

Комплексный подход в оценке функционального состояния высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта в подготовительный период

¹Т. М. БРУК, ¹К. А. СТРЕЛЫЧЕВА, ¹Н. В. ОСИПОВА, ¹К. Ю. КОСОРЫГИНА, ²Н. Д. ТИТКОВА

¹ФГБОУ ВО Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма Минспорта России, Смоленск, Россия

²УО Белорусский государственный университет физической культуры Минспорта и туризма, Минск, Республика Беларусь

Сведения об авторах:

Брук Татьяна Михайловна – заведующая кафедрой биологических дисциплин ФГБОУ ВО СГАФКСТ Минспорта России, проф., д.б.н.

Стрельчева Ксения Александровна – аспирант кафедры биологических дисциплин ФГБОУ ВО СГАФКСТ Минспорта России

Осипова Наталья Владимировна – доцент кафедры биологических дисциплин ФГБОУ ВО СГАФКСТ Минспорта России, к.б.н.

Косорыгина Кристина Юрьевна – преподаватель кафедры биологических дисциплин ФГБОУ ВО СГАФКСТ Минспорта России, к.б.н.

Титкова Наталья Дмитриевна – старший преподаватель кафедры менеджмента спорта и туризма УО БГУФК Минспорта и туризма Республики Беларусь

The integrated approach to the assessment of the functional state of highly skilled sportsmen of endurance sports in the preparatory period

¹T. M. BRUK, ¹K. A. STRELYCHEVA, ¹N. V. OSIPOVA, ¹K. YU. KOSORYGINA, ²N. D. TITKOVA

¹Smolensk State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism, Smolensk, Russia

²Belarusian State University of Physical Culture, Minsk, Republic of Belarus

Information about the authors:

Tatyana Bruk – M.D., D.Sc. (Biology), Head of the Biological Sciences Department of the Smolensk State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism

Kseniya Strelycheva – Postgraduate Student of the Biological Sciences Department of the Smolensk State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism

Natalya Osipova – Ph.D. (Biology), Associate Professor of the Biological Sciences Department of the Smolensk State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism

Kristina Kosorygina – Ph.D. (Biology), Lecturer of the Biological Sciences Department of the Smolensk State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism

Natalya Titkova – Senior Lecturer, of the Management of Sport and Tourism Department Belarusian State University of Physical Culture

Цель исследования: оценка функционального состояния кардиореспираторной, нейроэндокринной и центральной нервной систем высококвалифицированных спортсменов циклических видов на специфическую физическую нагрузку. **Материалы и методы:** в исследовании приняли участие 20 высококвалифицированных шорт-трековиков мужского пола в возрасте 19-25 лет. Оценка функционального состояния кардиореспираторной системы проводилась с использованием нагрузочного теста на системе эргоспирометрии SCHILLER, уровень гормонов, биохимические параметры крови измерялись методом твердофазного иммуноферментного анализа на фотометре вертикального сканирования «StatFax 303 Plus» (Германия), энергетический обмен в центральной нервной системе оценен методом нейроэнергокартирования. **Результаты:** в результате исследования было выявлено, что показатели функционального состояния кардиореспираторной системы высококвалифицированных шорт-трековиков находились на уровне конькобежцев-разрядников. Специфическая физическая нагрузка вызвала повышение энергетических процессов в центральной и фронтальной зонах коры, концентрации ТТГ, Т₄, АКТГ, кортизола, β-эндорфина (p<0,05). **Выводы:** спортивные достижения в циклических видах спорта связаны с использованием комплексного подхода в оценке функционального состояния. В качестве одного из компонентов возможно использовать медико-биологический контроль функционального состояния кардиореспираторной, нейроэндокринной и центральной нервной систем организма, а так же проводить биохимический анализ крови до и после специфической физической нагрузки.

Ключевые слова: комплексный подход; функциональное состояние; циклические виды спорта; шорт-трек.

