	L–M	N	Y/N	M–H	M–H	M–H	Y	Y	Рейтинги, перечень контрольных вопросов, шкала измерений AU
Показатели ЧСС	L–M	Y	Y	H	H	M–H	Y	Y	ЧСС, вариабельность сердечного ритма/показатели восстановления, время и др.
Потребление кислорода	H	Y	Y	L	H	H	Y	Y	VO_2, метаболические эквиваленты
Лактат крови	M	Y	Y/N	M	H	H	Y	Y	Концентрация
Биохимическая/гематологическая оценка	M–H	Y	Y/N	L	H	M–H			Концентрации, объемы

Продолжение таблицы

Метод	Стоимость	Оборудование	Программное обеспечение	Простота применения	Значимость	Надежность	Используемый для интерпретации	Рекомендуемый	Переменные величины
Внешние измерения									
Время	L	Y	Y/N	H	H	H	Y	Y	Единицы измерения (с, мин, час, день, неделя, год)
Частота тренировок	L	N	N	H	H	H	Y	Y	Учет тренировочных сессий
Дистанция/пройденное расстояние	L	Y/N	Y/N	H	H	H	Y	Y	Единцы измерения дистанции (м, км)
Подсчет количества движений	L	Y/N	Y/N	M–H	H	M–H	Y	Y	Подсчет активных действий (шаги, прыжки, броски)
Вид тренировки	L	Y/N	N	H	H	H	Y	Y	Тяжелая атлетика, бег, вело, плавание, гребля
Выходная мощность	M–H	Y	Y	L–M	H	H	Y	Y	Относительная (W/кг) и абсолютная мощность (W)
Скорость	L–M	Y	Y/N	M–H	H	H	Y	Y	Показатели скорости (м/с, м/мин, км/час)
Ускорение	L–M	Y	Y	L	H	H	Y	Y	Показатели ускорения (м/с^2)
Функциональные нейромышечные тесты	L–M	Y	Y/N	M	M–H	H	Y	Y	Измерение показателей вертикального прыжка с места и прыжка с высоты (drop-jump)

Окончание таблицы

Метод	Стоимость	Оборудование	Программное обеспечение	Простота применения	Значимость	Надежность	Используемый для интерпретации	Рекомендуемый	Переменные величины
Внешние измерения									
Показатели кратковременной/длительной нагрузки	L–M	Y/N	Y	M	M–H	M–H	Y	Y	Соотношение кратковременной и длительной нагрузок
GPS-измерения	M	Y	Y	M	M–H	M	Y	Y	Скорость, расстояние, ускорение, время в тренировочных зонах, местоположение
Метаболическая мощность	M	Y	Y	L–M	L–M	M	Y	Y	Эквивалент энергии
Видеоанализ движения во времени (автоматический)	H	Y	Y	L	M–H	M	Y	Y	Скорость, местоположение, ускорение
Видеоанализ движения во времени (неавтоматический)	M–H	Y	Y	L	M–H	M	Y	Y	Скорость, местоположение, ускорение
Акселерометрия	M	Y	Y	L–M	M–H	M	Y	N	Сила *x-y-z g*
Нагрузка игрока	M	Y	Y	M	M	M	Y	Y	Одна величина в AU (с временной зависимостью)

Примечание: L – низкий; M – средний; H – высокий; Y – да; N – нет; AU – произвольные единицы измерения; * – показатели ответной реакции на тренировочную нагрузку.

Как контролируется тренировочная нагрузка?

GPS-измерения в командных видах спорта

Внешняя тренировочная нагрузка в командных видах спорта обычно измеряется с помощью GPS. Устройства GPS измеряют расстояние, рассчитанное в соответствии с позиционной дифференциацией. Хотя скорость может быть получена из расстояния, она чаще рассчитывается с помощью метода доплеровского сдвига (эффект Доплера), поскольку это способствует большей точности показателей и меньшему количеству ошибок [2], а ускорение затем получают из показателя скорости. Из-за присущего «шума» в данных скорости и ускорении, полученных с помощью GPS, они часто обрабатываются с применением сглаживающего фильтра программного обеспечения производителя. Тип фильтра может варьироваться в зависимости от производителя и может изменяться при обновлении программного обеспечения и прошивки. Необработанные или сглаженные данные могут быть экспортированы из программного обеспечения производителя для анализа с использованием пользовательского программного обеспечения. К сожалению, не все производители раскрывают информацию, касающуюся способа обработки данных или предоставления доступа к необработанным данным. Поэтому специалисты-практики должны быть осведомлены с типом обработки данных, которые они используют, и поддерживать совместимость своих методов анализа (и совместимость оборудования).

Достоверность и надежность устройств GPS были подробно рассмотрены в работе Scott M.T et al. [3]. Вкратце, представляется, что достоверность и надежность измерения расстояния и скорости повышаются при более высокой частоте дискретизации (выборки) [4, 5]. Однако способность GPS точно измерять скорость снижается при большой частоте ее изменения [6]. Поэтому ускорение, замедление и изменение направления следует интерпретировать с осторожностью. Также трудно определить внутриблочную надежность GPS-устройств с использованием людей, поскольку это требует точной репликации (повторения) движений на всей дистанции. Поэтому необходимы дальнейшие исследования по оценке внутриблочной надежности с использованием роботизированной технологии для точного воспроизведения скорости во время выполнения задачи. Кроме того, для минимизации межблочной изменчивости один и тот же блок должен использоваться для мониторинга спортсмена [7], а также должна производиться новая валидация каждой модели GPS или после любых обновлений программного обеспечения или прошивки, которые могут внести изменения в процесс обработки данных.

