



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»

КОНТРОЛЬ УРОВНЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ В ИЗБРАННОМ ВИДЕ СПОРТА

Мастер-класс
Информационно-аналитические материалы
22.10.2022



Валидность и надежность современных методов контроля скоростных способностей в игровых видах спорта..... 4

Разуванов Владимир Михайлович,
ведущий специалист информационно-аналитического отдела,
старший преподаватель кафедры менеджмента туризма и гостеприимства БГУФК

Контроль уровня скоростных способностей в сложнокоординационных видах спорта..... 12

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

Методы контроля уровня физической подготовленности: биоимпедансный анализатор обменных процессов и состава тела ABC-02 «МЕДАСС»..... 16

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

Методы контроля физического состояния спортсменов, применимые в условиях учебно-тренировочных занятий (на примере спортивно-боевых единоборств)..... 20

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

Анализ зарубежной публикации

Биомаркеры физической активности и спортивной тренировки 27

Biomarkers of physical activity and exercise / G. Palacios [et al.] // Nutricion Hospitalaria. – 2015. – № 31 (3). – P. 237–244.

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.

ВАЛИДНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ СКОРОСТНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ В ИГРОВЫХ ВИДАХ СПОРТА

Разуванов Владимир Михайлович, ведущий специалист информационно-аналитического отдела, старший преподаватель кафедры менеджмента туризма и гостеприимства БГУФК

Структура спортивных игр резко изменилась за последние десятилетия в сторону все более и более динамичного и скоростного стиля игры. По сравнению с прошлым, игры отличаются более коротким временем контакта с мячом, повышенной скоростью передач, более высокой плотностью игроков и более быстрыми переходами [31].

Такого рода изменения в структуре игры предъявляют принципиально новые требования не только к технической и тактической подготовленности игроков, но в особенности требования к скоростным способностям. В течение матча игроки должны выполнить несколько ускорений и спринтов на максимальной скорости, зачастую – с изменением направления движения [14]. Более того, игроки должны обладать высокой скоростью обработки информации и быть способными принимать быстрые и точные решения [31]. Таким образом, проявления скоростных способностей включают в себя как собственно физический, так и перцептивно-когнитивный компоненты [8].

Поскольку не вызывает сомнений тот факт, что различные проявления скоростных способностей играют одну из решающих ролей в спорте, тестирование скорости стало неотъемлемым стандартным компонентом оценки спортивной производительности [30].

С этой целью было разработано множество тестов, направленных на диагностику различных компонентов скоростных способностей.

Тесты скорости можно разделить на несколько видов: линейный спринт, спринт с изменением направления, повторный спринт, тесты на ловкость и комбинированные тесты.

В данном контексте линейный спринт относится к прямолинейному бегу на различные дистанции, включает фазу стартового ускорения и фазу максимальной скорости.

Спринт со сменой направления включает в себя заранее спланированные изменения направления движения всего тела, а также быстрые движения и изменения направления движения отдельных конечностей.

Повторный спринт относится к коротким спринтам (<10 с), чередующимся с короткими фазами восстановления (<60 с).

Наконец, тесты на ловкость определяются как передвижение тела с изменением скорости и (или) направления в ответ на стимул.

В то время как линейный спринт, спринт с изменением направления и повторный спринт, в основном, представляют собой физически обусловленные скоростные навыки, ловкость определяется как физическими, так и перцептивно-когнитивными факторами [25]. Данные факторы имеют относительно низкую

общую дисперсию, ограниченный положительный перенос, следовательно, их можно считать достаточно независимыми [33]. Таким образом, всестороннее тестирование скоростных способностей должно охватывать все указанные категории тестов.

С практической точки зрения сложность выполнения теста, требования к оборудованию, а также экономические аспекты являются важными критериями при выборе того или иного диагностического инструментария.

С научной точки зрения тесты должны обладать соответствующим уровнем психометрических свойств, включая валидность и надежность, с тем, чтобы полученные результаты можно было использовать с достаточным уровнем достоверности и делать высокозначимые, научно-корректные и практически полезные выводы.

Следует отметить, что именно тесты скоростных способностей являются наиболее проблемными с точки зрения их достоверности и надежности, в то время как тесты таких качеств, как выносливость [19] и сила [26] по объективным причинам значительно более корректны и обоснованы.

Методологическое качество исследований, включенных в данный обзор, оценивалось с помощью девяти критериев-требований:

1. Четко описаны характеристики субъектов.
2. Четко описана компетентность оценщиков.
3. Приведена полная справочная информация.
4. Оценивание было независимым.
5. Соблюдался временной интервал между полученными данными.
6. Соблюдался необходимый временной интервал между повторными измерениями.

7. Выполнение теста было описано достаточно подробно, с тем, чтобы можно было соблюсти требование воспроизводимости.

8. Методологические аспекты исследования (технология хронометража, исходное положение, покрытие и т. д.) были описаны на уровне, обеспечивающем воспроизводимость.

9. Используемые статистические методы соответствовали цели исследования и обладали требуемой надежностью.

Линейный спринт

Конструктивная валидность подобных тестов в большинстве исследований декларируется как высокая, игроки более высокого уровня, как правило, демонстрируют лучшие результаты практически по всем тестам и отдельным тестовым параметрам по сравнению с их менее успешными коллегами. Подобные результаты были получены в отношении профессиональных игроков, игроков национальных сборных [22, 6], а также при сравнении профессионалов и любителей [15]. Лишь в отдельных работах сообщается о более быстром спринте у игроков с низкими игровыми показателями [11]. Тем не менее, тенденции к большим различиям в результатах по мере увеличения дистанции спринта не прослеживалось. Таким образом, можно сделать вывод, что дистанции спринта от 5 до 40 м можно рассматривать как достаточно информативные и валидные,

хотя более короткие спринты и ускорения (например, 10 м) встречаются в процессе игры чаще, чем более длинные спринты (например, 40 м) [14, 8].

Более стабильные показатели надежности были получены при использовании технологий синхронизации, таких как индикаторы времени и радарные пушки, менее стабильные результаты фиксировались при использовании систем глобального позиционирования [23]. Также сообщалось, что межвременная (в течение суток, между сутками) надежность растет по мере увеличения спринтерской дистанции [22]. С учетом результатов вышеуказанных исследований можно заключить, что линейно-спринтерские тесты на дистанциях до 40 м обладают приемлемой конструктивной валидностью и высокой межвременной надежностью для оценки линейно-спринтерских навыков, в особенности при использовании более точных методов синхронизации.

Повторные спринтерские тесты

Повторные спринтерские тесты различаются по количеству повторений (от 3 до 15), дистанции (от 15 до 40 м), а также по типу (активное и пассивное) и продолжительности (от 15 с до 1 мин) восстановления между повторами. Общие параметры тестов включают минимальное время, среднее время, общее время и процентное снижение скорости. Конструктивная валидность повторных спринтерских тестов изучалась в нескольких исследованиях, при этом в большинстве из них игроки более высокого уровня превосходили менее подготовленных игроков по всем вышеперечисленным параметрам, что относилось к сравнению профессиональных и полупрофессиональных игроков, игроков университетского и регионального уровня [32, 11, 2]. Лишь в одном исследовании [18] было показано, что менее подготовленные игроки превосходили игроков более высокого класса, причем это относилось лишь к результатам процентного снижения скорости, что может быть связано с общей низкой надежностью данного параметра. Была выявлена высокая корреляция между процентным снижением времени повторных спринтов и частотой высокоинтенсивных действий, перемежающихся временем восстановления ≥ 20 с во время матчей. Кроме того, исследования показывают умеренную корреляцию между средней скоростью теста и временем восстановления между высокоинтенсивными действиями во время матчей [5]. Учитывая отсутствие заметной взаимосвязи между параметрами теста и частотой повторных спринтов высокой интенсивности во время реальных матчей, можно поставить под сомнение критериальную валидность подобных тестов, – необходимы дополнительные исследования с использованием аналогичного дизайна, чтобы сделать более надежные выводы относительно валидности данного критерия. Внутрисуточная валидность повторных спринтерских тестов также может быть поставлена под сомнение, поскольку такого рода тесты вызывают значительное утомление, что делает невозможным многократное тестирование в течение дня.

Надежность минимального времени отдельного спринта составила 0,88, при этом процентное снижение скорости как мера утомления было заметно менее надежным $\leq 46,0$ % [32, 11]. В качестве возможной причины низкой надежности можно рассматривать стратегию игроков по сохранению темпа в многоповторном тесте.

Использование повторных спринт-тестов подвергалось критике со стороны некоторых авторов [14, 13]. Их критика основана на значительных корреляциях между минимальным временем, средним временем и общим временем выполнения тестов, с одной стороны, и результатами одиночных линейно-спринтерских тестов, с другой. Кроме того, низкая надежность показателей утомляемости, таких как процент снижения скорости, ставит под сомнение дополнительные преимущества, получаемые от повторных спринтерских тестов по сравнению с линейными. Тем не менее, основываясь на отдельных исследованиях, повторные спринтерские тесты, различающиеся по количеству повторений, дистанции за повторение и фазам восстановления, обладают приемлемым уровнем конструктивной валидности и высоким уровнем надежности для тестирования способностей к повторным спринтерским нагрузкам по всем параметрам, кроме процентного снижения результатов.

Спринтерские тесты со сменой направления

В спортивной практике применяется множество спринтерских тестов со сменой направления. Некоторые из этих тестов содержат в своем названии слово «ловкость» (например, «Иллинойский бег на ловкость», «Т-тест на ловкость»), однако данные тесты не включают какой-либо реакции на стимул. Поэтому их все же следует классифицировать как спринтерские тесты со сменой направления. Спринтерские тесты со сменой направления различаются по общей дистанции (10–60 м), по количеству (1–9) и углам (45–270°) смены направления. Часто применяемый тип теста включает в себя челночные спринты, когда игроки бегут к линии, меняют направление на 180° и бегут обратно. Кроме того, распространены тестовые установки с использованием зигзагообразных или слаломных моделей. К числу наиболее популярных тестов следует отнести тест 505, иллинойский и Т-тест.

Конструктивная валидность спринтерских тестов со сменой направления оценивалась в ряде исследований, при этом, как в линейных и повторных спринтерских тестах, игроки более высокого уровня показывали лучшие результаты в подавляющем большинстве исследований. Результаты были получены при сравнении основного и запасного составов игроков в профессиональных командах [27], профессиональных и любительских командах [21], игроков высшего и региональных дивизионов, взрослых спортсменов и юниоров профессиональных клубов [24]. Аналогичные результаты были получены в тестах, когда от игроков требовалось ведение мяча слаломным или зигзагообразным образом [17].

В значительном количестве исследований сообщалось о надежности различных спринтерских тестов с изменением направления движения как внутри одного дня, так и в течение нескольких дней – коэффициент надежности более 0,75 [19, 2].

Аналогичная надежность была продемонстрирована в исследованиях, включавших в тест ведение мяча [7]. Как и в случае с линейным спринтерским тестированием, спринтерский тест со сменой направления с использованием глобальной системы позиционирования оказался менее надежным, что подтверждает обоснованность использования соответствующих технологий синхронизации во время тестирования скорости.

Значительное количество спринтерских тестов со сменой направления и большие различия в дизайне тестов свидетельствуют об отсутствии общепринятого «золотого стандарта». Популярные тесты, такие как тест 505 или Т-тест, используются в нескольких существенно различающихся модификациях. Например, фаза линейного спринта перед изменением направления на 180° в тестах 505 колеблется от 5 до 15 м, в Т-тесте различались общая дистанция (20–40 м), тип передвижения (спиной вперед, приставные шаги и др.), а также включение или исключение дриблинга мяча [13]. Несмотря на различающиеся модификации, все типы теста 505 и Т-теста оказались валидными и надежными. Хотя многие тесты, в том числе тест 505 и Т-тест, не модулируют реальную игровую обстановку, подтвержденная в ряде исследований валидность и надежность этих двух тестов для оценки спринтерских навыков со сменой направления позволяют их рекомендовать к применению.

