

М.Т.Бодеев, Р.Т.Бодеева, Е.М.Алимжанов, Г.И.Варавин

*Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова
(E-mail: marat_sport@mail.ru)*

Интегральные показатели работоспособности и тренированности у спортсменов, тренирующихся в различных биоэнергетических режимах

В статье отмечено, что интегральным показателем адаптации организма к напряженной мышечной деятельности является его работоспособность. Доказано, что уровень физической подготовленности спортсменов можно определить с помощью антропометрических и физических показателей. Выделено, что величины работоспособности наибольшие у спортсменов, тренирующихся преимущественно в аэробном режиме, наименьшие — у спортсменов с аэробно-анаэробной направленностью тренировочного режима. Определено, что вычисление индекса функциональных изменений можно рекомендовать для характеристики адаптационных возможностей организма спортсмена в спортивной практике.

Ключевые слова: спортсмены, адаптация организма, физическая подготовленность, работоспособность, биоэнергетический режим, срыв адаптации, потребление кислорода, индекс функциональных изменений.

Интегральным показателем адаптации организма к напряженной мышечной деятельности является его работоспособность, т.е. способность выполнять максимальную физическую работу.

В условиях напряженной мышечной деятельности функциональной основой роста уровня физической работоспособности человека является адаптация организма. Результат долговременной адаптации определяет потенциальную возможность организма выполнять большой объем физических нагрузок. При срочной адаптации к физической нагрузке результат работы зависит от резервных возможностей регуляторных механизмов и способности к их мобилизации. Предельные и околопредельные физические нагрузки, характерные для современного спорта, диктуют поиск новых способов управления тренировочной работой и повышением ее эффективности без необоснованного увеличения объема нагрузок [1].

Большинство последних исследований ориентировано на поиск путей повышения экономичности работы за счет как внешних, так и внутренних факторов окружающей среды — температуры воздуха, скорости ветра, парциального давления кислорода в воздухе [2–4].

В связи со сказанным нами исследованы показатели работоспособности и максимального потребления кислорода (МПК — VO_2max) у спортсменов высокого класса, тренирующихся в видах спорта преимущественно с аэробным, смешанным или анаэробным энергообеспечением.

Исследования проводились в течение 2-х лет с участием высококвалифицированных спортсменов Центра олимпийской подготовки (ЦОП) Карагандинской области. Обследование проходило в два этапа: в начале годового тренировочного цикла и перед началом соревнований. На первом этапе спортсменам ЦОП был предложен подобранный нами комплекс антропометрических, физиологических исследований, необходимый для характеристики исходного состояния тренированности и состояния здоровья атлетов.

Наши измерения показали, что наибольшая работоспособность по тесту PWC_{170} нами зарегистрирована в группе гребцов и легкоатлетов-стайеров (аэробное энергообеспечение): средняя величина максимальной работоспособности в этой группе у мужчин равна $2501 \pm 91,8$ кгм/мин (табл. 1), что достоверно выше на 35 % ($p < 0,001$), чем у мужчин, тренирующихся в анаэробном режиме, и на 66 % ($p < 0,001$), чем у спортсменов, тренирующихся в смешанном режиме.

Величины работоспособности женщин-спортсменок, измеренные нами по тесту PWC_{170} , оказались ниже, чем у мужчин аналогичных исследуемых групп: $1517 \pm 117,6$ кгм/мин (анаэробное энергообеспечение), $955,5 \pm 54,9$ кгм/мин (смешанное энергообеспечение), $1242 \pm 150,0$ кгм/мин (аэробное энергообеспечение). Обращает на себя внимание сравнительно низкая величина работоспособности у спортсменок, тренирующихся в аэробном режиме. Однако пересчет данного показателя на единицу массы тела нивелировал разницу в результатах. Мы получили следующие цифры: $21,4 \pm 1,4$ кгм/мин·кг⁻¹ (анаэробное энергообеспечение), $16,4 \pm 1,9$ кгм/мин·кг⁻¹ (смешанное энергообеспечение), $18,1 \pm 0,46$ кгм/мин·кг⁻¹ (аэробное энергообеспечение).