Обычно показатели внешней нагрузки, полученные с помощью GPS, включают расстояние или количество усилий, предпринимаемых спортсменом при различных порогах скорости или ускорения [8, 9]. Показатели внешней нагрузки часто неверно интерпретируются либо во время анализа, либо при общении с другими спортивными специалистами-практиками. Например, дистанция считается спринтерской, когда спортсмен движется быстрее спринтерского порога скорости (т. е. 7 м/с). Это отличается от того, что

считается спринтом во время тренировок и тестирования, когда спринт начинается со статического старта. Аналогично, усилие, прилагаемое для ускорения, – это время, которое спортсмен тратит сверх заданного коэффициента ускорения (т. е. 3 м/с^2). Поскольку коэффициент ускорения быстро снижается после достижения максимального ускорения, это может относиться только к первым одному или двум шагам спортсмена. Важно четко определить эти показатели для тренеров и практиков до их использования, особенно с учетом значительного роста количества новых показателей, доступных пользователям носимых технологий.

Виды спорта на выносливость

Широкое разнообразие методов мониторинга внутренней нагрузки обычно используется в спорте на выносливость, включая оценки RPE, психологические данные, тренировочный импульс (TRIMP) и физиологические показатели, такие как частота сердечных сокращений и его производные, концентрации лактата крови и потребление кислорода. Также широко используются внешние измерения, такие как скорость, выходная мощность, продолжительность тренировки и пройденное расстояние (таблица). Параллельная оценка определенных показателей нагрузки (внешних и внутренних) позволяет оценить совокупный физиологический и психологический стресс (нагрузку), а также позволяет прикладным исследователям и практикам оценить состояние утомления/восстановления, скорректировать индивидуальное назначение тренировки и определить взаимосвязь между этими нагрузками и работоспособностью [10]. Кроме того, такие показатели позволяют классифицировать тренировочный стимул на относительные зоны интенсивности (низкая, средняя, высокая).

Несмотря на то, что нет единого, окончательного маркера, который мог бы с высокой точностью количественно оценить воздействие тренировочной нагрузки на физическое состояние и степень усталости спортсмена [11], в последние годы получили значительное развитие разработка и признание надежности показателей оборудования и методов количественной оценки тренировочной нагрузки на выносливость и соревновательных нагрузок. Ключевые характеристики таких систем должны включать простоту использования и интуитивно понятный дизайн (интерфейс), эффективную отчетность о результатах, возможность дистанционного использования, переводимость данных в простые результаты, гибкость и адаптируемость для различных видов спорта, способность просто и эффективно определять значимые изменения, оценку когнитивной функции и способность предоставлять данные об ответных реакциях как отдельных спортсменов, так и целых групп [1, 10].

Тренировка силы и мощности

Развитие показателей силы и мощности – неотъемлемый компонент большинства тренировочных программ. Рост выполняемой нагрузки, как правило, фиксируется в форме регистрации взятого веса, общего количества повторений (подходов), выполненных для каждого веса, и расчета общего

объема и интенсивности [12]. Объем нагрузки (количество повторений × внешняя нагрузка [кг]) используется для мониторинга результатов спортсмена и для количественной оценки силовых/мощностных тренировочных нагрузок, так как не требует дополнительного оборудования и является очень удобным подходом к количественной оценке тренировок. Такая количественная оценка была расширена путем определения механической работы, выполняемой во время силовых упражнений [13]. Это требует измерения силы и смещения штанги и/или силы опорной реакции грунта во время выполнения прыжковых заданий. Для решения этой задачи предложены несколько методов, включая видеоанализ [14, 15], инерциальные датчики и акселерометры [16, 17], силовые платформы [18], датчики линейного положения (перемещения) [19] и V-scope [20].

Ряд методов показали хорошую достоверность и надежность данных, но их реализация в применяемых условиях была сложной из-за стоимости, а также требований, предъявляемых ко времени и необходимой рабочей силе для сбора, обработки, анализа и отчетности о полученных данных. До сих пор линейные кодировщики, инерциальные датчики и акселерометры показывали перспективность их применения в количественной оценке различных аспектов тренировочной нагрузки в тренажерном зале. Однако из-за распространения новых датчиков на рынке и отсутствия соответствующих данных о достоверности и надежности, практикам важно проявлять осторожность при их применении. Рекомендуется использовать надежные датчики при мониторинге тренировки и убедиться, что используемое программное обеспечение работает корректно и надежно для получения значимых данных и проведения сравнительного анализа.

Мониторинг нагрузки у молодых спортсменов

Количественная оценка тренировочной и соревновательной нагрузки у детей имеет важное значение, поскольку имеющиеся данные свидетельствуют о связи больших объемов тренировочных нагрузок у 13–14-летних подростков с травмами и ранним завершением спортивной карьеры [21]. Например, молодые игроки при быстром броске в крикете (14,7±1,4 лет) имели в 3,1 раза более высокие риски травмирования при менее 3,5 дней отдыха между эпизодами игры в боулинг [22]. Кроме того, бейсбольные питчеры (**питчер – игрок, бросающий мяч**) (8–14 лет) продемонстрировали связь между количеством выполненных подач и риском получения травмы: умеренный объем подач защищал от травм, низкий объем не имел никакого значения, а большой объем (>600 подач в сезоне) вызывал более высокий риск травм, который повышается с каждой дополнительной подачей [23]. Эти исследования показывают, что при работе с молодыми спортсменами планирование тренировочных нагрузок и способ управления моделями нагрузки должны гарантировать долгую спортивную карьеру. Кроме того, мониторинг нагрузки может более эффективно предотвращать потерю тренировочных дней, что чрезвычайно важно для развития тренировочного процесса и постепенного увеличения его объема.