Тесты на ловкость

С момента введения классического теста на ловкость (Шеппард и др.) для игровых видов спорта [28] этот тест был оценен и модифицирован для конкретных требований различных видов игр, включая футбол, баскетбол, нетбол, регби и др. Тесты на ловкость обладают высоким уровнем конструктивной валидности, четко различая уровень игроков, в то время как спринтерские тесты со сменой направления не могут продемонстрировать столь высокие показатели [11]. Данный факт объясняется превосходными навыками прогнозирования и принятия решений у игроков более высокого уровня [25]. Хотя методы анализа принятия решений во время тренировок и матчей более сложны, чем регистрация количества спринтов или максимальной скорости во время матчей, они уже применялись и могут служить основой для оценки критериальной валидности тестов на ловкость. Межвременная надежность тестов на ловкость характеризуется менее высокими показателями по сравнению с другими категориями тестов, что может быть связано со сложностью подобных тестов, предъявляющих высокие требования как к физическим, так и перцептивно-когнитивным качествам. Что касается используемых стимулов, в большинстве работ показано, что игроки или видеопоследовательности являются более релевантными стимулами, нежели мигающие огни, во всяком случае в отношении конструктивной валидности [25]. Это выглядит достаточно разумно, поскольку последние стимулы не позволяют игрокам более высокого уровня использовать свои навыки предвидения и принятия решений, а заставляют их просто реагировать на достаточно неспецифичный сигнал.

Комбинированные тесты

Этот вид тестов объединяет элементы двух или более из вышеупомянутых категорий. В большинстве исследований изучались предварительно запланированные повторные спринтерские тесты с изменением направления движения с ведением мяча или без него, в то время как в двух работах анализировались повторные спринтерские тесты со сменой направления в ответ на стимул. Таким образом, такого рода тесты включают в себя элементы повторных спринтерских тестов и спринтерских тестов со сменой направления, а иногда и тестов на ловкость. Как и в тестах с повторным спринтом, во время таких тестов обычно

фиксируется минимальное время, среднее время, общее время теста и процентное снижение времени пробега отрезков. Наиболее популярными были спринтерский тест Бенгсбо (модифицированный) [1] и повторный челночный тест [4]. Конструктивная валидность комбинированных тестов была подтверждена в подавляющем большинстве исследований для большинства рассматриваемых параметров. В частности, игроки более высокого уровня показали лучшие результаты, чем их коллеги более низкого уровня, при сравнении профессиональных и полупрофессиональных игроков, профессионалов и любителей, дублирующих и основных составов. Подобно результатам повторных спринтерских тестов, процентное снижение не всегда позволяло различать реальный уровень игры, в то время как по всем иным параметрам дифференцирующая способность тестов была высокой. Наиболее высокие корреляции были обнаружены между общим временем теста и параметрами матча, связанными с высокоскоростным бегом, при этом средние и высокие корреляции также наблюдались по отношению к общему расстоянию, пройденному игроками во время матчей [10]. Показатели межвременной надежности также были относительно высокими ($>0,75$) в большинстве исследований [10, 28]. При этом межвременная надежность процентного снижения ожидаемо оказалась значительно ниже [32]. Таким образом, общее и среднее время обладают наивысшей степенью валидности и надежности в отношении большинства тестов, включая спринтерский тест Бангсбо и повторный челночный спринтерский тест.

Заключение

Скоростные способности являются во многом решающим фактором, определяющим общую результативность во многих видах спортивной деятельности, в том числе спортивных играх. Поскольку большинство тестов скоростных способностей имеют относительно низкую общую дисперсию, они диагностируют достаточно независимые компоненты скоростных способностей. Следовательно, ни один тест не является универсальным и не может оценить все существенные аспекты скорости. По этой причине всестороннее исследование скоростных способностей должно охватывать все факторы, обуславливающие скоростные способности, и включать релевантные каждому из факторов категории тестов.

Линейно-спринтерские тесты на различных дистанциях (от 5 до 40 м) могут использоваться для тестирования ускорений и максимальной скорости. Данные тесты являются высококоррелированными с параметрами скорости, реально проявляемыми во время игры и обладают высоким уровнем надежности. Несмотря на критику, состоящую в том, что такого рода тесты не воспроизводят реальные условия спортивных состязаний, повторные спринтерские тесты с разным количеством повторений, различными дистанциями, а также типами и продолжительностью восстановления являются валидными и очень надежными инструментами оценки скоростных способностей. Однако все это относится к общему и среднему времени, продемонстрированному в подобных тестах, при этом к использованию процентного декремента следует относиться с осторожностью.

Большое количество исследований посвящено спринтерским тестам со сменой направления. Такие тесты резко различаются по общей дистанции, количе-

ству и углам изменения направления и зачастую не соответствуют реальным требованиям игровой деятельности. Тем не менее, ряд тестов, в том числе тест 505 и Т-тест, обладают высокой конструкционной валидностью и надежностью, что позволяет их рекомендовать в качестве эффективного средства диагностики.

Специальные тесты, направленные на тестирование ловкости, к сожалению, не нашли должного отражения в систематических и методологически корректных научных исследованиях. Хотя в настоящее время нет полной информации о достоверности тестов на ловкость, можно говорить о приемлемой, но несколько более низкой надежности по сравнению с другими категориями тестов на скорость. К диагностическим методикам оценки ловкости с приемлемой надежностью относятся тесты с использованием мигающих огней, видеопоследовательностей, а также тесты на основе использования игроков в качестве стимулов.

Комбинированные тесты включают в себя элементы двух или более категорий тестов скоростных способностей. Как правило, это тесты с повторным спринтом и сменой направления, иногда включающие элементы ловкости. Наивысшей степенью достоверности и надежности по общему и среднему времени обладают спринтерские тесты Бангсбо и повторный челночный спринтерский тест.

Таким образом, по большинству категорий тестов скоростных способностей отсутствует общепринятый «золотой стандарт», поэтому в зависимости от конкретных условий, практиками могут быть использоваться тесты, продемонстрировавшие высокую валидность и надежность, представленный в настоящем обзоре.

Источники:

1. Variation in football players' sprint test performance across different ages and levels of competition / C. Abrantes [et al.] // *Journal of Sports Science and Medicine*. – 2004. – Vol. 3. – P. 44–49.
2. Validity of the running repeated sprint ability test among playing positions and level of competitiveness in trained soccer players / A.R. Aziz [et al.] // *Int J Sports Med*. – 2008. – Vol. 29. – P. 833–838.
3. Application of the Copenhagen Soccer Test in high-level women players-locomotor activities, physiological response and sprint performance / M. Bendiksen [et al.] // *Hum Mov Sci*. – 2013. – Vol. 32. – P. 1430–1442.
4. The evaluation of soccer players performance on different repeated sprint testes: Training and testing implications / M. B. Brahim [et al.] // *Kinesiologia Slovenica*. – 2016. – Vol. 22. – P. 49–63.
5. Analysis of repeated high-intensity running performance in professional soccer / C. Carling [et al.] // *J Sports Sci*. – 2012. – Vol. 30. – P. 325–336.
6. Cotte, T. Isokinetic strength and sprint times in English premier league football players / T. Cotte, J. C. Chatard // *Biol Sport*. – 2011. – Vol. 28. – P. 89–94.
7. Carbohydrate ingestion improves performance of a new reliable test of soccer performance / K. Currell [et al.] // *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. – 2009. – Vol. 19. – P. 34–46.
8. Comparison of physical and technical performance in European soccer match play. FA Premier League and La Liga / A. Dellal [et al.] // *Eur J Sport Sci*. – 2011. – Vol. 11. – P. 51–59.
9. Dellal, A. Repeated sprint and change-of-direction abilities in soccer players: effects of age group / A. Dellal, D. P. Wong // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2013. – Vol. 27. – P. 2504–2508.
10. Di Mascio, M. The reliability, validity and sensitivity of a novel soccer-specific reactive repeated-sprint test (RRST) / M. Di Mascio, J. Ade, P. S. Bradley // *Eur J Appl Physiol*. – 2015. – Vol. 115. – P. 2531–2542.
11. Maximal Sprinting Speed of Elite Soccer Players During Training and Matches / L. Djaoui [et al.] // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2017. – Vol. 31. – P. 1509–1517.

12. Gabbett, T. J. The development of a test of repeated-sprint ability for elite women's soccer players / T. J. Gabbett // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2010. – Vol. 24. – P. 1191–1194.
13. Haugen, T. Physical and physiological testing of soccer players: why, what and how should we measure / T. Haugen, S. Seiler // *Sportscience*. – 2015. – P. 10–26.
14. The role and development of sprinting speed in soccer / T. Haugen [et al.] // *Int J Sports Physiol Perform*. – 2014. – Vol. 9. – P. 432–441.
15. Anaerobic performance testing of professional soccer players 1995–2010 / T. Haugen [et al.] // *Int J Sports Physiol Perform*. – 2013. – Vol. 8. – P. 148–156.
16. Speed and countermovement-jump characteristics of elite female soccer players, 1995–2010 / T. Haugen [et al.] // *Int J Sports Physiol Perform*. – 2012. – Vol. 7. – P. 340–349.
17. Multidimensional performance characteristics in selected and deselected talented soccer players / B. Huijgen [et al.] // *Eur J Sport Sci*. – 2014. – Vol. 14. – P. 2–10.
18. Yo-Yo IR2 testing of elite and sub-elite soccer players: performance, heart rate response and correlations to other interval tests / J. Ingebrigtsen [et al.] // *J Sports Sci*. – 2012. – Vol. 30. – P. 1337–1345.
19. Assessing Cardiorespiratory Fitness of Soccer Players: Is Test Specificity the Issue?: A Review / M. Jemni [et al.] // *Sports Med Open*. – 2018. – Vol. 4. – P. 28.
20. Keiner, M. Long-term strength training effects on change-of-direction sprint performance / M. Keiner // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2014. – Vol. 28. – P. 223–231.
21. Comparison of a new test for agility and skill in soccer with other agility tests / M. Kutlu [et al.] // *J Hum Kinet*. – 2012. – Vol. 33. – P. 143–150.
22. Specificity of jumping, acceleration and quick change of direction motor abilities in soccer players / A. Los Arcos [et al.] // *Kinesiology: International journal of fundamental and applied kinesiology*. – 2017. – Vol. 49. – P. 22–29.
23. Meylan, C. Quantifying Explosive Actions in International Women's Soccer / C. Meylan, J. Trewin, K. McKean // *Int J Sports Physiol Perform*. – 2017. – Vol. 12. – P. 310–315.
24. Fitness determinants of success in men's and women's football / I. Mujika [et al.] // *J Sports Sci*. – 2009. – Vol. 27. – P. 107–114.
25. Paul, D. J. Agility in Team Sports. Testing, Training and Factors Affecting Performance / D. J. Paul, T. J. Gabbett, G. P. Nassis // *Sports Med*. – 2016. – Vol. 46. – P. 421–442.
26. Paul, D. J. Testing strength and power in soccer players: the application of conventional and traditional methods of assessment / D. J. Paul, G. P. Nassis // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2015. – Vol. 29. – P. 1748–1758.
27. Physiological Characteristics of Projected Starters and Non-Starters in the Field Positions from a Division I Women's Soccer Team / F. G. Risso [et al.] // *Int J Exerc Sci*. – 2017. – Vol. 10. – P. 568–579.
28. Influence of the number of trials and the exercise to rest ratio in repeated sprint ability, with changes of direction and orientation / B. Ruscello [et al.] // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2013. – Vol. 27. – P. 1904–1919.
29. An evaluation of a new test of reactive agility and its relationship to sprint speed and change of direction speed / J. M. Sheppard [et al.] // *J Sci Med Sport*. – 2006. – Vol. 9. – P. 342–349.
30. Testing Battery for the Assessment of Fitness in Soccer Players / A. Turner [et al.] // *Strength and Conditioning Journal*. – 2011. – Vol. 33. – P. 29–39.
31. Wallace, J. L. Evolution of World Cup soccer final games 1966–2010. Game structure, speed and play patterns / J. L. Wallace, K. I. Norton // *J Sci Med Sport*. – 2014. – Vol. 17. – P. 223–228.
32. Repeated-sprint and change-of-direction abilities in physically active individuals and soccer players: training and testing implications / D. P. Wong [et al.] // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2012. – Vol. 26. – P. 2324–2330.
33. Agility and Change-of-Direction Speed are Independent Skills. Implications for Training for Agility in Invasion Sports / W. B. Young [et al.] // *International Journal of Sports Science & Coaching*. – 2015. – Vol. 10. – P. 159–169.

