

Т.М. Брук, П.А. Терехов, А.А. Николаев

Корреляционная матрица выявления информативных показателей оценки функционального состояния, анаэробной работоспособности и физической подготовленности высококвалифицированных спортсменов

Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, Смоленск

Резюме. Рассматривается возможность выявления информативных маркеров оценки функционального состояния и специальной работоспособности высококвалифицированных многоборцев с помощью корреляционного анализа. Установлено, что значения относительной и взрывной силы большинства мышечных групп имеют прогностическую значимость в качестве критерия их физической подготовленности. Доказан приоритет разгибающей мускулатуры для достижения высоких спортивных результатов в легкоатлетическом десятиборье. Выявлено, что параметры анаэробного порога, определяемые по частоте сердечных сокращений, более связаны со спортивным результатом, чем значения анаэробного порога, определяемые по величине потребляемого кислорода. Выделены 5 групп показателей, которые имели сильную взаимосвязь со спортивным результатом в десятиборье. В первую группу вошли маркеры, характеризующие аэробные возможности организма: относительный уровень максимального потребления кислорода, анаэробный порог, легочная вентиляция, дыхательный коэффициент и жизненная емкость легких. Вторую группу составили параметры, отражающие скорость восстановления аэробных возможностей организма в течение 2 мин после окончания физической нагрузки: частота сердечных сокращений, дыхательный коэффициент, потребление кислорода и легочная вентиляция. В третью группу вошли значения энергетического обмена в центральной, правой и левой височных областях головного мозга, где расположены высшие центры двигательной и сенсорной систем, а также центры нисходящего пирамидного тракта, ответственного за выполнение произвольных движений. В четвертую группу вошли показатели, характеризующие фоновое психическое состояние, скорость и безошибочность переключаемости внимания, психоэмоциональную устойчивость. Пятую группу составили показатели вариационного анализа сердечного ритма, которые достоверно коррелировали с суммой очков в десятиборье.

Ключевые слова: относительная и взрывная сила, вариационный анализ ритма сердца, величина индекса напряженности регуляторных механизмов, мощность спектра колебаний, продолжительность кардиоциклов, максимальное потребление кислорода, уровень энергетического обмена, топография мышечной силы, психоэмоциональное состояние.

Введение. Изучение морфофункциональных характеристик, двигательных способностей и психических качеств, зависящих от типологических свойств нервной системы, как показателей, в определенной степени лимитирующих рост спортивных результатов, является одной из важнейших задач специалистов, занимающихся проблемами подготовки спортсменов, специализирующихся в легкой атлетике. Более того, специфика соревновательной деятельности в комплексных видах спорта предъявляет высокие требования именно к физической подготовленности атлетов [1, 2], так как легкоатлетические многоборья – это совокупность легкоатлетических дисциплин, в которых для мужчин в программу соревнований включено десять видов испытаний, для женщин – семь. И для эффективного выполнения данной работы спортсмен должен обладать разносторонней подготовленностью с акцентом на проявление скоростных, скоростно-силовых способностей и аэробной выносливости [3, 4, 6–8].

Принимая во внимание лишь фрагментарный характер исследований в многоборье, минимальное количество публикаций по оценке физической подготовленности атлетов [4–9], многие вопросы остаются открытыми или требуют пересмотра в свете современного уровня результатов.

Цель исследования. Совершенствование системы оценки физической подготовленности легкоатлетов-многоборцев на основе данных основных характеристик функционального состояния, психофизиологических свойств, специальной работоспособности и физической подготовленности с помощью корреляционного анализа.

Материалы и методы. В лаборатории кафедры биологических дисциплин Смоленской государственной академии физической культуры, спорта и туризма обследованы 18 высококвалифицированных атлетов летнего многоборья (8 мастеров спорта междуна-

родного класса и 10 мастеров спорта). В качестве критерия оценки уровня спортивных достижений учитывалась сумма очков в легкоатлетическом многоборье, показанная спортсменами на официальных соревнованиях в период с июня по август 2017 г.