Молодым спортсменам рекомендуется вести дневники тренировок не только с целью понимания своих тренировочных нагрузок, но и для осознания последствий выполняемых нагрузок на посещаемость, работоспособность и здоровье. Для количественной оценки тренировочной нагрузки существуют многочисленные подходы, при этом показатели уровня воспринимаемой нагрузки (RPE) следует использовать с осторожностью, поскольку способность молодых спортсменов самостоятельно оценивать свое восприятие нагрузки и усилий может быть ненадежной. RPE также не должен рассматриваться изолированно, а оцениваться в связи с другими объективными методами количественной оценки, такими как объем, виды нагрузок, количество прыжков [24] или выполненных подач [25]. Кроме того, другие показатели внутренних нагрузок должны применяться в зависимости от вида спорта, возраста и доступа к соответствующим средствам контроля.

Кроме того, факторам образа жизни молодых спортсменов также должна быть дана количественная оценка, поскольку многие стрессоры, не связанные с тренировкой или соревнованиями, способствуют выгоранию и/или отказу от занятий спортом. Подростковые годы являются периодами высокого стресса (семейные и учебные обязательства), и по этим причинам при мониторинге тренировочных нагрузок молодого спортсмена должен применяться целостный подход, когда решение о приемлемом уровне общей нагрузки принимается совместно представителями команды и членами семьи. Сюда входят психологические показатели, физиологические (мониторинг ЧСС [26], соотношение краткосрочных и продолжительных нагрузок (acute: chronic-workload ratios, ACWR) [27]), физиотерапевтические методы (ежедневный скрининг, мониторинг травм) [28], программа подготовки (регистрация предписанных и фактически выполненных тренировочных нагрузок, время выступления) и беседы со спортсменом. Этим данным необходимо дать оценку на предмет любых клинически значимых изменений, прежде чем принимать обоснованное решение о будущих тренировочных нагрузках.

Психологические методы контроля тренировочных нагрузок

Межличностные различия и внутриличностные особенности как потенциальные условия для процесса восстановления, а также способность переносить физическую нагрузку, нетренировочные нагрузки (стрессоры) и уровень стрессоустойчивости могут объяснить различную степень восприимчивости спортсменов к тренировочным нагрузкам. Ключевым условием является индивидуальная оценка и мониторинг физического состояния спортсменов, проведение продольного сравнительного анализа полученных данных. Исследования состояния перетренированности показали, что психологические параметры более чувствительны и последовательны, чем физиологические показатели [29]. Кроме того, психологические измерения можно применять и сообщать о них гораздо быстрее (минуты), чем получение физиологических маркеров или показателей крови, для оценки которых могут потребоваться дни или недели.

Общие показатели, используемые в рамках тренировочной сессии, включают профиль эмоционального состояния (Profile of Mood States, POMS) [30] и его производные (Saw et al., 31), шкалу уровня тренировочной нагрузки Борга (Borg RPE) [32], уровень нагрузки за тренировочную сессию (sRPE) [33] и опросник «Стресс-восстановление у спортсменов» [34, 35]. По просьбе спортивных практиков разработана «Шкала быстрого восстановления и стресса» и ее сокращенная версия «Краткая шкала восстановления и стресса» (Short Recovery and Stress Scale) [36], чтобы удовлетворить запрос на экономически выгодный, действенный и чувствительный к изменениям психометрический инструмент для количественной оценки восстановления и стресса. Saw et al. [31] представили характеристики различных инструментов мониторинга, используемых в спортивной науке, а также основные принципы выбора соответствующих инструментов оценки.

Выбор специалистом-практиком действенного инструмента для мониторинга тренировочных нагрузок зависит от перспективы дальнейшего использования полученных данных. Во-первых, инструмент должен быть эффективным и надежным и, в идеале, иметь инструкцию с подробным описанием его применения, а также содержать теоретическую основу и эмпирические данные. Во-вторых, необходимо решить, полученная информация будет использоваться в исследовательских целях или для обратной связи со спортсменами и тренерами. В-третьих, важное значение имеют временные рамки применения этого инструмента; например, более широкий временной интервал (например, последние 3 дня/ночи) или очень конкретный период (прямо сейчас). В-четвертых, необходимо установить четкий цикл обратной связи, и в идеале квалифицированный специалист-практик будет предоставлять спортсменам образовательную информацию и вмешиваться в случае возникновения особых обстоятельств. В-пятых, данные не должны использоваться для целей отбора (селекции); в противном случае это нарушит соглашение и увеличит шансы на получение ложных данных. Наконец, важно принять осознанное решение о том, когда эти данные действительно необходимы. Иногда практичнее иметь краткий инструмент для получения данных на ежедневной или еженедельной основе и сочетать его с более объемным и подробным обследованием на этапах многолетней подготовки.