КОНТРОЛЬ УРОВНЯ СКОРОСТНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ В СЛОЖНОКООРДИНАЦИОННЫХ ВИДАХ СПОРТА

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

На сегодняшний день в мире существует большое количество спортивных дисциплин. На начало 2022 года по официальным данным эта область состояла из более чем 200 тысяч наименований, и это число растет с каждым днем. Наиболее популярной категорией являются игровые виды спорта. Их аудитория и количество болельщиков не имеют себе равных. Не найдется в мире человека, который не знал бы о футболе, хоккее или баскетболе. Открытия мировых чемпионатов и финальные игры смотрят миллиарды зрителей и столько же занимаются на любительском либо профессиональном уровне. Для современного мира характерна высокая конкуренция между различными видами спорта, а секрет успеха любого вида спорта заключается в зрелищности. А зрелищность, в свою очередь, достигается за счет выступлений людей, достигших в своей работе высшей степени мастерства [1]. Хорошо отточенные движения, четкая последовательность и своевременная качественная смена элементов – все это обязательные условия соревновательного номера в сложнокоординационных видах спорта.

У некоторых авторов, проводивших исследования в области подготовки гимнасток, было выявлено, что зрелищный эффект достигается за счет исполнения упражнения гимнасткой, демонстрирующей быстроменяющиеся сложные по координации и композиционно грамотно сочетающиеся между собой элементы, создающие хореографический образ [2]. Из чего можно сделать вывод, что перед командой тренеров и гимнасток стоит важная задача – повышение уровня скоростных и координационных способностей спортсменок, что непосредственно влияет на итоговый балл выступлений и возрастающий интерес среди зрителей.

Независимо от того, что в настоящее время для такого вида спорта, как художественная гимнастика характерно активное развитие, процесс судейства соревновательных номеров осуществляется таким же образом, как и в самом начале пути, и является очень сложным (судейская коллегия состоит из 12 человек, которые делятся на три отдельные бригады, каждая из которых оценивает отдельный компонент выступления [3]) и субъективным (в выставлении оценок не используются технические средства, оценивающие качество работы гимнастки, а итоговый балл целиком зависит от мнения судей).

Несмотря на то, что существуют алгоритмы и система баллов для оценивания качества выполнения упражнений, в истории судейства соревновательных номеров бывали случаи оспаривания оценок со стороны тренерских составов, после чего судейская коллегия могла пересмотреть свое решение и либо изменить (как в большую, так и в меньшую сторону), либо оставить результаты прежними. Такая ситуация происходит из-за различных взглядов на одно и то же выступление спортсменок и того факта, что нет единственно правильного

метода оценивания. Такая же ситуация характерна и для тренировочной деятельности гимнасток.

На сегодняшний день пока не существует такого устройства, которое было бы способно оценить выполнение упражнения гимнасткой также детально и качественно, как высококвалифицированный судья с многолетним опытом. Однако если разбить сложный процесс подготовки будущих чемпионов на отдельные компоненты и использовать на определенных этапах подготовки на практике современные достижения научной мысли в области спорта, то можно добиться высоких результатов. Согласно требованиям, предъявляемым к проведению соревнований в художественной гимнастике, стандартный размер площадки должен составлять 14×14 м, и все это пространство должно быть по возможности задействовано в выступлении. В связи с этим, чтобы номер выглядел гармонично, у спортсменок должны быть на высоком уровне развиты скоростные способности и способности к ориентации в пространстве, одновременно с точным восприятием и вниманием к работе с предметами.

Любые физические способности нужно совершенствовать до тех пор, пока их качественное выполнение не дойдет до автоматизма, и постепенно повышать уровень сложности. Так и любая тренировка, направленная на работу над скоростными и координационными способностями, будет полезна до тех пор, пока не появится чувство привыкания к текущему уровню сложности. Так, для оценки скоростных способностей можно использовать аппаратно-программный комплекс австралийской компании FusionSport – беспроводную систему тайминговых интерактивных ворот (включают два основных элемента: излучатель и отражатель) с возможностью моделирования различных двигательных тактических задач SmartSpeed [4].

SmartSpeed – это уникальная система тренировки, тестирования и развития реакции.

Беспроводные ворота (при включении образуется лазерный луч между излучателем и отражателем, который впоследствии необходимо пересечь спортсмену) удаленно контролируются беспроводным устройством и могут устанавливаться как в помещении, так и на открытом воздухе (рисунок). Специфика возможностей варьируется от обычного замера времени до моделирования тактических упражнений, где количество участвующих может достигать 30–40 человек. Кроме того, существует возможность работы в режиме реального времени мобильного приложения на мобильных устройствах iOS либо Android. До четырех пар ворот могут быть объединены вместе на одном мобильном устройстве, что позволяет создать до 8 контрольных точек отсчета. Гибкий протокол “Free-Timing” позволяет создавать различные варианты тестирований, в зависимости от целей и задач, а также учитывая специфику вида спорта.

Целью является выполнение заданий за минимальный промежуток времени одновременно с соблюдением правильной последовательности пересечения промежуточных ворот.



Рисунок – Аппаратно-программный комплекс SmartSpeed

Обычно соревнования проходят в условиях сильной конкуренции, высокого уровня волнения и ответственности для гимнасток. Учитывая все сбивающие факторы, не у всех и не всегда упражнение проходит так, как было запланировано, но потому как второй попытки правилами не предусмотрено, спортсменкам очень важно уметь быстро и своевременно реагировать на сложившиеся внешние обстоятельства. Для развития соответствующих качеств в системе SmartSpeed есть необходимая функция – оценка и развитие реакции, которая заключается в прохождении тестов, регистрирующих: время реакции и первого движения, время реакции на изменение направления движения, время на принятие решения, а также развивающих периферическое зрение [5]. Дополнительные устройства из комплекта **SmartSpeed Pro**:

- **SmartJump** – контактный мат со встроенными датчиками, позволяет производить измерения высоты, силы и времени прыжка;
- **SmartStart** – сканер для RFID браслетов, позволяет автоматически устанавливать текущего спортсмена, для этого спортсмен должен поднести свой браслет к сканеру;
- **SmartShox** – контактные датчики, позволяют производить измерение точности попадания;
- **StartPad** – система ручного старта;
- **SmartScore** – табло отображения данных;
- **SmartCapture NEXT** – система синхронизации с видео;
- **PC RFID** – система программирования браслетов с ноутбука.

Прыжковая подготовленность является одной из основных для спортсменок, специализирующихся в художественной гимнастике. Чем выше получится подняться у спортсменки, тем больше вероятность выполнить больше элементов в фазе полета, которые высоко ценятся судьями. Однако для гимнасток важно не только демонстрировать максимально высокие прыжки, но и уметь подстраивать высоту и момент приземления под музыкальное сопровождение и заданный темп. Из перечня дополнительных устройств, входящих в состав SmartSpeed Pro, присутствует прыжковая платформа SmartJump со встроенными датчиками, использование которой также будет полезным для оценки способностей гимнасток. Благодаря такому дополнению, становится возможным получить такие важные

параметры, как высоту и мощность отталкивания, время контакта с опорой, бесконтактное время и множество других показателей.

После выполнения тестов полученные временные показатели контрольных отрезков сохраняются на планшетном компьютере и в облачном хранилище, данные с которых можно перенести в MS Excel.

Обобщая все вышесказанное можно сделать вывод о том, что физическую подготовку всегда стоит разбивать на этапы, на каждом из которых нужно уделять больше внимания развитию конкретных физических качеств. А для того, чтобы понимать, с чем предстоит работать, и составлять план по развитию и совершенствованию определенных способностей, нужно иметь четкое представление о первоначальном уровне развития. Владея такой информацией можно понять, каким способностям стоит уделить внимание в большей мере. По завершении такого этапа тренировки есть смысл снова пройти промежуточное обследование, чтобы иметь представление об уровне эффективности тренировочной методики, тогда как далее можно будет отслеживать динамику, одновременно внося корректировки в тренировочную деятельность на основании полученных результатов. Говоря о спортсменках, специализирующихся в сложнокоординационных видах спорта, и, в частности, художественной гимнастике, важной составляющей являются скоростные и координационные способности, которые можно и нужно оценивать при помощи современных технических средств, которые на примере SmartSpeed Pro дают возможность тренироваться в условиях сложных тактических и двигательных задач и оперативно получать качественные результаты в режиме реального времени.

Источники:

1. Определение виртуозности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/81312>. – Дата доступа: 04.10.2022.
2. Сушина, А. И. Методика развития координационных способностей у гимнасток 7–9 лет в групповых упражнениях по художественной гимнастике / А. И. Сушина, Л. И. Лубышева. – Пермь : ФГБОУВО Пермский гос. гум.-пед. ун-т., 2018. – 71 с.
3. 2021–2024. Code of points federation international de gymnastique. – Lausanne : FIG Executive Committee, 2020. – 122 p.
4. Human Performance Optimization Software [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fusionsport.com>. – Дата доступа: 05.10.2022.
5. Возможности системы SmartSpeed [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://neuromed.by/store/smartspeed.html>. – Дата доступа: 05.10.2022.

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ: БИОИМПЕДАНСНЫЙ АНАЛИЗАТОР ОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И СОСТАВА ТЕЛА АВС-02 «МЕДАСС»

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

В глубокой древности появилось учение о пропорциях и составе тела, которое привлекло внимание антропологов, врачей, художников и скульпторов тех времен.

Скульпторы древнего Египта брали за единицу (модуль) измерения длину среднего пальца левой кисти, которая по канону укладывалась 19 раз по длине тела, высота стопы равнялась 1 модулю, пупок располагался на 11-м делении снизу и т. д. [1].

В настоящее время различают следующие методы определения состава тела [2]:

- 1) по принципу построения методов:
 - а) антропометрические (индекс массы тела, калиперометрия);
 - б) физические (подводное взвешивание, измерение объема, воздушная плетизмография, фотонное сканирование);
 - в) биофизические (изотопное разведение, инфракрасное отражение, определение естественной радиоактивности всего тела, ультразвуковой метод и т. д.);
- 2) по условию применения (полевые, амбулаторные, клинические, обслуживающие фундаментальные исследования);
- 3) по измеряемым показателям (денситометрия, измерение объема, гидрометрия и др.).

Известно, что большую популярность в медицине и диагностики спортсменов набирает биоимпедансный анализ состава тела (биофизический метод).