Для определения анаэробных возможностей организма проводилась велоэргометрическая нагрузка на механическом велоэргометре «Ergomedic 894E Peak Bike» фирмы «Monark Exercise AB» (Швеция). Для выявления параметров системы внешнего дыхания и газового состава в выдыхаемом воздухе применялась система «Schiller» (Швейцария) с газоанализатором «Ganshorn Power Cube». Оценка активности различных структур головного мозга проводилась с помощью аппаратно-программного комплекса для топографического картирования электрической активности мозга «Нейро-КМ» (Россия). Анализ параметров двигательных действий осуществлялся на основе оптической

системы «Optojump next» фирмы «Microgate» (Италия). Кроме того, регистрировались вариационная пульсометрия, время реакции на движущийся объект, время простой двигательной реакции, подвижность и инертность нервных процессов в коре головного мозга, сила и слабость нервной системы, уровень активации и функциональная асимметрия полушарий головного мозга, а также психоэмоциональное состояние.

Статистическая обработка полученного материала проводилась с использованием программы Statistica 10.0. Статистическую значимость различий определяли с помощью критерия Стьюдента (при сравнении двух выборок). Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. У высококвалифицированных многоборцев-мужчин выявлено большое число сильных ($r=0,8$) корреляционных взаимосвязей

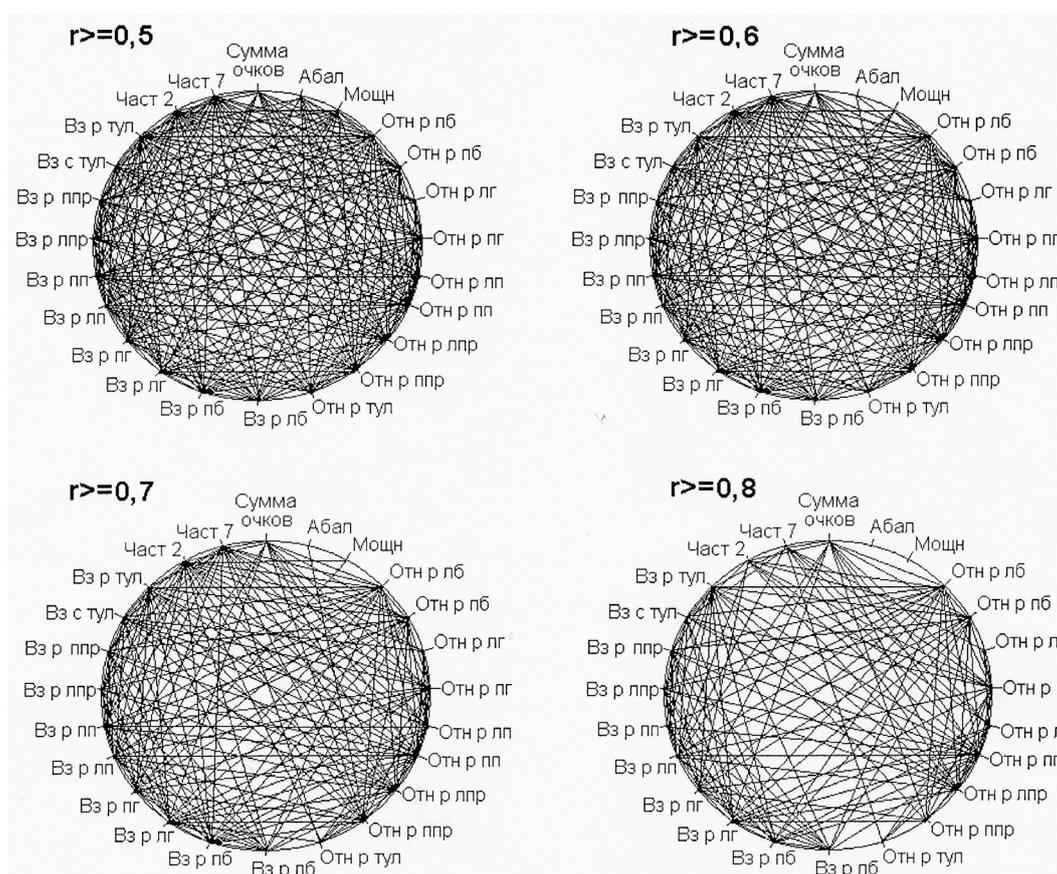


Рис. 1. Корреляционные плеяды показателей силовых и скоростно-силовых качеств у высококвалифицированных многоборцев-мужчин: Абал. – высота прыжка вверх по Абалакову; Мощн. – мощность, развиваемая в серии из 7 подскоков; Отн. р. лб. – относительная сила разгибателей левого бедра; Отн. р. пб. – правого бедра; Отн. р. лг. – левой голени; Отн. р. пг. – правой голени; Отн. р. лп. – левого плеча; Отн. р. пп. – правого плеча; Отн. р. лпр. – левого предплечья; Отн. р. ппр. – правого предплечья; Отн. р. тул. – туловища; Вз. р. лб. – взрывная сила разгибателей левого бедра; Вз. р. пб. – правого бедра; Вз. р. лг. – взрывная сила разгибателей левой голени; Вз. р. пг. – взрывная сила разгибателей правой голени; Вз. р. лп. – взрывная сила разгибателей левого плеча; Вз. р. пп. – взрывная сила разгибателей правого плеча; Вз. р. лпр. – взрывная сила разгибателей