Почему мониторинг нагрузки спортсмена важен?

Применение мониторинга нагрузки для облегчения принятия решений тренером

Профессиональный мир элитных видов спорта ставит перед специалистами в области спортивной науки и спортивной медицины (SSM) важнейшие задачи, связанные мониторингом нагрузки и процессом ее управления. Эти проблемы обычно связаны с доверием спортсмена и тренера, доступными ресурсами и взаимосвязью между прикладной средой и имеющимися научными результатами.

Данные мониторинга нагрузки часто собираются при проведении дистанционных и ретроспективных исследований, проводимых в полупрофессиональных командах. Спортивные специалисты-практики, желающие применять такие свидетельства, должны адаптировать научные данные под специфику своей команды и, возможно, проводить внутреннюю проверку их выполнения на практике. Это обеспечит условие, при котором любые данные мониторинга получены в результате надежных практических действий.

Основной целью мониторинга нагрузки должно быть оказание содействия и информирование тренера/менеджера в принятии решения о допуске игрока к тренировкам. Там, где это возможно, информирование тренера/игрока о причинах и результатах мониторинга должно осуществляться до начала каждого тренировочного и соревновательного сезона. Информация должна подаваться в упрощенном виде, а отчетность ограничиваться несколькими ключевыми показателями. Спортивные специалисты-практики должны поддерживать с игроками обратную связь и предоставлять рекомендации тренерам в соответствии с конкретными требованиями. В идеале отчеты по мониторингу должны предоставляться в форме индивидуальной обратной связи, а не как информация о всей группе. Это не только обеспечивает спортсменов и тренеров дополнительными знаниями, но и демонстрирует возможность специалистов-практиков применять полученные результаты на практике.

Практикующие спортивные специалисты (SSM) должны применять как внутренние, так и внешние инструменты мониторинга, соответствующие конкретной ситуации. Следует отметить, что сочетание выполняемой работы (внешняя нагрузка) и ее воздействия на спортсмена (внутренняя нагрузка), дает оценку способности спортсмена/команды справляться с поставленной задачей (т. е. предложенной нагрузкой). При продольном применении сочетание внутреннего и внешнего мониторинга также предоставляет информацию об адаптации к тренировочным нагрузкам как для отдельных лиц, так и для целой группы.

В идеале следует использовать сочетание объективных и субъективных инструментов. Это обеспечивает равный баланс между восприятием спортсмена и практическими результатами, выраженными в цифрах. Это особенно важно при работе со слабо подготовленной или скептически настроенной группой спортсменов. Хотя это удобно и эффективно [37, 38], часто спортсмены могут неправильно использовать сессионный уровень тренировочной нагрузки (sRPE), пытаясь обманным образом повлиять на последующие тренировки. В этом сценарии объективная форма мониторинга может быть более подходящей, поскольку спортсмены ознакомлены и тренируются в соответствии с методами, предусматривающими достижение sRPE.

Кроме того, некоторые тренеры допускают, что размещение устройств мониторинга на спортсменах отвлекает их внимание от демонстрации своих навыков выполнения простых механических действий. В данной ситуации специалист (SSM) должен искать другие методы количественной оценки

нагрузки, такие как уровень воспринимаемой нагрузки за тренировочную сессию (sRPE) (внутренняя нагрузка) или мониторинг сердечного ритма.

Поэтому специалисты SSM, работающие в элитной спортивной среде, должны знать о предпочтениях спортсменов и тренеров, а также существующие данные мониторинга нагрузки для конкретного вида спорта. Затем они должны выбрать соответствующие специфические для вида спорта и, возможно, адаптированные методики для информирования практикующих тренеров и спортсменов.

Анализ данных тренировочной нагрузки

Одна из основных задач, стоящих перед учеными и тренерами, которые собирают тренировочные данные, заключается в том, чтобы иметь возможность анализировать их, делать значимые выводы об эффективности тренировочных процессов для отдельных спортсменов и тренеров. Действительно, в последнее время увеличилось количество как научных отчетов, так и тематических исследований с использованием различных методов анализа данных о тренировочной нагрузке для установления подготовленности спортсмена, риска развития заболевания или получения травмы, а также о возможности возвращения спортсменов в спорт после перенесенной травмы [27, 39–42]. В следующем разделе представлены общие методы анализа данных тренировочной нагрузки.

Модель фитнес-утомления. Исходная модель фитнес-усталости, представленная Banister et al. [43], использовала системный теоретический подход для анализа реакций на физическую тренировку и описана как:

Смоделированная работоспособность = фитнес в соответствии с тренировочной моделью – K (утомление от тренировочной модели),

где K – постоянная величина, которая корректирует уровень состояния утомлению относительно фитнес-эффекта.

Несколько других групп ученых модифицировали первоначальную модель, чтобы внести изменения для преодоления монотонности тренировок (то есть изменения в стимуле тренировочной нагрузки) и повышенного утомления [44–48], но по существу каждая модель предполагает, что тренировочный импульс (или тренировочная нагрузка) вызывает фитнес-реакции, которые повышают работоспособность, а также вызывают реакции утомления, которые снижают работоспособность. Такой подход приводит к моделям импульсной реакции, которые связывают тренировочные нагрузки с работоспособностью, принимая во внимание динамические и временные характеристики тренировки и тренировочные эффекты, получаемые с течением времени.