Считается, что первые исследования электрической проводимости биологических объектов совершил Д. Томсон в 1880 году [2].

Биоимпедансный анализ состава тела – это диагностический метод электрических сопротивлений тела человека (активное сопротивление R) и антропометрических данных (реактивное сопротивление X_c), благодаря которому можно оценить абсолютные и относительные значения параметров состава тела, метаболических коррелятов, резервные возможности организма и риски развития ряда заболеваний [3]. Материальным субстратом активного сопротивления в биологическом объекте являются жидкости (клеточная и внеклеточная), обладающие ионным механизмом проводимости. Субстратом реактивного сопротивления (емкостный компонент импеданса) являются клеточные мембраны. [4].

Для проведения биоимпедансного анализа состава тела применяют анализатор биоимпедансных обменных процессов и состава тела АВС-02 «МЕДАСС» (рисунок 1). На сегодняшний день производителем АВС-02 «МЕДАСС» является ООО НТЦ «МЕДАСС» [4].



Рисунок 1. – Анализатор биоимпедансный обменных процессов и состава тела ABC-02 «МЕДАСС»

Прибор подключается с помощью интерфейсного кабеля к порту USB персонального компьютера. В приборе обеспечена надежная изоляция обследуемого человека от электрической сети.

Программно-аппаратный комплекс дает оценку следующих характеристик [5]:

- жировая и безжировая массы;
- активные клеточная и скелетно-мышечная массы;
- объем общей и внеклеточной воды организма;
- процент жировой массы организма;
- диагностика причин избыточной массы тела и нарушения метаболизма;
- достаточность получения белков при потреблении пищи;
- правильность роста и развития у детей;
- распределение воды в организме;
- выявление признаков отклонений в организме.

Аппарат применяют в отделениях диетологии, реабилитации, интенсивной терапии. Его используют для коррекции фигуры, диагностики и в целях контроля физической подготовки спортсменов, а также для отслеживания роста и развития детей.

До проведения биоимпедансного анализа специалист проводит антропометрические измерения (масса, рост, обхват талии и бедер). Эти измерения и личные данные вносятся в программное обеспечение. Для удобства проведения анализа исследуемый человек ложится на кушетку спиной вниз. Далее крепятся одноразовые биоадгезивные электроды на руку и ногу (рисунок 2) [3]. Измерение проводится с использованием зондирующего тока низкой амплитуды.



Рисунок 2. – Схема расположения электродов

После окончательных замеров программа обрабатывает данные. Результаты исследований фиксируются как графический протокол, содержащий значения антропометрических индексов, оценки параметров состава тела и метаболических коррелятов, а также индивидуальные нормы параметров, рассчитанные по данным пола, возраста и роста пациента: (рисунок 3) [4].

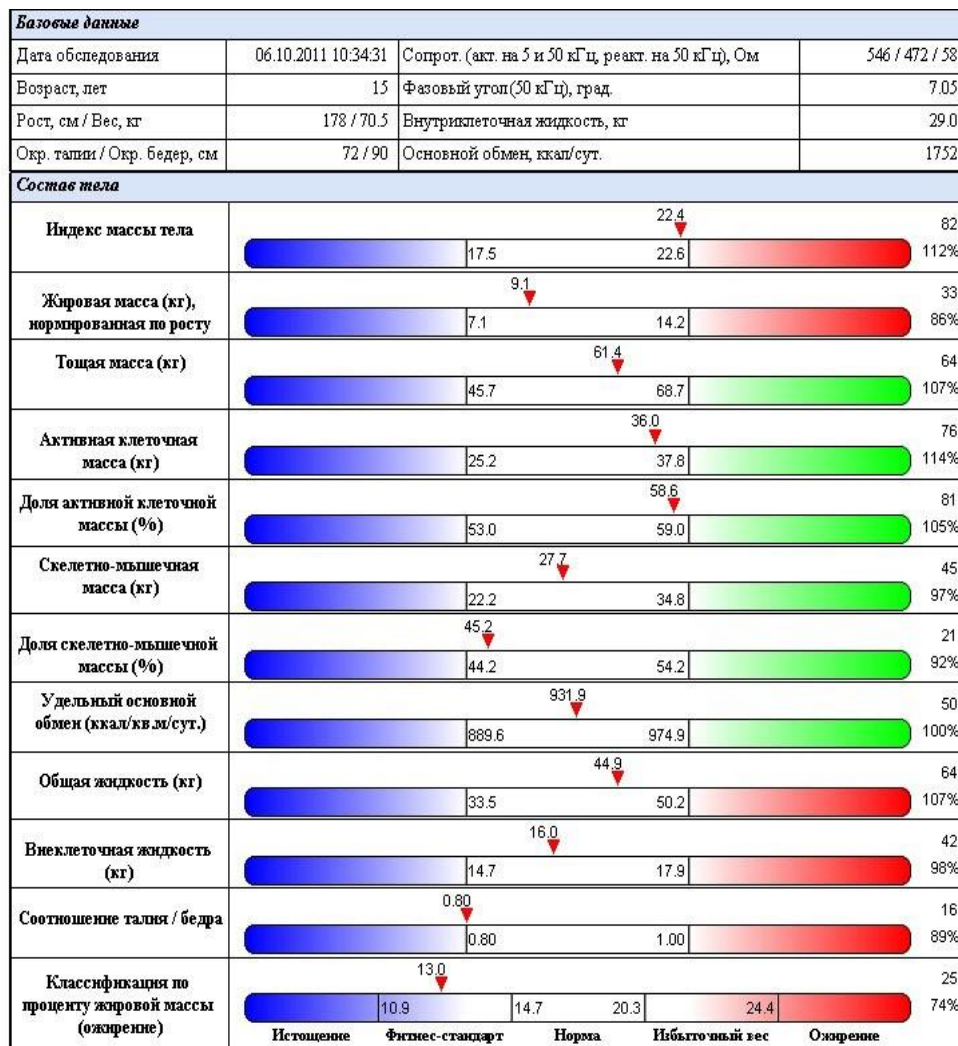


Рисунок 3. – Протокол состава тела

Повторные биоимпедансные обследования позволяют оценить эффективность курса лечения и скорректировать тактику терапии пациентов с различными заболеваниями, а в спортивной медицине – оценить эффективность тренировочного процесса и прогнозировать изменения физической работоспособности спортсмена во время пиковых нагрузок в соревновательный период или при вынужденном снижении физической активности после травм и заболеваний.

Помимо протокола состава тела, выводится динамический протокол, графический, групповой и другие.

Основными преимуществами использования АВС-02 «МЕДАСС» являются [5]:

- 1) точность и скорость получения результатов в течение нескольких минут;
- 2) возможность сравнить результаты исследования с эталонными параметрами или данными предыдущего обследования;

3) проведение обследований для лиц любого возраста и разного уровня физической подготовки;

4) программное обеспечение учитывает европейские и российские нормы состава тела.

По результатам исследований специалисты делают выводы о нормальной или нарушенной гидратации тканей, липидном и водно-солевом обмене, оценивают риск развития или наличия различных заболеваний, выбирают оптимальные упражнения и уровень физической нагрузки для восстановления или развития организма, а также проводят мониторинг результатов в течение всего периода работы [6].

Таким образом, можно сделать вывод, что биоимпедансный анализ является одним из самых эффективных и точных методов определения состава тела, диагностики заболеваний. Данный метод имеет высокую значимость для специалистов спортивной и медицинской сферы деятельности.

Источники:

1. Методы антропометрии // POZNAŲKA. – М., 2020. – Вып. 16. – С. 3.
2. Мартыросов, Э. Г. Технологии и методы определения состава тела человека / Э. Г. Мартыросов, Д. В. Николаев, С. Г. Руднев. – М. : Изд-во «Наука», 2020. – С. 39–102.
3. Николаев, Д. В. Биоимпедансный анализ: основы метода, протокол обследования и интерпретация результатов / Д. В. Николаев, С. Г. Руднев. – М. : Науч.-технич. центр «МЕДАСС», 2015. – 17 с.
4. Анализатор состава тела «МЕДАСС» ABC-02 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://medass.su/priboryi/>. – Дата доступа: 29.03.2017.
5. Каталог медицинского оборудования / Группа клиник эстетики и качества жизни GMT Clinic. – М. : Биоимпедансный анализатор ABC-02 «МЕДАСС», 2018.
6. Биоимпедансометрия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.lode.by/services/diagnostic/bioimpedansometriya/>. – Дата доступа: 15.06.2022.

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНОВ, ПРИМЕНИМЫЕ В УСЛОВИЯХ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ ЗАНЯТИЙ (НА ПРИМЕРЕ СПОРТИВНО-БОЕВЫХ ЕДИНОБОРСТВ): ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

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

Направление спортивной науки, связанное с научно-методическим обеспечением тренировочного процесса, в настоящее время продолжает активно развиваться. Для современной спортивной тренировки в спортивно-боевых единоборствах свойственны высокие физические и эмоциональные нагрузки, что предъявляет к организму спортсмена высокие требования, увеличивая опасность физического перенапряжения, развития состояния переутомления и перенапряжения (перетренированности). Поэтому совершенствование системы подготовки спортсменов высокой квалификации и достижение ими высоких результатов невозможно без комплексного контроля, который позволяет получать объективную информацию о различных компонентах подготовленности спортсменов (физической, технико-тактической, психологической, функциональной).

Важнейшим условием успешности спортивной подготовки является своевременное получение объективной информации об уровне физической подготовки спортсмена и функциональных возможностях его организма. Установление количественных показателей, характеризующих уровень различных сторон подготовленности спортсмена, происходит посредством использования различных видов контроля. Целью контроля физического состояния спортсменов является повышение эффективности спортивной тренировки путем объективизации данных на основе оценки уровня развития двигательных способностей и спортивно-технического мастерства (педагогический контроль), функционального состояния организма спортсмена (медико-биологический контроль).

Для осуществления комплексной оценки физического состояния в зависимости от задач контроля могут оцениваться различные показатели:

- уровень развития двигательных качеств;
- уровень технико-тактической подготовки;
- результативность соревновательной деятельности;
- состояние отдельных органов и функциональных систем организма, обеспечивающих эффективную соревновательную деятельность;
- реакция организма спортсмена на тренировочные нагрузки;
- оценка протекания процессов утомления и восстановления;
- показатели тренировочной нагрузки и соревновательной деятельности.

Одной из основных задач контроля физического состояния спортсменов является рациональный подбор комплекса тестов, которые должны объективно отражать оцениваемые качества и способности; быть доступными; естественно

вписываться в тренировочный процесс, не нарушая его организации и не вызывая неблагоприятных психоэмоциональных реакций; всесторонне оценивать подготовленность спортсменов в соответствии с данными о ее структуре.

Педагогический контроль предполагает оценку уровня развития двигательных способностей (скоростных, силовых, гибкости, выносливости, координационных способностей) атлета и уровня специальной подготовленности и проводится в соответствии с рекомендуемыми тестами и нормативными показателями. Медико-биологический контроль осуществляется для оценки динамики физического развития и функционального состояния организма, переносимости тренировочных нагрузок, выявления факторов, лимитирующих работоспособность.

Таким образом, при использовании совокупности методов педагогического и медико-биологического контроля можно оценить физическое состояние организма спортсменов и определить факторы, лимитирующие эффективное выполнение учебно-тренировочных нагрузок и соревновательной программы в спортивно-боевых единоборствах.

Педагогический контроль

Физической подготовкой спортсмена принято называть воспитание его физических качеств, проявляющихся в двигательных способностях, необходимых в спорте. Специфическое содержание физической подготовки составляет воспитание силовых и скоростных способностей, выносливости, ловкости и гибкости. В целом эта сторона спортивной подготовки в большей мере, чем другие, характеризуется физическими нагрузками, воздействующими на морфофункциональные свойства организма и направляющими тем самым его физическое развитие. Физическая подготовка подразделяется на общую и специальную.