левого предплечья; Вз. р. ппр. – взрывная сила разгибателей правого предплечья; Вз. с тул. – взрывная сила сгибателей туловища; Вз. р. тул. – взрывная сила разгибателей туловища; Част. 2 – частота вращения педалей на велоэргометре с нагрузкой 2 кг на килограмм массы тела; Част. 7 – частота вращения педалей на велоэргометре с нагрузкой 7 кг на килограмм массы тела.

между значениями относительной и взрывной силы исследованных мышечных групп. На рисунке 1 представлены корреляционные плеяды на уровне «срезов» $r \geq 0,8$; $r \geq 0,7$; $r \geq 0,6$ и $r \geq 0,5$ для показателей силовых и скоростно-силовых качеств. Данный факт свидетельствует о совершенных механизмах управления двигательными действиями и расценивается как результат длительных и целенаправленных специализированных тренировок. Именно это обстоятельство и помогает спортсменам показывать высокие спортивные результаты в легкоатлетическом многоборье.

Наличие такого большого числа сильных взаимосвязей ($r=0,8$) свидетельствует об информативности значений относительной и взрывной силы большинства мышечных групп в качестве маркеров оценки физической подготовленности.

Установлено, что величина соподчиненности спортивного результата в десятиборье (сумма очков 7700–8000) со значениями относительной и взрывной силы мышц-разгибателей больше, чем для их антагонистов (мышц-сгибателей), что свидетельствует

о приоритете разгибательной мускулатуры для достижения максимальных величин в этом виде спорта (рис. 2).

Также высокие коэффициенты корреляции обнаружены для высоты вертикального прыжка по Абалакову и мощности, развиваемой спортсменами при выполнении серии из 7 подскоков.

На рисунке 3 представлены корреляционные плеяды на уровне «срезов» $r \geq 0,8$, $r \geq 0,7$, $r \geq 0,6$ и $r \geq 0,5$ для показателей энергетического обмена, скорости восстановительных процессов, психодиагностического исследования и вариационной пульсометрии, отражающие степень и тесноту их взаимосвязей.

Для определения прогностической значимости исследуемых показателей строилась «корреляционная модель» их соподчиненности с суммой очков в легкоатлетическом десятиборье (рис. 4).

Построение такой модели позволило выделить 5 групп параметров, имеющих тесную корреляционную взаимосвязь со спортивным результатом в десятиборье.