Показатели работоспособности, максимального потребления кислорода и адаптационного потенциала спортсменов высокого класса, тренирующихся в различных биоэнергетических режимах (М±м)

| Режим тренировки | PWC_{170} кгм·мин ⁻¹ | PWC_{170} кгм·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹ | МПК мл·мин ⁻¹ | МПК мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹ | ИФИ |
|--------------------|--------------------------------------|--|-----------------------------|---|-----------|
| Мужчины | | | | | |
| Анаэробный | 1853±79,9 | 23,0±1,3 | 4390±135 | 54,7±3,4 | 2,22±0,13 |
| Анаэробно-аэробный | 1501±49,9 | 18,35±0,24 | 3065±214 | 46,9±1,3 | 2,15±0,05 |
| Аэробный | 2501±91,8* ** | 25,9±0,49* ** | 3820±156 | 63,5±0,63 | 2,50±0,3 |
| Женщины | | | | | |
| Анаэробный | 1517±117,6 | 21,4±1,4 | 3820±191 | 54,1±3,59 | 2,04±0,19 |
| Анаэробно-аэробный | 955,7±54,9 | 16,4±1,9 | 2865±93, | 49,7±2,3 | 1,78±0,09 |
| Аэробный | 1242±150,0 | 18,1±0,46 | 3589±253** | 49,0±1,18 | 1,77±0,58 |

Примечание. Изменения статистически достоверны по сравнению: * — с анаэробным энергообеспечением ($p < 0,01$); ** — с анаэробно-аэробным энергообеспечением ($p < 0,025$).

Определение МПК по результатам теста PWC_{170} показало следующее. Самую высокую величину МПК мы получили у спортсменов (мужчины), тренирующихся преимущественно в анаэробном режиме — 4396±135,7 мл/мин, затем следует 3820±156,2 мл/мин у спортсменов, тренирующихся в аэробном режиме, и 3065±214,4 мл/мин — в смешанном. МПК у единоборцев достоверно ниже, соответственно на 43 % (анаэробный режим) и 25 % (аэробный режим). Перерасчет величины МПК на единицу массы тела изменил иерархию цифр: наибольший показатель оказался у спортсменов, тренирующихся на выносливость, — 63,5±0,63 мл/мин·кг⁻¹, затем у тяжелоатлетов — 54,7±3,4 мл/мин·кг⁻¹ и наименьший — у единоборцев — 46,9±1,3 мл/мин·кг⁻¹.

У женщин-спортсменок трех обследованных групп величины МПК оказались ниже, чем у мужчин, а именно: 3820±191,8 мл/мин (анаэробное энергообеспечение), 3589±253,6 мл/мин (аэробное энергообеспечение) и 2865±93,4 мл/мин (смешанное энергообеспечение). Из таблицы видно, что величина МПК у женщин, тренирующихся в режиме смешанного энергообеспечения, достоверно ниже на 33 % по сравнению с анаэробным энергообеспечением ($p < 0,025$) и на 25 % по сравнению с аэробным энергообеспечением ($p < 0,05$). Эти цифры повторяют закономерность, отмеченную у мужчин.

Результаты, полученные нами при измерении работоспособности и величин максимального потребления кислорода у элитных спортсменов, тренирующихся в различных режимах энергообеспечения, свидетельствуют о развитии у них высоких адаптационных возможностей организма к напряженной мышечной деятельности. Вместе с тем в состоянии адаптации организма к экстремальным факторам среды выделяют, чаще всего, три уровня: срочная (немедленная) стадия адаптации, долговременная (собственно адаптация) и дезадаптация (срыв адаптационных механизмов) [5]. У спортсменов дезадаптация проявляется в снижении спортивных результатов, хроническом утомлении, перетренировке, заболеваниях. Задача исследователей — уловить ранние признаки дезадаптационных перестроек в организме спортсмена с целью предотвращения срыва адаптации, ускорения восстановления после тяжелых мышечных нагрузок и разработки эффективных профилактических мероприятий.

В связи со сказанным нами был измерен индекс функциональных изменений (ИФИ) у обследуемых спортсменов. ИФИ отражает связь миокардиально-гемодинамического и структурно-метаболического гомеостазов. Сердечно-сосудистая система как чувствительный индикатор адаптационных реакций целостного организма первой реагирует на действие интенсивных мышечных нагрузок, является регулятором внутренней среды организма, поддерживая гомеостаз его органов и систем путем их адекватного кровоснабжения.