Под общей физической подготовкой спортсмена обычно понимают процесс гармонического развития двигательных качеств без учета специфики вида спорта и создания функциональной основы организма, которые необходимы для эффективного выполнения программы многолетней подготовки и развития специфических для вида спорта двигательных качеств. Общая физическая подготовка предполагает повышение функциональных возможностей различных органов и систем организма, улучшение нервно-мышечной координации, повышение способности спортсменов к перенесению больших нагрузок, совершенствование способности к эффективному восстановлению после них. Специальная физическая подготовка направлена на развитие двигательных качеств, укрепление органов и систем, повышение их функциональных возможностей, развитие двигательных качеств применительно к требованиям избранного вида спорта.

Педагогический контроль является основным источником получения информации о состоянии функциональных возможностей различных органов и систем организма, результативности физической подготовки спортсменов, оценки эффективности средств и методов тренировки, определения динамики спортивной формы и прогнозирования спортивных достижений.

Задачами педагогического контроля являются: учет тренировочных и соревновательных нагрузок, определение различных сторон подготовленности спортсменов, выявление возможностей достижения запланированного спортивного результата. Основными методами педагогического контроля являются педагогические наблюдения и контрольные испытания (тесты), характеризующие различные стороны подготовленности спортсменов. Для оценки состояния подготовленности спортсменов проводятся контрольные испытания в форме тестирования или соревнований. При проведении тестирования следует обращать особое внимание на соблюдение требований инструкции и создание единых условий для выполнения упражнений для всех спортсменов. Тестирование проводят в соответствии с планом спортивной подготовки.

Для определения исходного уровня и динамики развития общей физической подготовленности (ОФП) занимающихся спортивно-боевыми единоборствами рекомендуется использовать следующий комплекс контрольных упражнений: прыжок в длину с места; подтягивание в висе на перекладине; сгибание и разгибание рук в упоре лежа (для групп начальной подготовки (НП) этот норматив входит в состав специальной физической подготовки (СФП); поднимание туловища из положения лежа на спине (общее количество раз для групп НП и количество раз за минуту для групп УТГ (учебно-тренировочных групп); наклон вперед сидя на полу (для групп НП и УТГ), бег на 1600 м [1, 2].

Для определения исходного уровня и динамики развития специальной физической подготовленности занимающихся спортивно-боевыми единоборствами рекомендуется в зависимости от этапа подготовки использовать следующий комплекс контрольных упражнений: челночный бег (10×10 м); выпрыгивание вверх с места; количество ударов по мешку; демонстрация базовых приемов, демонстрация индивидуального технического арсенала. Суммарная оценка уровня развития общей и специальной физической определяется посредством суммирования баллов (по 5-балльной системе) за все нормативы и последующего деления на количество нормативов (таблица 1) [1].

Таблица 1. – Комплексная оценка уровня развития физической подготовленности (общей и специальной)

Весовая категория спортсмена	Уровень развития физических качеств, балл			
	отличный	хороший	удовлетворительный	неудовлетворительный
Легкая	7 и более	5–6	3–4	2 и менее
Тяжелая	6 и более	4–5	2–3	1 и менее

Примечание: весовые категории определяются в соответствии с правилами соревнований.

Педагогический контроль включает также показатели тренировочной и соревновательной деятельности спортсменов (количество тренировочных дней, занятий, соревновательных дней, стартов).

В процессе подготовки спортсменов используются этапный, текущий и оперативный контроль. Задача этапного контроля – выявление изменений в состоянии спортсмена на протяжении относительно длительного периода тренировки. Текущий контроль характеризует тренировочный эффект нескольких занятий. Задача оперативного контроля – оценка эффекта одного тренировочного занятия. Выбор показателей контроля зависит от задач тренировки в тот или иной период проведения обследования.

Система комплексного контроля в процессе тренировки основывается на ряде методических положений. Первое из них – целевая направленность на высшее спортивное мастерство. Это значит, что относительные показатели использования своих возможностей, типичные для спортсменов высших разрядов, должны служить ориентиром для определения нормативных требований к юным спортсменам. Второе методическое положение – установка на соразмерность в развитии физических качеств, т. е. обеспечение их должного соотношения. Реализация этого положения в контрольных показателях общей и специальной физической подготовки спортсменов состоит в том, что контрольные нормативы, определяющие уровень развития отдельных физических качеств спортсмена, должны находиться в оптимальном соотношении, характерном для данного этапа многолетней тренировки.

В процессе комплексного контроля следует соблюдать следующие условия: всесторонний характер методов контроля, характеризующих различные стороны подготовки и состояния здоровья занимающихся; подбор методов контроля с учетом специфических особенностей вида спорта; ориентация на ведущие факторы соревновательной деятельности; сочетание контрольных показателей, являющихся базовыми для спортивного совершенствования, и показателей, характеризующих уровень физической подготовленности; использование наиболее информативных и доступных методов контроля; учет параметров тренировочных и соревновательных нагрузок.

Учет тренировочных показателей дает возможность тренеру проверить правильность подбора и использования средств, методов и форм осуществления процесса спортивной подготовки, выявить наиболее эффективный путь к повышению спортивного мастерства. Он позволяет следить за состоянием различных сторон подготовленности спортсменов, их физическим развитием, состоянием здоровья и т. д. Анализ данных учета дает возможность не только контролировать учебный процесс, но и при необходимости корректировать его структуру и содержание. Учету подлежат все стороны тренировочного процесса: оценка объема интенсивности, специфичности тренировочной нагрузки.

Оценка объема тренировочной нагрузки

Наиболее информативным параметром объема внешней нагрузки является время выполнения упражнений. Это положение основано на тесной взаимосвязи между временем выполнения упражнения и суммарной частотой сердечных сокращений за этот период. Временной параметр может быть взят за основу при определении общего объема нагрузки и в спортивно-боевых единоборствах, однако при этом вполне допустимо, что нагрузки в отдельных тренировочных или соревновательных упражнениях будут оцениваться и по другим параметрам (например, количество боев).

Оценка интенсивности тренировочной нагрузки

Для оценки общей величины и напряженности выполненной работы в спортивно-боевых единоборствах рекомендуется использовать шкалу, приведенную в таблице 2 [2].

Таблица 2. – Шкала оценки интенсивности тренировочной нагрузки по показателям ЧСС

Направленность тренировочной нагрузки	Интенсивность нагрузки	ЧСС		Оценка, балл
		уд/10 с	уд/мин	
Гликолитическая	Максимальная	32 и более	192 и более	20
		31	186	18
		30	180	16
Смешанная аэробно-анаэробная	Большая	29	174	14
		28	168	12
		27	162	10
		26	156	9
Преимущественно аэробная	Средняя	25	150	8
		24	144	7
		23	138	6
		22	132	5
		21	126	4
	Малая	20	120	3
		19	114	2
		18	108	1

По приведенным параметрам может быть рассчитана интенсивность как отдельного тренировочного занятия или дня, так и более длительных циклов. Чтобы оценить условный объем выполненной работы необходимо оценить интенсивность нагрузки и время, затраченное на выполнение упражнений. Также определяется интегральный показатель объема и интенсивности нагрузки тренировочного дня или микроцикла. Для определения средней ЧСС рекомендуется измерять пульс у спортсмена между 20-й и 30-й секундами после окончания работы или учитывать суммарные показатели работы сердца при использовании кардиомониторов.

Приведенные показатели могут быть полезны при планировании тренировочных нагрузок, так как с учетом ряда объективных закономерностей при практической реализации заданий (взаимовлияние нагрузок, остаточный тренировочный эффект предшествующих занятий) рамки приведенных параметров могут расширяться.

Оценка специфичности тренировочной нагрузки

Оценка объема и интенсивности нагрузки без учета ее специфики и взаимосвязи с содержанием основной соревновательной деятельности может существенно исказить объективную картину становления спортивного мастерства. Именно поэтому важно оценивать не только общую величину и напряженность выполненной работы, но и ее специфичность.

В практике подготовки взрослых спортсменов в спортивно-боевых единоборствах может использоваться следующая шкала увеличения ЧСС при выполнении тренировочной нагрузки:

- соревновательный бой (до 200 уд/мин) – 10 баллов;
- тренировочный спарринг (195–200 уд/мин) – 9 баллов;
- вольный бой (195–200 уд/мин) – 8 баллов;
- условный бой (191–195 уд/мин) – 7 баллов;
- упражнения на лапах, выполняемые в высоком темпе (186–190 уд/мин) – 6 баллов;
- упражнения на мешке в высоком темпе и упражнения с партнером, направленные на совершенствование техники (176–185 уд/мин) – 5 баллов;
- упражнения на настенной подушке и мешке (166–175 уд/мин) – 4 балла;
- на насыпной и пневматической груше (156–165 уд/мин) – 3 балла;
- имитационные упражнения (135–155 уд/мин) – 1–2 балла.

При другом подходе оценки тренировочной нагрузки все тренировочные средства подразделяются на подгруппы в соответствии с задачами тренировочного процесса.

В группу общеподготовительных средств включены спортивные игры, кроссовый бег, плавание и другие упражнения, служащие всестороннему функциональному развитию организма.

Во второй группе объединены средства СФП, соответствующие по содержанию соревновательной деятельности по режиму работы организма и способствующие повышению энергопотенциала, необходимого для совершенствования технико-тактического мастерства (упражнения с отягощениями, на тренажерах, прыжковые упражнения, бег в специфических переменных режимах работы и отдыха и др.).

В третью группу входят специально-подготовительные упражнения, включающие элементы соревновательной деятельности и приближенные к ним по форме, структуре, характеру проявляемых качеств и деятельности функциональных систем организма (упражнения на мешке, лапах (других снарядах), броски манекена, имитационные упражнения).

В четвертую группу входят собственно соревновательные упражнения (тренировочные и соревновательные поединки, учебно-тренировочные задания с партнером). В этом случае интенсивность нагрузок в каждой подгруппе определяется отдельно, при этом может использоваться шкала, приведенная в таблице 2, или показания кардиомониторов.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод, что педагогический контроль является основным источником получения информации о состоянии функциональных возможностей различных органов и систем организма и результативности физической подготовки спортсменов, оценки эффективности средств и методов тренировки, определения динамики спортивной формы и прогнозирования спортивных достижений.

Выводы

Учитывая значительный рост спортивных достижений и высокий уровень конкуренции в спортивно-боевых единоборствах на мировой спортивной арене, поиск путей повышения результативности соревновательной деятельности является актуальным.

Важнейшим условием успешности спортивной подготовки является своевременное получение объективной информации об уровне физической подготовленности спортсмена и функциональных возможностях его организма. Установление количественных показателей, характеризующих уровень различных сторон подготовленности спортсмена, происходит посредством использования различных видов контроля. Целью контроля физического состояния спортсменов является повышение эффективности спортивной тренировки путем объективизации данных на основе оценки уровня развития двигательных способностей (педагогический контроль) и функционального состояния организма спортсмена (медико-биологический контроль).

Оценка уровня развития двигательных способностей позволяет оперативно оценивать эффективность выполняемой тренировочной программы и динамику физического состояния, своевременно вносить коррекцию в процесс подготовки, что в итоге повысит эффективность соревновательной деятельности спортсменов в спортивно-боевых единоборствах. Таким образом, при осуществлении педагогического контроля учебно-тренировочного процесса позволит повысить результативность соревновательной деятельности в спортивно-боевых единоборствах.