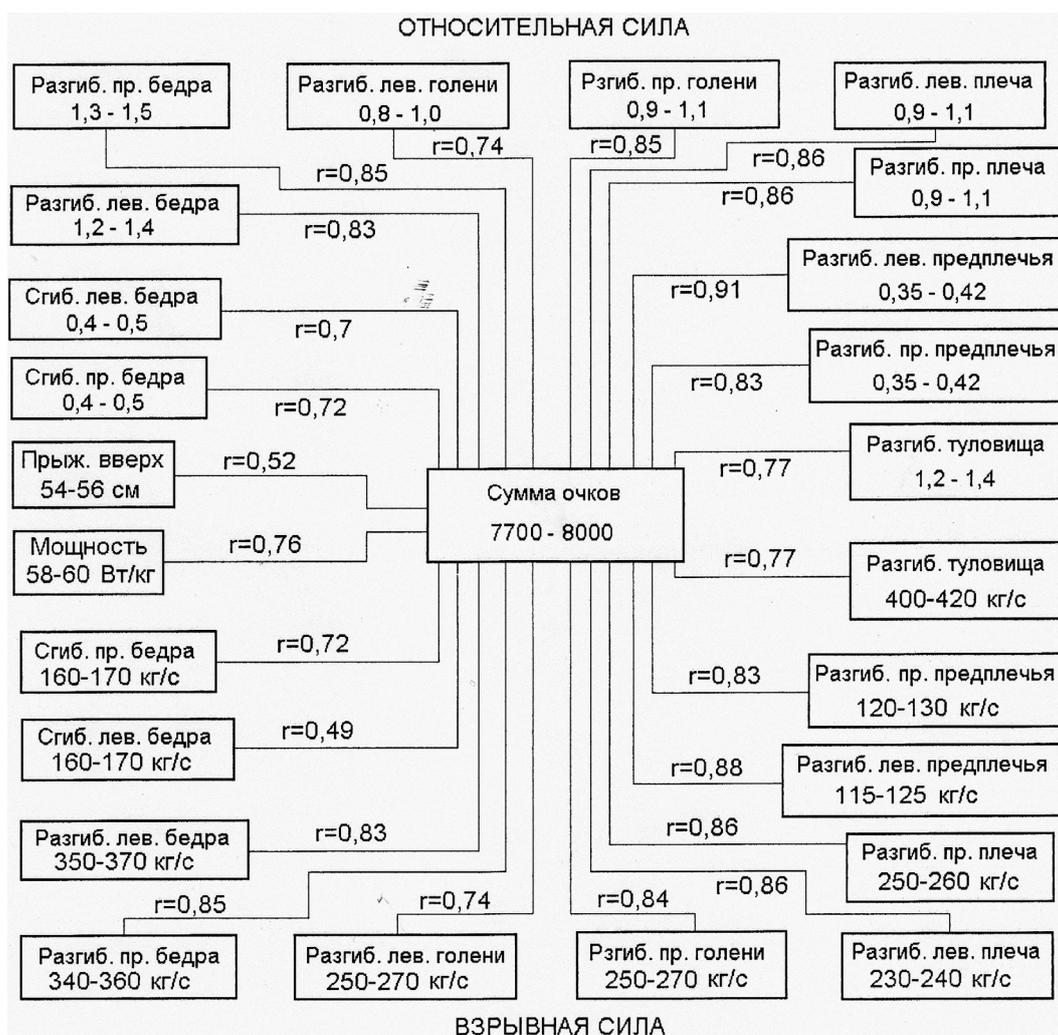


Рис. 2. «Корреляционная модель» взаимосвязей показателей относительной и взрывной силы отдельных мышечных групп со спортивным результатом у высококвалифицированных многоборцев-мужчин. Обозначения как на рисунке 1