Хотя этот подход использовался в качестве руководства для планирования тренировки [49] и прогнозирования будущих показателей и уровней физической подготовленности и утомления [42, 48, 50, 51], его критиковали за чрезмерное упрощение сложных отношений между тренировкой и результативностью [52, 53]. Действительно, такие модели показали большую

изменчивость в параметрах и точности прогнозов результативности у высококвалифицированных спортсменов [52]. Кроме того, эти модели предполагают единый показатель для характеристики работоспособности, который ограничивает их применение в спорте, где физическая и техническая/тактическая работоспособность представляет истинную работоспособность. В реальности различные составляющие работоспособности спортсмена могут развиваться или снижаться с разной скоростью, и эти процессы упрощаются представленными моделями. Тем не менее, этот подход обеспечивает основу для определения будущих тренировочных нагрузок и периодов восстановления, а также понимания основных ответных реакций спортсменов на тренировки.

Соотношение краткосрочной и продолжительной нагрузки (ACWR). Соотношение краткосрочной и продолжительной нагрузки (Acute: Chronic-Workload Ratio, ACWR) представляет собой упрощенный вариант оригинальной модели фитнес-утомления Банистера (Banister), которая использует скользящие средние для сравнения тренировочных нагрузок, завершенных за короткий период (обычно ~5–10 дней), с продолжительной тренировочной нагрузкой, завершенной в течение более длительного периода (обычно ~4–6 недель) [27, 40]. Такой аналитический подход недавно был представлен для выявления риска травм у различных спортсменов [27, 54, 55]. Однако хотя это и представляет интерес с точки зрения мониторинга риска травмирования, достоверность ACWR недавно была поставлена под сомнение [56, 57], поскольку скользящая средняя величина не учитывает снижение работоспособности и воздействие утомления с течением времени, и поэтому она может предоставлять недостоверные данные о кумулятивных изменениях, происходящих в организме. Альтернативный способ заключается в использовании экспоненциально взвешенной скользящей средней величины [58] для расчета краткосрочных и продолжительных нагрузок, который означает снижение соотношения для компенсации латентных эффектов нагрузок [57].

Соотношение внутренней и внешней нагрузки. Современная микротехнология (например, GPS) позволяет измерять внутреннюю и внешнюю нагрузки, означая, что устройства представляют все больший интерес для ученых и тренеров в качестве неинвазивных методов, помогающих понять, как спортсмены справляются с тренировочными и соревновательными нагрузками. Интегрированное соотношение: внешняя нагрузка дает оценку психофизиологическому стрессу (нагрузке) (сердечный ритм, RPE, лактат крови и т. д.), который испытывает спортсмен во время тренировки в контексте завершенной внешней тренировочной нагрузки, и может быть использовано для определения тренировочного статуса спортсмена. Например, увеличение внутренней нагрузки до стандартной внешней нагрузки может привести к утомлению спортсмена или снижению физической подготовленности, в то время как уменьшенная внутренняя нагрузка (более низкая частота сердечных сокращений или восприятие усилия до стандартной внешней нагрузки) указывает на то, что спортсмен набирает физическую форму

и справляется с тренировками. Кроме того, это может информировать о последствиях тренировочных программ [59], выявлять переутомление во время командных соревнований [60, 61], а также определять изменения в физическом состоянии или степени утомления [62]. Однако несмотря на практическую привлекательность, реализация этого подхода ограничена, если не принять меры по контролю и количественной оценке внешних нагрузок спортсмена [63] и среды, в которой выполняется физическая нагрузка.

Моделирование тренировочных нагрузок с целью повышения работоспособности или прогнозирования спортивных показателей

Ответная реакция работоспособности на тренировку не является линейной, на нее влияет множество связанных и не связанных с тренировкой факторов, и ее трудно точно предсказать. С момента появления первоначальной модели работоспособности, предложенной Banister et al. [43], подход «система – модель» использовался для улучшения понимания тренировочного процесса и применялся для прогнозирования работоспособности отдельного спортсмена [11, 43, 46]. Действительно, исследования, в которых использовался системный модельный подход для прогнозирования результативности, показали значительную связь между смоделированными и фактическими показателями в ряде видов спорта, включая плавание, бег, велоспорт, триатлон и метание молота (Jobson et al. [53] и Taha & Thomas [64]). К сожалению, более широкое применение этого подхода для прогнозирования работоспособности высококвалифицированных спортсменов ограничено из-за большого количества необъяснимой дисперсии в прогнозах работоспособности в широком диапазоне видов спорта на выносливость [42, 65, 66]. Другие ограничения этого подхода заключаются в том, что они не учитывают различные ответные реакции на все тренировочные стимулы (то есть, внутренняя нагрузка против внешней нагрузки или аэробная нагрузка против силовой нагрузки и т. д.), и модели в основном применялись к индивидуальным видам спорта. Кроме того, они не применялись к командным видам спорта, в которых межматчевые тренировочные нагрузки являются согласованным и проводится относительно небольшое количество тренировок между соревнованиями (как правило, 1 или 2 игры в неделю).