Источники:

1. Рукопашный бой : программа для специализированных учеб.-спорт. учр. / авт.-сост.: В. А. Барташ [и др.]. – Минск, 2009. – 172 с.
2. Таэквондо : учеб. программа для специализированных учеб.-спорт. учр. и средних школ–училищ олимпийского резерва / сост. О. О. Ермалович, Ю. Е. Суховицкая. – Минск : ГУ «Респ. учеб.-метод. центр физ. восп. населения», 2013. – 136 с.

Biomarkers of physical activity and exercise / G. Palacios [et al.] // Nutricion Hospitalaria. – 2015. – № 31 (3). – P. 237–244.

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.

Резюме

Традиционно биомаркеры представляли интерес в спорте для измерения работоспособности, прогресса в тренировках и для выявления перетренированности. В последние годы растет интерес к биомаркерам, направленным на оценку показателей состояния здоровья, которые могут изменяться под воздействием регулярной физической активности и занятий спортом. Значение или информативность биомаркера зависит от многих факторов, таких как тренировочный статус, степень усталости, тип, интенсивность и продолжительность физической нагрузки, а также возраст и пол спортсмена. Большинство биомаркеров получают измерениями показателей крови, мочи и слюны. Одним из основных ограничений, касающихся биохимических биомаркеров, является отсутствие нормативных значений биомаркеров крови, специально адаптированных к физически активным людям и спортсменам. Показатели могут значительно отличаться от нормальных физиологических диапазонов. Поэтому важно максимально адаптировать нормативные значения и регулярно контролировать каждого спортсмена, чтобы установить свою собственную нормативную шкалу. Другими полезными биомаркерами являются состав тела (в частности, мышечная масса, жировая масса, вес), физическая форма (функциональное состояние сердечно-сосудистой системы, сила, скорость реакции, гибкость), частота сердечных сокращений и артериальное давление. В зависимости от цели следует измерять один или несколько биомаркеров. Цель может быть разной, например, предназначаться для проведения исследований, анализа результатов тренировок или предотвращения рисков. В данной обзорной статье рассматриваются биомаркеры, используемые для определения степени физической подготовленности, хронического стресса, перетренированности, риска возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, окислительного стресса и воспаления.

Ключевые слова: физическая подготовленность; здоровье; работоспособность; биомаркер; кортизол.

История вопроса

Биомаркер (биологический маркер) – измеримое вещество, используемое в качестве индикатора биологического состояния для объективного определения физиологических или патологических процессов организма. В спорте биомаркеры являются ключевыми параметрами для оценки влияния физической нагрузки на различные системы, ткани и органы [1], которые позволяют определить степень

подготовленности, мышечного повреждения, гидратации/обезвоживания, воспаления, окислительного повреждения, усталости, перетренированности и т. д., облегчая оценку реакции организма человека на различных уровнях физической активности или тренировочного процесса. Биомаркеры могут быть использованы для измерения влияния тренировок на долгосрочную перспективу или достижения быстрого эффекта от физической нагрузки. Значение или концентрация биомаркера зависит от многих факторов, таких как статус подготовки субъекта, степень усталости, вид и продолжительность физической нагрузки, а также возраст и пол. Свою роль может сыграть и климат, в основном температура, влажность и скорость ветра. Физическую нагрузку можно классифицировать по продолжительности: около 20 секунд (потребность в анаэробной энергии до 90 %), от 20 секунд до 1 минуты (аэробная и анаэробная энергия) или более 1 минуты (аэробная энергия более 50 %). Интенсивность выполняемой нагрузки также влияет на концентрацию биомаркеров. Большинство измерений биомаркеров – это показатели крови, мочи и слюны. В элитных видах спорта предпочтение отдается неинвазивным образцам, таким как моча и слюна. Другими полезными биомаркерами являются состав тела (в частности, мышечная масса, жировая масса, вес), физическая форма (функциональное состояние сердечно-сосудистой системы, сила, скорость реакции, гибкость), частота сердечных сокращений и артериальное давление. В зависимости от цели измеряют один или несколько биомаркеров. Цель может быть различной: проведение исследований или наблюдение за результатами тренировок.

Интерес

Традиционно в спорте биомаркеры представляют интерес для измерения работоспособности, прогресса результативности в процессе тренировок и для выявления состояния перетренированности [2]. В последние годы растет интерес к биомаркерам, направленным на оценку показателей здоровья, которые могут изменяться под влиянием регулярной физической активности и занятий спортом [3]. Кроме того, большинство организаций здравоохранения поддерживают занятия физической активностью, поэтому оценка биологической реакции на физические нагрузки также необходима и спортсменам-любителям. В данной статье рассматриваются биомаркеры, используемые для определения степени физической подготовленности, хронического стресса, перетренированности, риска возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, окислительного стресса и воспаления.

Противоречие

Существуют противоречивые мнения относительно того, действительно ли биохимические биомаркеры полезны для мониторинга прогресса в тренировочном процессе и адаптации, и поэтому ряд тренеров не включают исследования биомаркеров в планы спортивных тренировок [2]. Меньше споров существует в отношении выявления причин возникновения состояния перетренированности, дефицита питательных веществ и т. д. К сожалению, не существует золотого стандарта для мониторинга большинства процессов, поэтому рекомендуется анализ нескольких биомаркеров.

Ограничения

Нормативные значения концентрации биомаркеров в крови, специально адаптированные для физически активных лиц и спортсменов, отсутствуют. Поэтому для большинства биомаркеров, обычно измеряемых в лаборатории, используются нормативные значения изготовителей реагентов. По мнению авторов, это может привести к неправильной классификации или неверной интерпретации результатов. Исследовательская группа в настоящее время работает над нормативными значениями, специально адаптированными для спортсменов разных видов спорта. Важно иметь в виду, что высококвалифицированные спортсмены могут иметь концентрации биомаркеров, которые будут считаться патологическими у нетренированных людей, даже с точки зрения общепринятой практики в гематологии и биохимии. Поэтому важно максимально адаптировать нормативные значения и регулярно контролировать каждого субъекта, чтобы установить свою собственную нормативную шкалу.

Текущее состояние и перспектива

Маркеры физической подготовленности

Физическая подготовленность – это набор признаков, которыми человек обладает или достигает, и это относится к способности человека удовлетворять различные физические потребности своей повседневной жизни и/или спортивной практики. В настоящее время уровень физической подготовленности является не только предиктором (прогностическим фактором) заболеваемости и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний [4], но и считается одним из наиболее важных маркеров здоровья, поскольку характеризует большинство функций организма (скелетно-мышечные, кардиореспираторные, гемоциркуляторные, психоневрологические и эндокринно-метаболические), участвующих в выполнении ежедневной физической активности и/или физической нагрузки [3]. Соответственно, при тестировании физической подготовленности фактически проверяется функциональное состояние всех этих систем. Физическая форма частично предопределена генетически, но она также может сильно зависеть от факторов окружающей среды, таких как физические нагрузки, малоподвижный образ жизни, вредные привычки и т. д.

Компоненты физической подготовленности можно дифференцировать между подходом, связанным со здоровьем, и подходом, связанным с работоспособностью, который в большей степени относится к спортивным навыкам, при этом компоненты, связанные со здоровьем, более важны для здоровья населения, чем компоненты, связанные со спортивными навыками [5]. Согласно Bouchard et al. [1], компоненты подготовленности человека, связанные со здоровьем, включают кардиореспираторный компонент (например, максимальную аэробную мощность или сердечную деятельность); мышечный компонент (например, сила, мощность или мышечная выносливость); двигательный компонент (например, скорость реакции, равновесие и координация); морфологический компонент (например, состав тела, плотность костной ткани или гибкость); и метаболический компонент (например, толерантность к глюкозе, метаболизм липидов и липопротеинов и характеристики окисления субстратов) [6]. Существуют многочисленные тесты для измерения физической подготовленности, начиная от методов самооценки с помощью простых





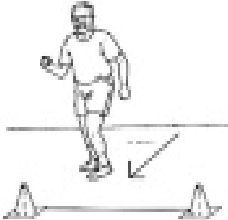
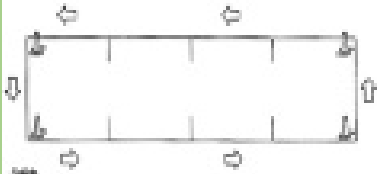
(полевых) проб и заканчивая более сложными лабораторными тестами. Можно выбрать другие способы измерений в зависимости от конкретных целей исследования и финансовых возможностей.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рассматривала максимальное потребление кислорода (VO_{2max}) в качестве лучшего показателя состояния кардиореспираторной системы [7], который можно оценить с использованием теста максимальной или субмаксимальной нагрузки (например, тесты на беговой дорожке или велотесты, ходьба на дистанции 2 км, челночный бег на дистанции 20 м, 6-минутный бег). Согласно мышечному компоненту, тест на мышечную силу кисти руки (динамометрия) является одним из наиболее используемых тестов для оценки мышечной подготовленности, являясь сильным предиктором заболеваемости и смертности [8]. Для оценки мощности, силы или скоростно-силовой выносливости у молодых, взрослых и пожилых людей используются динамические тесты на приседания и подтягивание на перекладине (bent-arm hand test). Скорость реакции, равновесие, скорость или координация включены в двигательный компонент. Скорость реакции – это сочетание скорости, равновесия, мощности и координации [3]. В число тестов, применяемых для оценки двигательной составляющей, входят спринтерский бег на дистанции 30 м и челночный бег 4×10 м для молодежи и ходьба на дистанции 30 м и 8-футовый тест для пожилых людей (8-футовый тест Up and Go, разработанный Рикли и Джонсом, измеряет силу, скорость, быстроту реакции и динамическое равновесие. Тест включает в себя вставание со стула, прохождение 8 футов вокруг конуса и возвращение на стул в кратчайшие сроки). Для измерения статического равновесия хорошим альтернативным тестом является сохранение равновесия стоя на одной ноге с открытыми или закрытыми глазами. Гибкость является морфологическим компонентом; тест «наклон вперед сидя на стуле» и «бэк скретч-тест» (англ. back scratch test) являются двумя проверенными методами измерения этого показателя (таблица 1).

Таблица 1. – Примеры модифицированных тестов, применяемых для оценки физической подготовленности пожилых людей

Название теста		Категория оценки	Описание
Сохранение равновесия в положении стоя на одной ноге		Статическое равновесие	Количество секунд, в течение которых тестируемый сохраняет равновесие на одной ноге. Максимально допустимая продолжительность испытания – 60 с
Подъем из положения сидя на стуле		Сила нижней части туловища	Количество полных стоек (подъемов) за 30 с с руками, скрещенными на груди

Окончание таблицы 1

Название теста		Категория оценки	Описание
Сгибание руки в локтевом суставе в положении сидя на стуле		Сила нижней части туловища	Количество сокращений бицепса за 30 с с отягощением
Наклон вперед из положения сидя на стуле		Гибкость нижней части туловища	Из положения сидя на стуле, одна нога вытянута вперед, руки тянутся к большому пальцу ноги; измеряется расстояние (см) между вытянутыми пальцами рук и большим пальцем ноги
«Скретч-тест» Соединить руки за спиной		Гибкость верхней части туловища	Одна рука сверху, а вторая снизу тянутся навстречу друг другу по спине; измеряется расстояние (см) между вытянутыми средними пальцами
8-футовый тест		Скорость реакции/динамическое равновесие	Количество секунд, необходимое для подъема из положения сидя на стуле, преодоления дистанции 2,45 м, поворота и возвращения в положение сидя на стуле
Ходьба на дистанции 30 м		Скорость ходьбы	Количество секунд, необходимое для прохождения 30-метровой дистанции
6-минутная ходьба		Аэробная мощность	Расстояние (м), пройденное на 46-метровой дистанции за 6 мин

Для использования в клинической практике необходимы нормативные значения для мужчин и женщин во всех возрастных группах. Наиболее важными исследованиями, которые предоставили нормативные значения для испанских и европейских подростков, являются исследования AVENA и HELENA [3], а также фитнес-тест Rikli & Jones и исследование EXERGY [9] для американских и испанских пожилых людей.