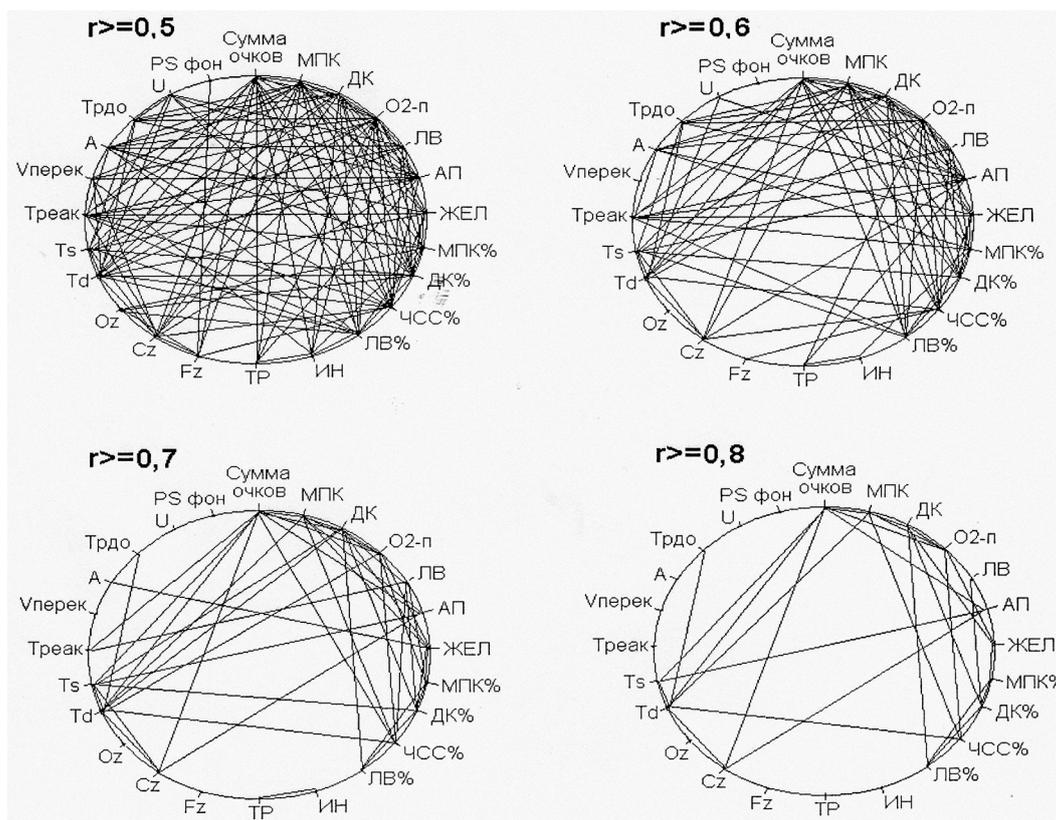


Рис. 3. Корреляционные плеяды показателей аэробных возможностей и функционального состояния организма у высококвалифицированных многоборцев-мужчин: МПК – максимальное потребление кислорода; ДК – дыхательный коэффициент при достижении МПК; O₂-пульс – кислородный пульс; ЛВ – легочная вентиляция при достижении МПК; АП – анаэробный порог по отношению к ЧСС в момент достижения МПК; ЖЕЛ – жизненная ёмкость легких; МПК% – потребление кислорода через 2 мин отдыха по отношению к МПК; ДК% – дыхательный коэффициент через 2 мин отдыха к уровню при достижении МПК; ЧСС% – частота сердечных сокращений через 2 мин отдыха к уровню при достижении МПК; ЛВ% – легочная вентиляция через 2 мин отдыха к уровню при достижении МПК; ИН – индекс напряженности систем регуляции ритма сердца; ТР – мощность спектра колебаний ритма сердца; уровень энергетического обмена: Fz – лобная область; Cz – центральная область; Oz – затылочная область; Td – правая височная область; Ts – левая височная область; Треак. – время реакции простой зрительно-моторной реакции; Вперекл. – скорость переключаемости внимания; А – безошибочность переключаемости внимания; Трдо – точность РДО; U – психоэмоциональная устойчивость; PS фон – психическое состояние (фоновое)

В первую группу вошли маркеры, характеризующие аэробные возможности организма: относительный уровень МПК, анаэробный порог, определяемый по ЧСС, легочная вентиляция, дыхательный коэффициент в момент достижения МПК, а также жизненная емкость легких.

Вторую группу составили параметры, отражающие скорость восстановления аэробных возможностей организма в течение 2 мин после окончания физической нагрузки: ЧСС ($r=0,76$), дыхательный коэффициент ($r=0,66$), потребление кислорода ($r=0,58$) и легочная вентиляция ($r=0,55$).

Третью группу в иерархии информативных маркеров обследуемых десятиборцев образовали значения энергетического обмена в центральной ($r=0,86$), правой ($r=0,92$) и левой височных областях головного мозга ($r=0,81$), где расположены высшие центры двигательной и сенсорной систем, а также центры

нисходящего пирамидного тракта, ответственного за выполнение произвольных движений.

В четвертую группу параметров, связанных с особенностями психической деятельности спортсменов, вошли показатели, характеризующие фоновое психическое состояние, скорость и безошибочность переключаемости внимания, психоэмоциональная устойчивость. Видимо, наличие таких признаков психики у спортсменов является важным компонентом спортивной одаренности в легкоатлетическом многоборье.