Несмотря на тот факт, что точность прогнозирования таких моделей с тех пор повысилась с добавлением инвариантных по времени параметров для учета накопительных эффектов усталости [44], они до сих пор не в состоянии последовательно прогнозировать работоспособность отдельного спортсмена с высоким уровнем достоверности в реальных условиях [45, 49, 64]. Кроме того, эти модели не учитывают другие аспекты, влияющие на соревновательную эффективность (экологические факторы, психологическое воздействие, навязывание определенного ритма и т. д.), что также ограничивает их прогностическую способность. Поэтому с практической точки зрения эти методы моделирования остаются малоэффективными для прогнозирования будущих показателей у высококвалифицированных спортсменов. Тем не менее, они

обеспечивают важную теоретическую основу, которая позволяет тренерам и ученым понимать и контролировать процесс обучения.

Чтобы преодолеть ограничения моделей «нагрузка–ответная реакция», были предложены другие комплексные методы, такие как нелинейные, многослойные модели восприятия нейронной сети [67]. Результаты ряда тематических исследований показали, что такой подход заметно снижает ошибку прогнозирования работоспособности. Тем не менее, характер этих подходов не позволяет определить важные причинно-следственные связи между отношениями тренировка – результат, что ограничивает их полезность с целью оказания помощи тренерам в понимании тренировочного процесса. Другими ограничениями этих подходов являются требования очень большого количества данных тренировочных нагрузках (включая работоспособность и другие показатели) в течение длительных периодов, чтобы используемые модели могли предоставить высокие прогностические результаты.

Недавние исследования сообщили об упрощенном анализе или моделировании данных о тренировочной нагрузке у различных спортсменов, чтобы сделать выводы о готовности к выступлению [42], возвращению в спорт [68] и риске получения травмы [69]. В настоящее время ряд исследований изучали способность и специфичность этих моделей для прогнозирования результативности и риска получения травмы. Даже при более широком использовании носимых датчиков и повышенной способности собирать информацию о тренировочной нагрузке и реакции спортсмена на тренировки, необходимо проведение дальнейших исследований, которые позволят ученым использовать большие массивы данных и разработать действенные модели, которые помогут связать тренировочные нагрузки с ответными реакциями спортсменов и их работоспособностью.

Мониторинг нагрузки спортсмена и профилактика травм

Все специалисты-практики, участвующие в тренировочном процессе (тренеры, врачи, а также персонал, ответственный за силовую подготовку и совершенствование физического состояния), заинтересованы в определении оптимального объема тренировок для достижения конкретных уровней работоспособности. Тренировочная взаимосвязь «доза-ответ» аналогична фармакологическим исследованиям, в которых биохимики хотят получить ответ о положительном и негативном воздействии какого-либо препарата. Спортивные ученые понимают, что подготовка спортсменов, отвечающих соревновательным требованиям, – это тяжелая физическая работа, но также осознают, что чрезмерная нагрузка может привести к повышению риска травмирования.

Ранние исследования показали прямую связь между тренировочной нагрузкой и травмой, предполагая, что чем упорнее спортсмены тренируются, тем больше вероятность получения травмы [71]. Кроме того, выполнение больших объемов высокоскоростного бега связано с большим риском травм нижней части тела и повреждения мягких тканей [72], тогда как снижение тренировочной нагрузки приводит к меньшему количеству травм и значительному повышению аэробной выносливости организма спортсмена [73].

Однако появилось значительное количество доказательств того, что высокие продолжительные тренировочные нагрузки способны защитить спортсменов от травм [27, 41, 54, 74–77]. В совокупности эти результаты показывают, что тренировочную нагрузку лучше всего представить в виде «транспортного средства», которое либо везет спортсмена к травме, либо от нее [78].

В первом исследовании для демонстрации защитного эффекта высоких тренировочных нагрузок Hulin et al. [74] сообщили, что игроки в крикете, которые набивали большее количество мячей в течение 4-недельного периода (то есть продолжительная тренировочная нагрузка) имели более низкий риск травмирования, чем игроки с меньшим количеством набитых мячей. Эти результаты впоследствии были воспроизведены в широком спектре видов спорта (например, регбийная лига, австралийский футбол, гэльский футбол) и положили начало понятию соотношения однократной и суммарной нагрузок (acute: chronic-workload ratios, ACWR) (ранее называвшемуся «баланс тренировок и стресса») [76] (объем текущей тренировочной нагрузки относительно суммарной). Когда ACWR находилось в диапазоне от 0,8 до 1,3 (то есть краткосрочная тренировочная нагрузка была приблизительно равна продолжительной тренировочной нагрузке), риск травмы был относительно низким. Однако когда ACWR было ≥1,5 (то есть однократная тренировочная нагрузка была намного больше, чем суммарная тренировочная нагрузка), риск травмы увеличивался экспоненциально (в геометрической прогрессии) (рисунок) [69]. Защитный эффект тренировки, по-видимому, возникает из двух источников: воздействие нагрузки позволяет организму переносить эту нагрузку, а тренировки развивают физические качества (например, силу, способность к продолжительному бегу с высокой интенсивностью и аэробную выносливость), которые связаны со снижением риска травмирования [79–81].

Справочно: chronic training load – долгосрочная суммарная тренировочная нагрузка; Acute training load – краткосрочная однократная тренировочная нагрузка.

Один момент остался недооценен в литературе по проблеме соотношения травм и тренировочных нагрузок. Хотя «всплески» в тренировочной нагрузке могут способствовать травмам, недостаточная подготовка и «провалы» в тренировочной нагрузке могут вызывать аналогичные негативные последствия (рисунок). Например, U-образная зависимость между количеством воздействий максимальной скорости и риском травмы была показана у спортсменов командных видов спорта; как перетренированность, так и недостаточная тренированность повышали вероятность получения травмы [81]. Риск, связанный с воздействием бега с максимальной скоростью, снижается в результате воздействия большого объема суммарных тренировочных нагрузок [82].