Для цитирования: Брук Т.М., Стрельчева К.А., Осипова Н.В., Косорыгина К.Ю., Титкова Н.Д. Комплексный подход в оценке функционального состояния высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта в подготовительный период // Спортивная медицина: наука и практика. 2017. Т.7, №1. С. 24-28. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.1.24.

Objective: to evaluate the functional state of cardio, neuro-endocrine and central nervous systems of highly skilled sportsmen of endurance sports under specific load. **Materials and methods:** 20 highly skilled short-trackers took part in the research. Evaluation of the functional state of cardiorespiratory system was carried out using a load test on the ergospirometry system SCHILLER; hormone levels, blood biochemical parameters were measured by solid phase of the enzyme immunoassay analysis on the photometer of vertical scanning «StatFax 303 Plus» (Germany); energy metabolism in the central nervous system was appreciated by the method of neuroenergocharting. **Results:** the parameters of the functional state of the cardiorespiratory system of highly skilled short-trackers were comparable to that in the short-trackers with degrees. Specific physical activity caused the increasing of energy processes in the central and frontal areas of the cortex, the increasing of TTG, T₄, AKTG, cortisol, β-endorphin ($p \leq 0,05$). **Conclusions:** sport achievements in cyclic sports connect with the use of the integrated approach in the assessment of the functional state. Functional state of the cardio, neuro-endocrine and central nervous systems can be used as one of the parameters in the medical-biological control, besides the biochemical analysis of blood before and after the load can be conducted.

Key words: integrated approach; functional state; endurance sports; short-track.

For citation: Bruk TM, StrelchevaKA, Osipova NV, KosoryginaKYu, Titkova ND. The integrated approach to the assessment of the functional state of highly skilled sportsmen of endurance sports in the preparatory period. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* (Sports medicine: research and practice). 2017;7(1): 24-28. (in Russian). DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.1.24.

Введение

Высокие достижения спортсменов циклических видов спорта в современных условиях тесным образом связаны с применением комплексного подхода к оценке функционального состояния, который позволяет также осуществить обратную связь между тренером и атлетом и на этой основе определить оптимальные учебно-тренировочные нагрузки. Оценить функциональное состояние организма возможно только с использованием целого набора методов, таких как педагогические, физиологические, биохимические, психологические, которые позволят раскрыть функциональные резервы организма спортсмена перед тренером и избежать перетренированности [1, 2]. В циклических видах спорта в подготовительный период целесообразно использовать текущий медико-биологический контроль функционального состояния кардиореспираторной, нейроэндокринной и центральной нервной систем организма, а так же проводить биохимический анализ крови до и после специфической физической нагрузки, так как сравнительный анализ полученных результатов позволит тренеру иметь четкое представление об индивидуальных особенностях организма спортсмена и оценить эффективность тренировочного процесса [3-5].

Целью исследования являлась оценка изменения функционального состояния кардиореспираторной, нейроэндокринной и центральной нервной систем высококвалифицированных спортсменов циклических видов на специфическую физическую нагрузку.

Материалы и методы

В исследование приняли участие 20 высококвалифицированных спортсменов-мужчин (МС – 16 спортсменов, МСМК – 4 спортсмена), возраст 19-25 лет. Оценка текущего состояния кардиореспираторной системы проводили с использованием нагрузочного тестирования системе эргоспирометрии SCHILLER. Мощность первой ступени нагрузки на велоэргометре составляла 30 Вт, а мощности последующих ступеней нагрузки последовательно увеличивались с шагом 20 Вт до отказа испытуемого от продолжения физической работы. Длительность каждой ступени нагрузки составляла 1 мин, а

нагрузочное тестирование проводилось на фоне постоянной частоты вращения педалей 60 об/мин.

Уровень гормонов, биохимические параметры крови измерялись у каждого из испытуемых в состоянии относительного физиологического покоя и сразу после специфической физической нагрузки методом твердофазного иммуноферментного анализа на фотометре вертикально-сканирования «StatFax 303 Plus» (Германия).