Пятую группу составили показатели вариационного анализа сердечного ритма, которые достоверно коррелировали с суммой очков в десятиборье. Среди таких параметров следует выделить индекс напряженности регуляторных систем организма (ИН, $r=-0,51$), общую мощность спектра колебаний ритма сердца (ТР, $r=0,59$), продолжительность сердечного

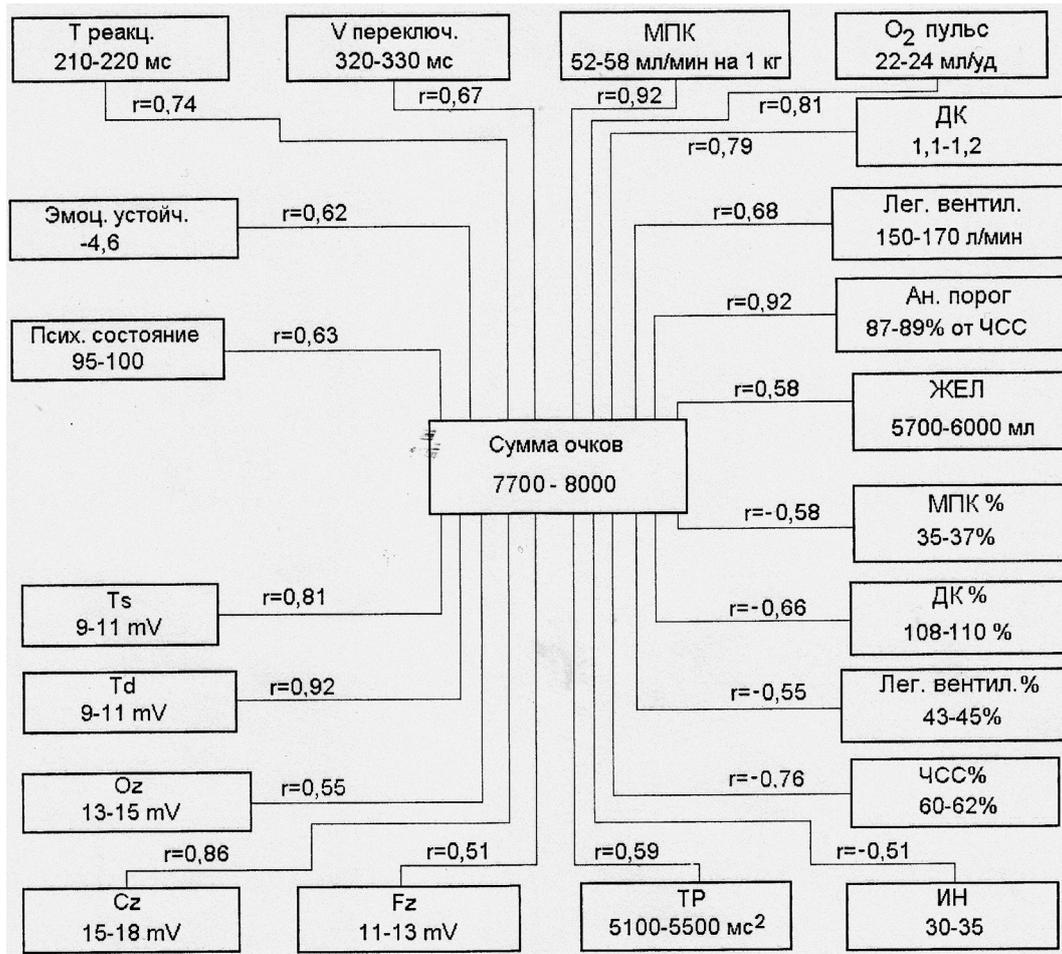


Рис. 4. «Корреляционная модель» взаимосвязей показателей аэробных возможностей и функционального состояния организма у высококвалифицированных многоборцев-мужчин. Обозначения как на рисунке 3.

цикла в состоянии относительного покоя (R-R, $r = -0,61$).

Заключение. Установлено, что наиболее информативными показателями оценки физической подготовленности многоборцев по результатам корреляционного анализа являются:

- уровень постоянных потенциалов отдельных областей коры головного мозга;
- величина индекса напряженности регуляторных механизмов, мощность спектра колебаний и продолжительность кардиоциклов;
- объем выделяемого при работе углекислого газа, легочная вентиляция, жизненная емкость легких, кислородный пульс, максимальное потребление кислорода, индекс Тиффно и объем форсированного выдоха;
- максимальная частота движений, абсолютная и относительная мощность, градиент прироста мощности и коэффициент выносливости;
- весь комплекс параметров оценки психоэмоционального статуса;
- показатели взрывной силы у мужчин-многобор-

цев, относительной и максимальной силы – у женщин-легкоатлетов;

- высота выпрыгивания по Абалакову; относительная мощность и высота в методике «7 подскоков».