Маркеры хронического стресса и утомления

Кортизол

Кортизол – стероидный гормон, синтезируемый в коре надпочечников из холестерина ферментами цитохрома P450. Этот процесс происходит в соответствии с циркадным ритмом: в полночь уровень кортизола в крови очень низкий (иногда даже не удастся обнаружить), в течение ночи он повышается, достигая пика утром. Этот ритм регулируется главным циркадным осциллятором в супрахиазматическом ядре, которое находится в гипоталамусе [10]. Кортизол противодействует эффекту инсулина, значительно повышая уровень глюкозы в крови посредством стимуляции глюконеогенеза, метаболического пути, который синтезирует глюкозу из оксалоацетата. Наличие кортизола запускает экспрессию ферментов, критически важных для глюконеогенеза, способствуя увеличению продукции глюкозы. И наоборот, этот процесс также стимулирует синтез гликогена в печени, что снижает уровень сахара в крови. Таким образом, кортизол тщательно регулирует уровень глюкозы, циркулирующей в кровотоке: при истощении глюкозы в крови (например, во время голодания) кортизол обеспечивает базальную (минимальную) концентрацию глюкозы путем активации глюконеогенеза [11].

Кортизол демонстрирует другие метаболические функции. Среди прочих допускает правильную регуляцию pH внеклеточной жидкости: когда клетки теряют слишком много натрия, это ускоряет скорость выведения калия. Поэтому кортизол регулирует действие клеточных натрий-калиевых насосов для достижения ионного равновесия после дестабилизирующего процесса [11]. Ослабление влияния кортизола на иммунный ответ также было хорошо задокументировано. Клетки Т-лимфоцитов (Т-клетки) активируются молекулами цитокинов (интерлейкинами) через сигнальный путь. Кортизол препятствует специфическим рецепторам Т-клеток распознавать сигналы интерлейкина и снижает пролиферацию Т-клеток, что приводит к снижению воспалительного процесса. Таким же образом он уменьшает воспаление за счет ингибирования секреции гистамина. Способность кортизола предотвращать иммунный ответ может сделать людей, находящихся в состоянии хронического стресса, очень уязвимыми к инфекции [12].

Важно, чтобы надпочечники выделяли больше кортизола в ответ на психологический или физический стресс, но также принципиально, чтобы уровни кортизола возвращались к нормальным значениям после стрессового события. К сожалению, у некоторых спортсменов стрессовая реакция на интенсивные упражнения активируется так часто, что метаболические реакции не всегда имеют шанс вернуться к показателям нормы. Это может привести к проблемам со здоровьем, приводящим, среди прочего, к хроническому стрессу и усталости.

Тренировочная нагрузка, измеряемая с помощью рейтинга воспринимаемых нагрузок (RPE, Rating of Perceived Exertion) за тренировочную сессию, является субъективным методом количественной оценки нагрузки, выполняемой спортсменом. Результаты измерений, проведенные с помощью рейтинга воспринимаемых нагрузок (RPE) у 8 молодых элитных бегунов на средние дистанции в течение 8 недель, продемонстрировали, что данный показатель тренировочной нагрузки может выявлять состояния перетренированности [13]. Другим способом является

измерение показателя вертикального прыжка (countermovement jump, CMJ), который применяют в качестве индикатора нервно-мышечной эффективности и, следовательно, для оценки усталости у различных типов спортсменов. Наконец, кортизол слюны коррелирует с обеими физическими величинами [14]. Таким образом, измерение с помощью рейтинга воспринимаемых нагрузок (RPE), оценка вертикального прыжка (CMJ) и уровня кортизола слюны используются для мониторинга тренировочного процесса у различных типов спортсменов. Реакция кортизола слюны после физической нагрузки была различной и в значительной степени зависела от ее интенсивности. Например, сразу после высокоинтенсивной силовой нагрузки кортизол слюны показал значительное повышение на 97 % от базовых значений, в то время как при выполнении нагрузки очень низкой интенсивности реакция отсутствовала. В дополнение к интенсивности, другим фактором, который может влиять на реакцию кортизола в слюне, является тренировочный статус субъектов [16]. Высококвалифицированные спортсмены показывают обратную и значительную корреляцию с нервно-мышечными показателями. Kraemer et al. [17] в своем исследовании кортизола в группе высококвалифицированных футболистов в течение игрового сезона пришли к выводу, что спортсмены, начинающие сезон с повышенными значениями кортизола, могут показывать значительное снижение результативности в течение сезона. Аналогичные результаты были получены у бегунов на средние и длинные дистанции [18]. Спортсмены с высоким уровнем кортизола слюны, сохраняющимся в течение длительного времени, показали значительную тенденцию к демонстрации более низких показателей при выполнении вертикального прыжка (CMJ) в течение сезона. Однако когда корреляция изучалась за более короткий период времени, наблюдалась значительная положительная тенденция между бегунами с более высокими недельными концентрациями кортизола в слюне с более высокими показателями CMJ. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы объяснить эти противоположные тенденции в зависимости от времени проведения измерения.

Тестостерон

Тестостерон – это стероидный гормон, принадлежащий к группе андрогенов в организме человека, способствует увеличению мышечной массы и силы, повышению физической работоспособности и агрессии спортсменов, а также сокращению мышечного жира. Референсные значения (т. е. пределы нормы для здорового человека) составляют 300–1000 нг/дл для мужчин и 15–70 нг/дл для женщин. Непропорциональное повышение физиологического ответа на физическое напряжение вызывает увеличение секреции кортизола, который, в свою очередь, способен тормозить синтез тестостерона. Соотношение кортизола/тестостерона – показатель, используемый для измерения хронической усталости у спортсменов [16].

Маркеры перетренированности

Лактат

Мышцы всегда производят лактат, даже в покое (0,8–1,5 ммоль/л), но выработка лактата увеличивается с повышением интенсивности физической нагрузки. При определенной интенсивности уровень лактата увеличивается в геометрической прогрессии, который называют лактатным порогом. Он наступает в среднем

при концентрации лактата крови 4,0 ммоль/л. Чувство усталости появляется гораздо быстрее наступления лактатного порога; у хорошо тренированных спортсменов прилагаемые усилия чуть ниже этого порога могут поддерживаться часами. Такая тренировка позволяет поднимать лактатный порог до самого высокого генетического потенциала каждого спортсмена. Однако слишком большая нагрузка, выполняемая в пределах или выше лактатного порога, может привести к перетренированности. Таким образом, измерение лактата крови используется для определения не только лактатного порога, но также для выбора корректной интенсивности физической нагрузки и продолжительности восстановительного периода. Лактатное тестирование используется во всем мире исследователями и тренерами. Его можно рассматривать в качестве современного золотого стандарта для определения интенсивности физической нагрузки, и чтобы установить, оказывает ли тренировка желаемое физиологическое воздействие. Если коротко, сокращение мышц начинается с электрического импульса, посылаемого мозгом, который передается мышечным клеткам посредством ацетилхолина, освобожденного в синапсах мотонейрона. Это вызывает изменение в трансмембранном потенциале вследствие утечки ионов калия во внеклеточное пространство, позволяя ионам кальция выйти из эндоплазматической сети и, наконец, вызвать сокращение мышечного волокна. Но во время высокой интенсивности или долговременных упражнений ионы калия непрерывно просачиваются из мышечной клетки во внеклеточное пространство, вызывая эффект деполяризации в мембране, так как различие в заряде между внутренней и внешней клеткой уменьшается. Как следствие, прохождение электрического тока затрудняется и мышечные сокращения становятся более слабыми.

Креатинкиназа (креатинфосфокиназа, КФК)

КФК используется в качестве маркера травмы мышечного волокна. Концентрация КФК в крови увеличивается с ростом интенсивности и продолжительности нагрузки. В процессе тренировки происходит адаптация организма, приводящая к более низким уровням концентрации по сравнению с нетренированными лицами. Повышенные базовые показатели указывают на травму или перетренированность, и их концентрация может использоваться для контроля за деятельностью спортсменов, получивших травмы мышц [20] (таблица 2).

Креатинин

Этот метаболит является конечным продуктом метаболизма мышц. Это происходит вследствие расщепления креатина мышц в результате гидролиза креатинфосфата под действием креатинфосфокиназы (КФК). Клиренс креатинина в теле человека происходит почти исключительно клубочковой фильтрацией, которая является важным индикатором почечной функции. Почечное выделение, в отличие от мочевины, не зависит от диуреза. Концентрация креатинина в значительной степени является постоянной величиной у каждого индивидуума независимо от диеты, при этом мышечная масса является основным определяющим фактором. Обычно креатинин измеряется для оценки функции почек. В спортивной медицине креатинин, как правило, используется для оценки общего состояния здоровья спортсмена, но показатели нормы обычного населения не соответствуют этим показателям у спортсменов. Показатели нормы взрослых мужчин колеблются в пределах 0,7–1,3 мг/дл. У спортсменов уровни, как правило, высокие и зависят от физической

нагрузки, тренировочного периода (сезона), которые влияют на уровни креатинина, что может привести к ошибкам в интерпретации биохимических и гематологических показателей [2]. Не существует референсных показателей для спортсменов. Поэтому повышенный креатинин является, как правило, индикатором большой физической нагрузки или перетренированности, а не почечной патологии. Следует с осторожностью рассматривать концентрацию креатинина, так как при отсутствии почечного заболевания показатели могут повышаться до 1,4 мг/дл. Интерпретация показателей креатинина в каждом случае должна осуществляться индивидуально, принимая во внимание пол, возраст и вес спортсмена.

Таблица 2. – Тренировочный статус в зависимости от концентраций креатинкиназы

Концентрация креатинкиназы	Интерпретация
200UI	Адаптация к тренировкам
200–250UI	Высокие уровни тренировки
>300UI	Возможны перетренированность и повреждение мышц

Аммиак

У спортсменов накопление аммиака в крови зависит от интенсивности прилагаемых усилий. Во время физических упражнений двумя основными механизмами накопления аммиака являются ресинтез АТФ от распада фосфокреатина (ФК) и дезаминирование аминокислот. Повышение содержания аммиака связано с быстрым сокращением мышечных волокон. Поэтому анализ показателей аммиака может служить как маркером этого типа упражнений, так и маркером волокон интенсивного мышечного усилия. Нормальный диапазон содержания аммиака составляет от 15 до 45 мкг/дл. Повышенные уровни аммиака в крови указывают на физиологический ответ у спринтеров (исключительно анаэробный метаболизм), в то время как более низкие показатели характерны для бегунов на средние или длинные дистанции (преимущественно аэробный метаболизм) [21].

Лактатдегидрогеназа (ЛДГ)

ЛДГ – каталитический фермент, встречающийся в большинстве тканей организма, а именно в сердце, печени, почках, мышцах, клетках крови, мозге и легких. ЛДГ играет важную роль в анаэробном энергетическом метаболизме, восстанавливая пируват до лактата в конце гликолиза. При повреждении мышц или разрушении мышечных волокон уровни ЛДГ в сыворотке значительно повышаются. Кроме того, ЛДГ имеет множество изоферментов, специфичных для различных тканей, которые дают дополнительную информацию о происхождении повреждения мышц [20].