Нейроэнергочартирование проводилось с использованием аппаратно-программного комплекса «Нейроэнергочартограф НЭК-5». Монтаж отведений УПП производился на базе международной системы «10-20» относительно размещенного на запястье общего референтного электрода. Статистическую обработку данных проводили с помощью непараметрической статистики с использованием знакового рангового теста Вилкоксона, критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимали равным 0,05.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследования определили уровень общей подготовленности атлетов к специфической физической нагрузке по параметрам функционирования кардиореспираторной системы при выполнении нагрузочного тестирования. У исследуемых шорт-трековиков абсолютные показатели максимального потребления кислорода (МПК) варьировали в пределах 2,97-4,31 л/мин (среднее значение $M \pm m$ 3,77 \pm 0,09 л/мин), относительные значения входили в интервал 45,5-63,06 мл/мин/кг (среднее значение $M \pm m$ 53,79 \pm 1,16 мл/мин/кг). В сравнении с литературными данными, характеризующими пороговые значения МПК (у здоровых мужчин абсолютные значения МПК по данным К. Купер (1970) не ниже 2 л/мин, относительные – 42 мл/кг/мин; у высококвалифицированных конькобежцев мужчин относительные значения МПК по данным Е.А. Ширковца и др.(2014) – 76,7 \pm 1,6 мл/мин/кг шорт-трековики демонстрировали не достаточно высокие значения исследуемого показателя, соответствующего уровню конькобежцев-разрядников. Частота сердечных сокращений (ЧСС) на максимальном уровне мощности составила 190,15 \pm 1,06 уд/мин, что не выхо-

дило за пределы нормы. Средние показатели максимальной легочной вентиляции соответствовали величине $122,37 \pm 2,68$ л/мин и оказались ниже, чем у конькобежцев-разрядников. Средний показатель максимального O_2 -пульса составил $19,86 \pm 0,53$ мл/уд, что сопоставимо с показателями конькобежцев-разрядников [6]. При анализе индивидуальных параметров функционирования кардиореспираторной системы выяснено, что максимальные абсолютные значения МПК выявлены у двух спортсменов ($4,27$ и $4,31$ л/мин), минимальные также у двух спортсменов – $2,97$ и $3,01$ л/мин. Наиболее высокие относительные значения МПК $61,0$ и $63,1$ мл/мин/кг получены так же у двух атлетов, а наиболее низкие – $45,5$ - $46,8$ мл/мин/кг – у трех спортсменов. Максимальное значение легочной вентиляции 180 л/мин отмечено у одного шорт-трековика, а наиболее низкие величины данного показателя (в интервале 98 - 105 л/мин) – у трех спортсменов. Проведенное исследование позволило тренеру на основе данных индивидуального анализа скорректировать $1,5$ часовую специфическую физическую нагрузку скоростно-силовой направленности.

На втором этапе исследования была оценена эффективность тренировки на основе анализа показателей энергетической активности отдельных зон коры головного мозга, в том числе отвечающих за моторную активность, основных показателей нейроэндокринного статуса и биохимических параметров крови.

Анализ результатов нейроэнергетического картирования показал, что у всех испытуемых, в состоянии относительного физиологического покоя уровень постоянных потенциалов (УПП) в центральной (Cz), фронтальной (Fz), затылочной (Oz), правой (Td) и левой (Ts) височных областях не выходил за пределы физиологической нормы, специфическая физическая нагрузка привела к значительному изменению, переходящему границы физиологической нормы, энергетического обмена коры головного мозга. В большей степени показатель достоверно увеличивался во фронтальной и центральной зонах коры головного мозга (Fz: исходный уровень $9,10 \pm 1,22$ мВ, после нагрузки: $15,31 \pm 3,10$ мВ; Cz: исходный уровень $10,59 \pm 0,78$ мВ, после нагрузки – $15,89 \pm 2,32$ мВ) (рис. 1). Индивидуальный анализ показал, что специфическая физическая нагрузка привела к значительному увеличению изучаемого показателя у 9 спортсменов (МС), что указывает на существенное влияние физической нагрузки на показатели, отражающие уровень энергетического обмена в лобной зоне коры головного мозга, которая в наибольшей степени ориентирована на обеспечение произвольной моторной активности организма. У остальных испытуемых показатели повышались умеренно. Полученные изменения связаны с физиологической ролью данных зон в двигательном акте. Это согласуется с ранее проведенными исследованиями выявившими, что анаэробная физическая нагрузка повышает УПП к коре головного мозга [7, 8]. Следовательно, возможно использовать данный параметр при оценке соответствия тренировки поставленной цели.