Литература

1. Добрынская, Н.И. Моделирование соревновательной деятельности как основа индивидуализации построения многолетней подготовки в легкоатлетическом многоборье (женщины) / Н.И. Добрынская, Е.Н. Козлова // Наука в олимпийском спорте. – 2013. – № 10. – С. 31–37.
2. Комарова, А.Д. Качество подготовки спортивных резервов в легкоатлетическом многоборье / А.Д. Комарова, И.Л. Жуков, В.И. Лагошин // Научно-спортивный вестник. – 2005. – № 6. – С. 13–16.
3. Методические рекомендации по совершенствованию многолетней подготовки спортивного резерва в легкой атлетике / под ред. В.Б Зеличенка и [др.]. – М.: Центр развития легкой атлетики ИААФ. – 2016. – 543 с.
4. Оганджанов, А.Л. Управление подготовкой спортсменов в прыжковых видах легкоатлетических многоборий / А.Л. Оганджанов, В.П. Косихин // Теория и практика физической культуры. – 2009. – № 6. – С. 46–52.
5. Паскаль Э. Изменение уровня максимальных усилий нижних конечностей в процессе выступления в десятиборье /

- Э. Паскаль, Жан-Бено Морин, Пери Самозино // Вестн. ИААФ. – 2013. – № 3–4. – С. 19–35.
6. Полищук, В.Д. Рациональное соотношение применения соревновательных упражнений в системе годичной подготовки десятиборцев высокой квалификации / В.Д. Полищук, Е.К. Козлова // Олимпийский спорт и спорт для всех: Междунар. науч. конгр.: тез. докл. – Киев, 2010. – С. 36–48.
7. Черепякин, Р.С. Управление подготовкой высококвалифицированных десятиборцев в годичном цикле на основе информационной базы данных: автореф. дис. ... канд. пед. наук / Р.С. Черепякин. – М., 2014. – 24 с.
8. Шлык, Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов: монография / Н.И. Шлык. – Ижевск: Удмуртский университет, 2009. – 255 с.
9. Юшкевич, Т.П. Проблемы развития десятиборья / Т.П. Юшкевич, К.Л. Соболевский // Мир спорта. – 2006. – № 1. – С. 3–7.
-

T.M. Brook, P.A. Terekhov, A.A. Nikolaev

Correlation matrix for revealing informative indicators of functional state estimation, anaerobic working capacity and physical readiness of highly qualified athletes

Abstract. *The possibility of revealing informative markers for assessing the functional state and special working capacity of highly skilled multihorts by means of correlation analysis is considered. It is established that the values of the relative and explosive strength of most muscle groups have prognostic significance as a criterion for their physical fitness. The priority of extensor musculature for achieving high sports results in athletics decathlon is proved. It was found that the parameters of the anaerobic threshold, determined by the heart rate, are more related to the athletic result than the anaerobic threshold values determined by the amount of oxygen consumed. Five groups of indicators were distinguished, which had a strong relationship with the athletic result in the decathlon. The first group included markers that characterize the aerobic capacity of the body: the relative level of maximum oxygen consumption, anaerobic threshold, pulmonary ventilation, respiratory coefficient and vital capacity of the lungs. The second group consisted of parameters reflecting the rate of recovery of aerobic capacity of the body within 2 minutes after the end of physical activity: heart rate, respiratory, oxygen consumption and pulmonary ventilation. The third group included the values of energy metabolism in the central, right and left temporal regions of the brain, where the higher centers of the motor and sensory systems are located, as well as the centers of the descending pyramidal tract responsible for performing arbitrary movements. The fourth group included indicators characterizing the background mental state, speed and accuracy of the attentional set-shifting, psycho-emotional stability. The fifth group consisted of parameters of the analysis of the heart rate, which reliably correlated with the sum of points in the decathlon.*

Key words: *relative and explosive force, variational analysis of heart rhythm, magnitude of stress index of regulatory mechanisms, power of vibration spectrum, duration of cardiac cycles, maximum oxygen consumption, level of energy metabolism, muscular strength topography, psychoemotional state.*

Контактный телефон +7-915-658-47-64; e-mail bryktmcenter@rambler.ru