Мочевая кислота

Мочевая кислота является конечным продуктом метаболизма пурина, который увеличивается после интенсивных упражнений. Его концентрация должна быть стабильной в сезон соревнований. Повышенные уровни могут быть обусловлены интенсивной тренировкой, высокими потребностями в энергии и небольшим повреждением мышц в результате перетренированности. Повышение также может

быть связано с потреблением богатых пурином продуктов и пищевых добавок, а также с изменениями массы тела у спортсменов [2].

Мочевина

Мочевина в основном образуется в печени как изофермент распада белков (аминокислот). Нормальные концентрации мочевины в крови для оптимальных тренировочных нагрузок составляют 5–7 ммоль/л. Очень длительные тренировки вызывают повышение концентрации мочевины в крови, печени, скелетных мышцах, моче и поте. Используется как маркер катаболизма белка. Таким образом, измерение концентрации мочевины позволяет оценить степень использования белка в качестве энергетического субстрата, степень прилагаемых усилий во время соревновательной тестовой сессии, в частности, и перетренированности спортсмена [21].

Маркеры риска возникновения сердечно-сосудистых заболеваний

Гомоцистеин

Гомоцистеин представляет собой промежуточную сульфгидрил-содержащую аминокислоту, полученную из метионина. В метиониновом цикле метионин обращается к S-аденозилметионину и к гомоцистеину. Гипергомоцистеинемия (высокие уровни гомоцистеина в крови) может быть классифицирована в зависимости от его общей концентрации в сыворотке крови на три стадии: умеренная (для концентраций от 16 до 30 мкм/л), промежуточная (31–100 мкм/л) и тяжелая (для концентраций выше 100 мкм/л). Гипергомоцистеинемия может быть результатом нарушения метаболизма гомоцистеина, главным образом, при наличии дефицита фолиевой кислоты, витамина B₆ или витамина B₁₂, так как эти витамины являются коферментами нескольких регулирующих ферментов [22]. Гипергомоцистеинемия также может быть вызвана другими факторами, не зависящими от диеты, такими как генетические нарушения в метаболизме метионина и гомоцистеина, включая мутации в цистатионин-β-синтазе, метионинсинтазе и метилентетрагидрофолатредуктазе [21]. Повышенные уровни гомоцистеина связаны с несколькими расстройствами, такими как сердечные и цереброваскулярные заболевания [22], а также с нейродегенеративными заболеваниями, влияющими на центральную нервную систему, такие как эпилепсия, инсульт, болезнь Альцгеймера и деменция [23].

Существует несколько механизмов для объяснения токсичности гомоцистеина. В данной статье представлены два основных механизма. Первый связан с окислительным стрессом. Окисление тиольной концевой группы гомоцистеина, когда он связывает белки (путем образования дисульфидного мостика), низкомолекулярные тиолы плазмы или вторую молекулу гомоцистеина, приводит к увеличению продукции активных частиц. Эти свободные радикалы индуцируют последующее окисление белков, липидов и нуклеиновых кислот [24] и могут приводить к эндотелиальной дисфункции и повреждению стенки сосуда с последующей активацией тромбоцитов и образованием тромбов. Гомоцистеинилирование представляет собой второй основной механизм токсичности гомоцистеина и заключается в модификации белковой структуры за счет дисульфидной связи. Степень гомоцистеинилирования белка возрастает с увеличением гомоцистеина в плазме и вызывает иммунную активацию, аутоиммунный воспалительный ответ, клеточную токсичность, гибель клеток и усиленную деградацию белка [22].

Поскольку физическая активность способствует снижению сердечно-сосудистых факторов риска, а гомоцистеин является одним из таких факторов, теоретически он может быть использован в качестве биомаркера сердечно-сосудистого здоровья при занятиях физической активностью. Однако противоречивые и иногда неубедительные данные, полученные в результате ряда исследований, могут быть обусловлены выполнением различных видов физической нагрузки, ее интенсивностью, продолжительностью, с предварительной подготовкой или без нее и т. д. Недавнее исследование Iglesias-Gutierrez et al. [25] концентрации гомоцистеина в сыворотке при выполнении интенсивных упражнений показало увеличение в начале упражнений и последующее снижение в конце; базальное значение восстанавливается через 19 часов после завершения физической нагрузки. Длительный период восстановления гомоцистеина до начальных уровней, различия во времени сбора образцов после нагрузки могут объяснить расхождения в вариациях уровней гомоцистеина, описанные в литературе. Важным моментом, который следует учитывать, является максимальная концентрация гомоцистеина, достигнутая во время выполнения физической нагрузки, и то, как долго его высокая концентрация сохраняется в крови. В этом исследовании авторы не наблюдали какой-либо концентрации выше 15 мкмоль/л, верхнего предела нормального диапазона гомоцистеина, после которого он попадает в разряд гипергомоцистеинемии. Однако это не означает, что временное увеличение уровня гомоцистеина не имеет физиологической значимости. Метаанализ показал, что среднее увеличение гомоцистеина на 1,9 мкмоль/л повышает риск развития ишемического заболевания сердца на 16 % [26]. Однако увеличение риска сердечно-сосудистых заболеваний, наблюдаемое Wald et al. [26], относится к устойчивому повышению гомоцистеина на протяжении всей жизни человека, в то время как Iglesias-Gutierrez et al. [25] рассматривает подъем уровня гомоцистеина как ответную реакцию на непродолжительную нагрузку.

В недавнем обзоре влияния физической активности на уровни гомоцистеина авторы данной статьи подчеркнули, что высокая ежедневная физическая активность может помочь контролировать уровни гомоцистеина и, таким образом, снизить риск сердечно-сосудистых заболеваний [27]. Однако интенсивные и непродолжительные физические упражнения имеют тенденцию повышать уровни гомоцистеина крови [28]. Эффект аэробных тренировок более противоречивый: силовые тренировки, по-видимому, снижают уровни гомоцистеина, в то время как интенсивные тренировки повышают. Авторы предлагают провести дальнейшие исследования для изучения изменений в уровнях гомоцистеина, вызванных комбинированными программами упражнений (то есть аэробной и силовой).

Сердечный тропонин

Сердечный тропонин состоит из двух белковых комплексов (сTnI и сTnT), которые регулируют сократительную функцию мышц. Они присутствуют в скелетных и сердечных мышцах. Повышенная концентрация изоформ сердца (TnI и TnT) указывает на наличие мышечного повреждения сердца. Поэтому оба маркера являются полезными параметрами для оценки состояния сердца. Однако повышение концентрации изоформ сердца после интенсивных или длительных упражнений при отсутствии сердечных симптомов предполагает поражения мышц, обусловленные адаптацией к тренировочным нагрузкам.

Маркеры окислительного стресса

Малондиальдегид (MDA) и белковые карбонилы (БК)

Малондиальдегид (MDA) является маркером окислительной деградации клеточной мембраны, вызванной перекисным окислением липидов ненасыщенных жирных кислот. Белковые карбонилы (БК) происходят от окисления альбумина или других сывороточных белков и используются в качестве маркера окислительного повреждения белков. Контрольные пределы для БК составляют от 0,30 до 0,36 нмоль/мг. БК и MDA ниже у тренированных лиц. Увеличение может быть связано со стрессом, вызванным повышением тренировочных нагрузок, однако после адаптации к тренировкам концентрации снижаются и возвращаются к нормальным значениям.

Супероксиддисмутаза (СОД) и глутатионпероксидазы (ГП)

Это антиоксидантные ферменты, которые изменяются под воздействием физической активности. Силовая тренировка умеренно повышает активность ферментов [29].

Активные формы кислорода (АФК)

Появляется все больше доказательств того, что длительное присутствие высоких концентраций свободных радикалов способно стимулировать антиоксидантные ферменты и другие защитные механизмы. В этом контексте свободные радикалы могут рассматриваться как полезные, а не как вредные, поскольку они действуют как сигналы для улучшения защиты, когда клетки подвергаются воздействию высоких уровней АФК. Это связано главным образом с регуляцией эндогенных антиоксидантных ферментов, таких как глутатионпероксидаза, супероксиддисмутаза марганца (MnSOD) и γ -глутамилцистеинсинтетаза. Поэтому мы можем заявить, что тренировка (физическая нагрузка) увеличивает экспрессию антиоксидантных ферментов, которые, в свою очередь, продолжают снижать уровень АФК. Стимулированные высокие уровни АФК создают больше антиоксидантных ферментов, которые не способствуют окислению клеток организма [29].

Маркеры воспаления

С-реактивный белок

С-реактивный белок (СРБ) образуется в печени. Существует много стимулов, способствующих увеличению концентраций СРБ, таких как инфекция, травма, хирургическое вмешательство, хронические воспалительные состояния и т. д. В области спорта интенсивная физическая активность может вызвать повышение СРБ. Однако продолжительные тренировки приводят к снижению уровней СРБ по сравнению с исходным уровнем. Это связано с различными механизмами и процессами, происходящими во время адаптации организма к тренировкам (улучшение функции эндотелия, снижение продукции воспалительных цитокинов, антиоксидантные эффекты, повышение чувствительности к инсулину и т. д.). Более высокий уровень СРБ после тренировки указывает на отсутствие адаптации или состояние перетренированности, вероятно, вследствие окислительного стресса (воспаления). Однако после адаптации к тренировкам значения нормализуются [30].

Интерлейкин-6

Интерлейкин-6 (ИЛ-6) считается противовоспалительным цитокином, который регулирует острый воспалительный ответ. Рецепторы расположены в жировой ткани, скелетных мышцах и печени. ИЛ-6 увеличивает липолиз в жировой ткани и улучшает чувствительность к инсулину в печени, повышает гликогенолиз в скелетных мышцах. Интенсивные тренировки повышают концентрации ИЛ-6 в плазме до 100 раз, что указывает на благотворное влияние физических упражнений [30].

Лейкоциты

Лейкоциты (белые кровяные тельца) являются частью иммунной системы, которые вырабатываются в костном мозге и лимфоидной ткани. После синтеза они переносятся кровью в различные части тела. Фундаментальная ценность лейкоцитов заключается в том, что они специфически транспортируются в области, где есть воспаление, чтобы обеспечить быструю и сильную защиту от любого возможного возбудителя инфекции. Физические упражнения вызывают преходящий лейкоцитоз, величина которого напрямую связана с интенсивностью упражнений: он более выражен в ответ на максимальные физические нагрузки, а также у нетренированных или слабо тренированных людей. Повышенное значение лейкоцитов, вызванное физической нагрузкой, возвращается до нормальных значений в течение 24 часов.

Заключение

Биомаркеры являются полезными инструментами для оценки и мониторинга здоровья, статуса подготовленности и работоспособности. Поскольку в литературе существуют противоречивые мнения в отношении мониторинга процесса, который должен контролироваться, комбинация биомаркеров может быть полезной. Кроме того, существуют споры относительно того, какие параметры наиболее актуальны для мониторинга переутомления. Наиболее исследованными и применимыми к физическому переутомлению являются кортизол, лактат и ИЛ-6. Все большее значение приобретает также измерение параметров аммиака, лейкоцитов и окислительного стресса. Биомаркеры физического переутомления могут быть прогностическим инструментом для выявления субъектов, которые подвержены повышенному риску слабой адаптации к тренировкам. Физические упражнения, в частности, оказывают большое влияние на наиболее широко используемые биомаркеры воспалительных процессов, включая С-реактивный белок и интерлейкин-6. В дополнение к биохимическим биомаркерам, измерение компонентов физической подготовленности должно быть частью мониторинга прогресса и адаптации к тренировкам, так как хорошая физическая форма считается одним из наиболее важных маркеров здоровья человека.

Статья содержит 30 ссылок на источники литературы, с которыми можно ознакомиться по адресу: https://www.researchgate.net/publication/273952484_Biomarkers_of_physical_activity_and_exercise.

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