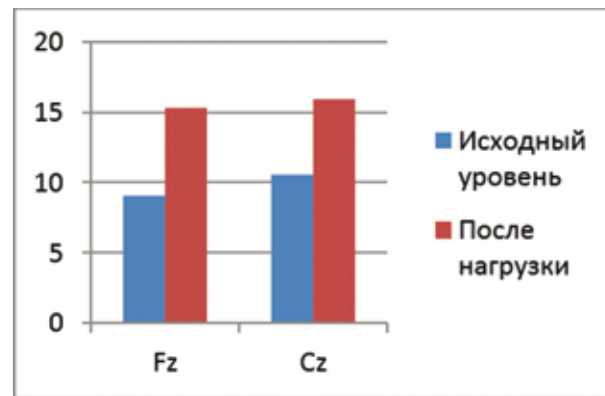


Рис. 1. Изменение УПП после специфической физической нагрузки, мВ

Fig. 1. Changes of the level of constant potentials after a particular physical load, mV

После специфической физической нагрузки произошло достоверное изменение параметров нейроэндокринного статуса и основных биохимических параметров крови испытуемых (табл. 1)

В ходе оценки влияния специфической физической нагрузки на уровень гормонов и нейропептидов установлено достоверное увеличение концентрации ТТГ с $1,45 \pm 0,11$ мМЕ/л до $2,12 \pm 0,15$ мМЕ/л, T_4 св. с $18,69 \pm 1,15$ пмоль/л до $21,22 \pm 1,31$ пмоль/л. Однако, специфическая физическая нагрузка привела к разнонаправленным изменениям в содержании в крови ТТГ. Так, у трех спортсменов с относительно низким базальным уровнем ТТГ наблюдался наибольший рост концентрации гормона, а у спортсменов с наибольшим исходным уровнем ТТГ зафиксировано снижение изучаемого гормона в $1,5$ - 2 раза. Вероятнее всего активация гипоталамо-гипофизарной системы этих спортсменов. Видимо, если специфическая физическая нагрузка не обуславливает в значительной степени мобилизации организма на ее выполнение, то активность гипоталамо-гипофизарной системы определяется по механизму обратной связи: высокий базальный уровень ее гормонов предотвращает дальнейшую активацию системы при работе.

После специфической физической нагрузки повысился уровень АКТГ с $26,14 \pm 1,20$ пмоль/л до $31,95 \pm 1,71$ пмоль/л и кортизола с $435,03 \pm 19,91$ нмоль/л до $522,46 \pm 27,62$ нмоль/л (во всех случаях $p \leq 0,05$), что согласуется с результатами других исследователей [9].

Специфическая физическая нагрузка вызвала повышение β -эндорфина с $24,64 \pm 1,58$ пкмоль/л до $31,54 \pm 2,19$ пкмоль/л. ($p \leq 0,05$). Обращает на себя внимание большая индивидуальная вариативность степени изменения содержания нейропептида после воздействия тренировочной нагрузки. Так у четырех испытуемых с более высокой базальной концентрацией гормона наблюдался и наибольший рост нейропептида после тренировки. У остальных атлетов также наблю-

Таблица 1

Уровень гормонов и нейропептидов высококвалифицированных шорт-трековиков ($M \pm m$)

Table 1

The level of hormones and neuropeptides of highly qualified sportsmen in short track ($M \pm m$)

Исследуемый показатель	Уровень до нагрузки	Уровень после нагрузки	p
Тиреотропный гормон (ТТГ), мМЕ/л	1,45±0,11	2,12±0,15	p≤0,05
Тироксин (T ₄) св, пмоль/л	18,69±1,15	21,22±1,31	p≤0,05
Адренкортикотропин (АКТГ), пмоль/л	26,14±1,20	31,95±1,71	p≤0,05
Кортизол, нмоль/л	435,03±19,91	522,46±27,62	p≤0,05
β-эндорфин, пкмоль/л	24,64±1,58	31,54±2,19	p≤0,05