Эти результаты свидетельствуют о трех важных практических последствиях: большие объемы суммарных тренировочных нагрузок способны защитить от травм, спортсмены лучше переносят высокоинтенсивные компоненты тренировок, если они подвергались более высоким продолжительным тренировочным нагрузкам, и связь ACWR с риском травмы больше, чем при краткосрочной или продолжительной нагрузке в отдельности.

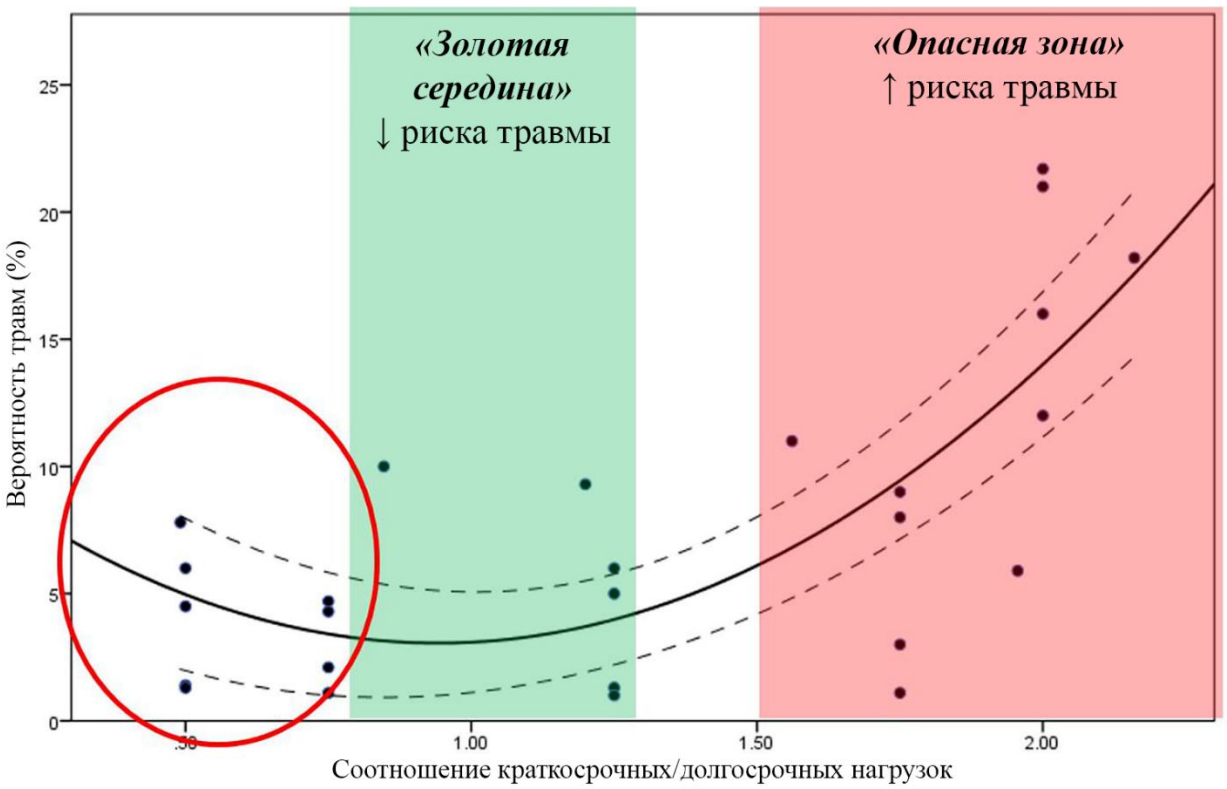

Рисунок – Взаимосвязь соотношения краткосрочных и продолжительных нагрузок с риском получения травмы

Какие проблемы возникают при мониторинге нагрузки?

Несмотря на преимущества мониторинга нагрузки спортсменов и вклад этой области спортивной науки в работоспособность спортсменов, существуют ограничения, которые заслуживают внимания. Все методы имеют свои сильные стороны и ограничения (таблица), существование которых часто зависит от содержания программы, к которой они применяются, и целей, которые должны быть достигнуты.

Приемлемая достоверность и надежность метода обеспечивают минимальный критерий для его внедрения. Стандартные соревновательные условия и имеющиеся ресурсы будут влиять на уровень толерантности к вопросам, связанным с финансовыми затратами, точностью показаний, простотой использования и персоналом. Хотя стандарты применения на практике должны быть аналогичны тем, которые предполагались в исследованиях, выбор метода может зависеть от способа его осуществления. Например, sRPE является недорогим методом, преимущество которого заключается в возможности количественного определения нагрузки независимо от ее типа или местоположения. В отличие от этого, GPS-анализ «время–движение» возможен только во внешней среде без препятствий сверху, требует аппаратных средств и программного обеспечения, ограничен движениями опорно-двигательного аппарата и отслеживанием положения. Однако его легко интерпретировать и можно использовать для коррекции тренировочных нагрузок. Акселерометры, часто интегрированные с другими датчиками в носимых устройствах,

схожи по стоимости и требованиям к аппаратному и программному обеспечению и имеют преимущество, которое заключается в их независимости от местоположения и вида деятельности, но при этом обладают ограничениями в интерпретации данных и непосредственном использовании для назначения тренировочной нагрузки.