В группе спортсменов, тренирующихся преимущественно в анаэробном режиме, средняя величина ИФИ у мужчин равна 2,22±0,13 балла, у женщин — 2,04±0,19 балла. У единоборцев ИФИ также оказался аналогичным — 2,15±0,05 балла, у женщин этой же группы индекс функциональных изменений оказался величиной 1,78±0,09 балла, что достоверно ниже, чем у мужчин на 21 % ($p < 0,002$). Такую же среднюю величину ИФИ продемонстрировали женщины-спортсменки, тренирующиеся в аэробном режиме: 1,77±0,58 балла. Цифра среднестатистического ИФИ, вычисленного нами для

спортсменов-мужчин, тренирующихся преимущественно в аэробном режиме, оказалась равной $2,50 \pm 0,3$ балла.

По оценке авторов, уровень функционирования сердечно-сосудистой системы (адаптационного потенциала) по ИФИ до 2,59 балла отражает удовлетворительную адаптацию, от 2,60 до 3,09 — напряжение механизмов адаптации, 3,10–3,49 — неудовлетворительную адаптацию, 3,50 и выше — срыв адаптации [6].

Мы можем констатировать, что величины ИФИ у женщин-спортсменок достоверно ниже, чем у мужчин, а величины ИФИ отражают удовлетворительную адаптацию.

Анализ индивидуальных показателей работоспособности, МПК и ИФИ у обследуемых спортсменов показал следующее. Самый высокий уровень работоспособности (тест PWC_{170}) в группе спортсменов, тренирующихся преимущественно в анаэробном режиме, — 1949 кгм/мин и максимального потребления кислорода (МПК) — 4553 мл/мин продемонстрировал элитный спортсмен К.Д., хотя указанные величины, рассчитанные на единицу массы тела, оказались не самые большие (табл. 2). При этом ИФИ этого спортсмена равен 2,09 балла, т.е. К.Д. находится в стадии удовлетворительной адаптации.

Т а б л и ц а 2

Индивидуальные показатели работоспособности, МПК и адаптационного потенциала спортсменов высокого класса, тренирующихся в анаэробном режиме

| № | ФИО | PWC_{170} кгм·мин ⁻¹ | PWC_{170} кгм·мин·кг ⁻¹ | МПК мл·мин ⁻¹ | МПК мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹ | ИФИ |
|------------------------------|--------|--------------------------------------|---|-----------------------------|---|------|
| Анаэробное энергообеспечение | | | | | | |
| 1 | К.Д. | 1949 | 21,9 | 4553 | 51,2 | 2,09 |
| 2 | К.А. * | 1330 | 21,5 | 3501 | 56,5 | 1,84 |
| 3 | У.И. * | 1654 | 18,8 | 4052 | 46,1 | 2,51 |
| 4 | К.Н. * | 1742 | 22,9 | 4201 | 55,3 | 1,97 |
| 5 | М.В. | 1760 | 22,0 | 4232 | 52,9 | 2,16 |
| 6 | П.Ю. | 1850 | 25,0 | 4385 | 59,3 | 2,41 |
| 7 | С.С. * | 1344 | 22,4 | 3525 | 58,7 | 1,84 |

Примечание. * — женщины.

Состояние адаптационного потенциала организма пяти других спортсменов также соответствует указанной стадии: диапазон их ИФИ от 1,84 до 2,16 балла. У двух спортсменов (У.И. — 2,51 балла; П.Ю. — 2,41 балла) цифры ИФИ приближаются к отметке 2,60 балла, с которой фиксируется напряжение адаптационных механизмов. У этих же спортсменов более высокие значения работоспособности и максимума потребления кислорода: у П.Ю. — второй результат среди мужчин (1850 кгм/мин), у У.И. — первый результат среди женщин (1654 кгм/мин).

Интересно отметить, что из трех спортсменов, демонстрирующих самые высокие результаты по тесту PWC_{170} и определению МПК, спортсмен К.Д. находится в зоне удовлетворительной адаптации, а двое других — в зоне напряжения адаптационных механизмов. У этих двух спортсменов (У.И. и П.Ю.) мы регистрировали отклонения других измеряемых нами показателей, что в совокупности подтверждает вывод о состоянии у них напряжения механизмов адаптации.