Таблица 2

Биохимические параметры крови высококвалифицированных шорт-трековиков

Table 2

Biochemical parameters of blood of highly short qualified sportsmen in short track

Исследуемый показатель	Уровень до нагрузки	Уровень после нагрузки	p
Общий белок, г/л	69,07±1,37	81,44±1,30	p<0,05
Креатинин, мкмоль/л	78,16±2,09	84,94±3,26	p<0,05
Мочевина, ммоль/л	5,82±0,83	6,22±0,17	p<0,05

дался достоверный, но менее выраженный, прирост β-эндорфина в крови. Вероятнее всего повышение концентрации β-эндорфина в гипофизе оказывает стимулирующее влияние на синтез опиоида в структурах мозга непосредственно в процессе мышечной деятельности у спортсменов [10, 11].

Специфическая физическая нагрузка также привела к достоверному изменению биохимических параметров крови спортсменов (табл. 2).

В исследовании наблюдалось увеличение содержания общего белка крови с 69,07±1,37 г/л до 81,44±1,30 г/л, креатинина с 78,16±2,09 мкмоль/л до 84,94±3,26 мкмоль/л, мочевины с 5,82±0,83 ммоль/л до 6,22±0,17 ммоль/л (во всех случаях p≤0,05).

Динамика концентрации белка в крови под действием тренировочной нагрузки связана как со сгущением крови вследствие потери воды через кожу (с потом) и дыхательные пути (при увеличении легочной вентиляции), так и с изменениями белкового метаболизма [6]. Выяснено, что мышечная деятельность приводят к мобилизации пластического резерва, которая выражается в повышении содержания как небелкового азота, так и мочевины в крови [12].

Заключение

Таким образом, комплексный подход в оценке функционального состояния высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта в подготовительный период, включающий кардиореспираторное нагрузочное тестирование, нейроэнергетическое

биохимический анализ крови, может быть использован в спортивной практике с целью корректировки учебно-тренировочного процесса для получения оптимальных спортивных результатов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

Funding: the study had no sponsorship

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Список литературы

1. Губа В.П., Маринич В.В. Комплексный подход в оценке функционального состояния профессиональных спортсменов // Вестник спортивной науки. 2013. №6. С. 47-51.
2. Левшин И.В., Солодков А.С., Макаров Ю.М., Поликарповкин А.Н. Функциональные состояния в спорте // Теория и практика физической культуры. 2013. №6. С. 71-75.
3. Михайлов С.С. Спортивная биохимия: учебник для вузов и колледжей физической культуры. М.: Советский спорт, 2013. 348 с.
4. Рыбина И.Л., Ширковец Е.А. Определение диагностической информативности биохимических показателей, наиболее актуальных для спортивной практики // Вестник спортивной науки. 2013. №2. С. 31-35.
5. Фокин В.Ф. Введение в проблему энергетической физиологии // Вестник РАМН. 2001. №8. С. 38-43.
6. Титлов А.Ю., Ильина А.А., Асфандияров Д.Б., Ширковец Е.А. Характеристика функциональных возможностей

конькобежцев различной квалификации // Вестник спортивной науки. 2014. №3. С. 41-45.

7. Брук Т.М., Косорыгина К.Ю., Правдивцев В.А., Евсеев А.В. Эффект курсового низкоинтенсивного лазерного излучения на энергетическое состояние головного мозга спортсменов и скоростно-силовые компоненты мышечных сокращений // Вестник смоленской государственной медицинской академии. 2014. №2. С. 40-47.

8. Долецкий А.Н., Соболева А.А. Использование вариабельности УПП мозга для оценки индивидуальной стрессоустойчивости // Сборник материалов 57-й региональной конференции. Волгоград, 2-4 октября 2010 года. Волгоград, 2010. С. 56-57.