Методы, которые количественно определяют единицу измерения (например, частоту сердечных сокращений, расстояние, скорость, время) или способны подсчитать события или повторы, легко интерпретируются и могут использоваться для планирования и назначения тренировочной нагрузки, а также для оценки соревновательных требований. Использование комплексных или производных методов, обычно измеряемых в произвольных единицах (например, TRIMP, полученный из частоты сердечных сокращений), метаболической мощности (полученной из двигательного ускорения и замедления), нагрузки игрока (полученной из ускорения акселерометра) и sRPE (полученной из восприятия прилагаемого усилия) усложняет интерпретацию результатов, но может способствовать большему пониманию проблемы при корректном проведении анализа.

Цели, стоящие перед системой мониторинга нагрузки, и контекст, в котором она будет применяться, определяют, являются ли определенные ограничения приемлемыми или нет. Последовательный и строгий подход к выполнению программы в течение длительного периода, даже с применением метода с рядом ограничений, может предоставить значимые данные и повлиять на практические результаты, особенно если используется в сочетании с другими объективными и субъективными показателями. Когда требуются сравнения между тренировочными программами или видами спорта либо в контексте исследования, метод должен быть действенным, надежным и способным привести к более конкретным, отличным от других интерпретациям.

Каково будущее мониторинга нагрузки спортсмена?

С учетом темпов развития миниатюрных технологий, носимых аналитических инструментов и приложений относительно легко предсказать, что спортивный ученый, спортсмен и тренер будущего получат доступ к большему количеству сенсорных решений для прогнозирования и координации деятельности, чем когда-либо ранее. Анализ рынка предсказал продажу около 19 миллионов фитнес-устройств в год с прогнозом роста до 110 миллионов в ближайшем будущем [83]. Спортсмен или команда уже имеют доступ к ряду внутренних и внешних маркеров нагрузки. По мере совершенствования технологий становится реальностью способность интегрированного устройства (или одежды) планировать все аспекты механической, физиологической и психологической нагрузки в реальном времени. Сюда входят неинвазивные технологии для измерения показателей крови и эпигенетических переменных (или ответных реакций) на нагрузки, а также отчеты о потреблении/расходе тепловой энергии и процессах восстановления (сон и т. д.).

Этот прекрасный новый мир будет не только решать проблемы, связанные с достоверностью и надежностью измерений, но и обратит серьезное внимание на проблемы интерпретации данных. Современные аналитические модели должны стать более сложными и, вероятно, будут включать такие процессы, как распознавание образов, передовые нейронные сети и машинное обучение. Эти изменения подразумевают необходимость обеспечения целостности и чистоты данных и экологической достоверности моделей, используемых для прогнозирования спортивной работоспособности и риска травмирования. Задача будет заключаться в обеспечении понимания программистами контекста (смысла) полученных данных (для каждого данного вида спорта/соревнования) и чтобы данные могли быть предоставлены спортсменам и тренерам в доступном и значимом для них виде. Способность визуализировать данные будет иметь решающее значение для обеспечения информированности и влияния на тренировочных процесс. Исследования в области бизнеса показали, что корректная модификация и визуализация информации повышают качество продукта и потенциально приводят к более быстрому и точному получению и обработке необходимой информации [84]. Появляется все большая необходимость в разработке более эффективных решений, связанных с анализом и визуализацией данных для тренеров и спортсменов.

Заключение

В элитном спорте сбор и оценка данных о тренировочных и соревновательных нагрузках имеют давнюю историю, а принципы и практика измерения внешней и внутренней нагрузки достаточно хорошо сформулированы. В различных спортивно-специфических контекстах каждая переменная величина имеет свои сильные стороны и ограничения, и все они должны быть понятны команде, обслуживающей спортсмена. Появление новых технологий в сочетании с инновационными аналитическими подходами позволяет предположить появление в скором времени все более мощных инструментов для прогнозирования работоспособности и риска получения травм. Тем не менее, на сегодняшний день не выявлено ни одного показателя, который мог бы дать точную количественную оценку физического состояния и утомления спортсмена в качестве ответной реакции на тренировку или предсказать работоспособность [1, 10, 11]. Соглашаясь с основными выводами и рекомендациями, представленными в данной статье, авторы признают, что решение о том, какие инструменты или методы мониторинга использовать, должно оставаться за специалистами, работающими в спорте. Это будет способствовать:

- осознанному выбору специфических для спорта сочетаний показателей внутренней и внешней нагрузки;
- индивидуализации мониторинга нагрузки;
- определению ACW;
- предоставлению тренеру и спортсмену надежной, точной и легко интерпретируемой информации о мониторинге нагрузки.

Таким образом, очевидно, что в результате функционального мониторинга спортсменов:

- повышаются знания спортсменов, тренеров и вспомогательного персонала об ответной реакции на тренировочную и соревновательную нагрузку;
- оказывается содействие в совершенствовании структуры программ тренировок и восстановления;
- снижается количество травм или заболеваний;
- повышается спортивная работоспособность.

Статья содержит 84 источников литературы, с которыми можно ознакомиться по адресу: https://www.researchgate.net/publication/316641686_Monitoring_Athlete_Training_Loads_Consensus_Statement.

Перевод с английского ***Л.И. Кипчакбаевой***
Научная редакция ***М.Е. Агафоновой***