Среди спортсменов, тренирующихся в смешанном энергетическом режиме (табл. 3), диапазон величин работоспособности по тесту PWC_{170} достаточно велик: от 977 кгм/мин до 1862 кгм/мин, однако пересчет на единицу массы тела такую разницу сглаживает ($19,2$ – $15,7$ кгм/мин·кг⁻¹). Самая большая величина работоспособности зарегистрирована у спортсмена К.Н., как в абсолютном, так и в относительном значении (1862 кгм/мин — $19,2$ кгм/мин·кг⁻¹). При этом у него же самая большая величина МПК — 4405 мл/мин, хотя в пересчете на единицу массы тела его опережает спортсмен А.А., у которого зафиксирована МПК, равная $51,3$ кгм/мин·кг⁻¹. Все спортсмены данной группы находятся в стадии удовлетворительной адаптации, ИФИ исчисляется от 1,95 до 2,30 балла.

Индивидуальные показатели работоспособности, МПК и адаптационного потенциала спортсменов высокого класса, тренирующихся в аэробно-анаэробном режиме

| № | ФИО | PWC_{170} кгм·мин ⁻¹ | PWC_{170} кгм·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹ | МПК мл·мин ⁻¹ | МПК мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹ | ИФИ |
|--------------------------------------|--------|--------------------------------------|--|-----------------------------|---|------|
| Аэробно-анаэробное энергообеспечение | | | | | | |
| 1 | Н.Н. | 1302 | 18,6 | 3453 | 43,3 | 2,13 |
| 2 | Л.С. | 1681 | 17,7 | 4098 | 43,1 | 2,21 |
| 3 | К.Н. | 1862 | 19,2 | 4405 | 45,4 | 2,29 |
| 4 | А.А. | 1080 | 18,0 | 3076 | 51,3 | 1,95 |
| 5 | Г.Г. | 1410 | 18,8 | 3637 | 48,9 | 2,04 |
| 6 | А.М. | 1673 | 17,8 | 4084 | 43,5 | 2,30 |
| 7 | Т.Ж. * | 977 | 15,7 | 2901 | 46,8 | 1,74 |

Примечание. * — женщины.

Данные спортсменов, тренирующихся в аэробном режиме, отражены на таблице 4. В данной группе мы зарегистрировали самые высокие величины работоспособности и показателей максимального потребления кислорода. Так, у спортсмена А. результат теста PWC_{170} равен 2728 кгм/мин, а МПК — 5878 мл/мин, хотя относительные величины этих показателей выше у спортсмена П.: 30,0 кгм/мин·кг⁻¹ и 66,9 мл/мин·кг⁻¹ соответственно. Вычисление индекса адаптационных изменений (ИФИ) показало, что у двух спортсменов (А. и Л.), показавших два первых результата по абсолютным значениям величин теста PWC_{170} и МПК, наблюдается стадия неудовлетворительной адаптации, их ИФИ равен 3,25 и 3,16 балла соответственно. Остальные спортсмены по показателю ИФИ имеют достаточный адаптационный потенциал.

Индивидуальные показатели работоспособности, МПК и адаптационного потенциала спортсменов высокого класса, тренирующихся в аэробном режиме

| № | ФИО | PWC_{170} кгм·мин ⁻¹ | PWC_{170} кгм·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹ | МПК мл·мин ⁻¹ | МПК мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹ | ИФИ |
|----------------------------|-------|--------------------------------------|--|-----------------------------|---|------|
| Аэробное энергообеспечение | | | | | | |
| 1 | З. * | 1452 | 17,5 | 3705 | 44,7 | 2,53 |
| 2 | В. * | 1097 | 18,6 | 3105 | 52,6 | 1,63 |
| 3 | А. | 2728 | 28,1 | 5878 | 60,6 | 3,25 |
| 4 | Г. | 2343 | 29,3 | 5224 | 65,3 | 2,20 |
| 5 | П. | 2340 | 30,0 | 5218 | 66,9 | 2,30 |
| 6 | Л. | 2593 | 28,2 | 5649 | 61,4 | 3,46 |
| 7 | Ив. * | 1176 | 18,1 | 3239 | 49,8 | 2,15 |

Примечание. * — женщины.

Таким образом, вычисление ИФИ можно рекомендовать для характеристики адаптационных возможностей организма спортсмена в спортивной практике, причем специфика тренировочных нагрузок существенно не отражается на данном показателе.