9. Consitt L.A., Copeland J.L., Tremblay M.S. Endogenous anabolic hormone responses to endurance versus resistance exercise and training in women // Sports Med. 2002. Vol.32, №1. P. 1-22.

10. Брук Т.М., Лифке М.В. Динамика бета-эндорфина в крови спортсменов различной квалификации в условиях нагрузки умеренной интенсивности на фоне низкоинтенсивного лазерного воздействия // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». 2009. №2. С. 5-10.

11. Суркина И.Д. Взаимосвязь адаптационных способностей организма с характером реакции опиоидной системы на стрессорную физическую нагрузку // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 1996. Т.122, №8. С. 135-138.

12. Харгривс М. Метаболизм в процессе физической деятельности. Киев: Олимпийская литература, 1998. 286 с.

References

1. Guba VP, Marinich VV. The integrated approach in the assessment of the functional state of professional athletes. Journal of Sport Science. 2013;(6):47-51. (in Russian).

2. Levshin IV, Solodkov AS, Makarov YuM, Polikarpochkin AN. Functional state in sport. Theory and Practice of Physical Culture. 2013;(6):71-75. (in Russian).

3. Mikhailov SS. Sport biochemistry. Moscow, Sovetskiy Sport, 2013. 348 p. (in Russian).

4. Rybina IL, Shirkovets EA. The determination of the diagnostic informative of the most actual for sports practice biochemical parameters. Journal of Sport Science. 2013;(2):31-35. (in Russian).

5. Fokin VF. The introduction to the problem of energy physiology. Annals of the Russian Academy of Medical Sciences. 2001;(8):38-43. (in Russian).

6. Titlov AYu, Ilina AA, Asfandiyarov DB, Shirkovets EA. Characteristic features of the functional opportunities of skaters

of different skills. Journal of Sport Science. 2014;(3):41-45. (in Russian).

7. Bruk TM, Kosorygina KYu, Pravdivtsev VA, Evseev AV. The effect of the course of the low intensity rate of laser radiation on the brain energy state of the athletes and speed-power components twitch. Journal of the Smolensk State Medical Academy. 2014;(2):40-47. (in Russian).

8. Doletsky AN, Soboleva AA. Using of the brain variability of the level of constant potentials for the assess of the individual stress resistance (Materials of the 57th Regional Conference), Volgograd, 2010. P. 56-57. (in Russian).

9. Consitt LA, Copeland JL, Tremblay MS. Endogenous anabolic hormone responses to endurance versus resistance exercise and training in women. Sports Med. 2002;32(1):1-22.

10. Bruk TM, Lifke MV. Dynamics of beta-endorphin in the blood of different qualification sportsmen in the conditions of moderate intensity load on the background of low intensity laser action. Kursk scientific-practical journal «Human and health». 2009;(2):5-10. (in Russian).

11. Surkina ID. The relationship of adaptation capabilities of the organism with the nature of the reaction of the opioid system to the stress physical load. Journal of Experimental Biology and Medicine. 1996;122(8):135-138. (in Russian).

12. Hargriviс M. Metabolism during the process of physical activity. Kiev, Olympic literature, 1998. 286 p. (in Russian).

Ответственный за переписку:

Стрельчева Ксения Александровна – аспирант кафедры биологических дисциплин ФГБОУ ВО СГАФКСТ Минспорта России

Адрес: 214018, Россия, г. Смоленск, Проспект Гагарина, д. 23
Тел. (раб): +7 (4812) 35-89-79
Тел. (моб): +7 (908) 289-90-60
E-mail: strel_ks@mail.ru

Responsible for correspondence:

Kseniya Strelycheva – Postgraduate Student of the Biological Sciences Department of the Smolensk State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism

Address: 23, Gagarin Av., Smolensk, Russia
Phone: +7 (4812) 35-89-79
Mobile: +7 (908) 289-90-60
E-mail: strel_ks@mail.ru

Дата направления статьи в редакцию: 13.04.2016

Received: 13 April 2016

Статья принята к печати: 21.11.2016

Accepted: 21 November 2016