Величины работоспособности (по тесту PWC_{170}) и МПК наибольшие у спортсменов, тренирующихся преимущественно в аэробном режиме, наименьшие — у спортсменов с аэробно-анаэробной направленностью тренировочного режима; реакция сердечно-сосудистой системы оказалась наиболее выраженной у спортсменов, тренирующихся преимущественно в анаэробном режиме; при этом средние величины ИФИ во всех трех сравниваемых группах соответствуют удовлетворительной адаптации. У женщин-спортсменок показатели, характеризующие работоспособность и тренированность, ниже, чем у мужчин-спортсменов, однако полностью сохраняются закономерности, описанные для мужчин, тренирующихся в различных биоэнергетических режимах.

Список литературы

- 1 Коробейников Г.В. Функциональные резервы адаптации спортсменов в условиях напряженной мышечной деятельности // Современный олимпийский спорт и спорт для всех: Материалы VIII междунар. науч. конгр. — Алматы, 2004. — С. 68–71.
- 2 Sato et al. The effect of air temperature on maximal oxygen uptake // J. Anthropol. Soc. Nippon. — 1983. — Vol. 91. — P. 377–388.
- 3 Nadel E.R. Economy of Movement and Endurance Performance // Endurance in Sports. — Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1992. — P. 179–188.
- 4 Платонов Н.В., Булатова М.М. Гипоксическая тренировка в спорте // Hypoxia medical. — М., 1995. — С. 17–23.
- 5 Тнимова Г.Т. Состояние клеточных мембран при адаптации и дезадаптации к мышечной деятельности // Изв. МН-АН РК. Сер. биол. и мед. — 1999. — № 1. — С. 32–38.
- 6 Баяевский Р.М., Берсеньева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболевания. — М., 1997. — 83 с.

М.Т.Бөдеев, Р.Т.Бөдеева, Е.М.Әлімжанов, Г.И.Варавин

Әр түрлі биоэнергетикалық тәртіппен жаттығатын спортшылардың жұмыс істеу қабілеті мен жаттыққандықтарының интегралды көрсеткіштері

Мақалада ағзаның қарқынды бұлшықет жұмысына бейімделуінің интегралды көрсеткіші оның жұмыс істеу қабілетін айқындайтындығы дәлелденген. Спортшылардың дене дайындықтарын ағзаның антропометриялық және физиологиялық көрсеткіштерімен анықтауға болатындығы айтылған. Аэробты-анаэробты және анаэробты тәртіппен жаттығатын спортшылармен салыстырғанда аэробты тәртіппен жаттығатын спортшылардың жұмыс істеу қабілеті жоғары екендігі белгілі болды. Функционалдық өзгерістер индексі арқылы спортшы ағзасының бейімделу мүмкіндіктерін сипаттауға болады.

M.T.Bodeyev, R.T.Bodeyeva, E.M.Alimzhanov, G.I.Varavin

Integral indicators of health and fitness in athletes train in various modes of bioenergy

The integral view of organism's adaptation to tightness of muscular activity is its effective performance. It means to have a ability to perform maximum physical activity. The physical efficient of athlete can determine by anthropometrical and physiological evirage of their organism. The sportsmen, who hardly train in aerobic mode, mostly have a high quantity of consumption oxygen and more activity: than the sportsmen, who have aerobically-nonaerobically direction of training mode. It is recommended to characterize the IFG's (index of physical changes) calculation the adopted opportunities of athlete's organism.

References

- 1 Korobeinikov G.V. *Modern olympic sport and sport for all: Materials of VIII international scientific congress*, Almaty, 2004, p. 68–71.
- 2 Sato et al. *J. Anthropol. Soc. Nippon*, 1983, 91, p. 377–388.
- 3 Nadel E.R. *Endurance in Sports*, Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1992, p. 179–188.
- 4 Platonov N.V., Bulatova M.M. *Hypoxia medical*, Moscow, 1995, p. 17–23.
- 5 Tnymova G.T. *News MS-AS RK. Ser. boil. and med.*, 1999, 1, p. 32–38.
- 6 Bayevski R.M., Bersen'eva A.P. *Estimation of adaptation possibilities of organism and risk of development of disease*, Moscow, 1997, 83 p.