

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СПОРТА

НОВЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ И ОЦЕНКЕ ТЕКУЩИХ ПОСТНАГРУЗОЧНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СОСТАВА КРОВИ У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ (НА ПРИМЕРЕ ГРЕБЛИ НА КАНОЭ)

Г.А. МАКАРОВА, С.М. ЧЕРНУХА,
А.А. КАРПОВ, А.С. АПРЫЩЕНКО,
КГУФКСТ, г. Краснодар, Россия

Аннотация

Основной целью работы являлось повышение диагностической значимости показателей биохимического и морфологического состава крови в системе текущего контроля спортсменов высокой и высшей квалификации, специализирующихся в гребле на каноэ. Проведен сравнительный анализ ежедневных утренних средних значений избранных параметров (при двух тренировках в день) при одинаковом постнагрузочном интервале, равном 14 часам; рассчитаны центильные градации избранных показателей при постнагрузочном интервале 14 и 44 часа; установлена частота выявления значений критериев, свидетельствующих о постнагрузочном недовосстановлении функционального состояния организма спортсменов. В наблюдениях приняли участие 19 гребцов на каноэ мужского пола высокой и высшей квалификации в возрасте от 21 до 33 лет, из них – 7 змс, 6 мсмк, 6 мс. Исследования проводились до 25 раз на протяжении трех лет утром, натощак. Регистрировались: содержание гемоглобина, мочевины, кортизола, общего тестостерона – по 275 измерений, общего белка – 242 измерения, гематокрит – 274 измерения, активность аланинаминотрансферазы, аспаратаминотрансферазы и креатинфосфокиназы – по 275 измерений. Установлено, что, оценивая степень восстановления при 14-часовом постнагрузочном интервале, более обоснованно ориентироваться на активность аспаратаминотрансферазы; при 44-часовом – на активность аспаратаминотрансферазы, креатинфосфокиназы и в меньшей степени – на содержание кортизола в крови. Анализ центильных градаций исследуемых параметров показал также, что в достаточно большом проценте измерений значения ряда актуальных показателей крови (гематокрит, содержание гемоглобина и тестостерона) далеки от оптимальных для спортсменов подобного уровня.

Ключевые слова: гребцы-каноисты, постнагрузочные изменения, показатели морфологического и биохимического состава крови, достоверность различий, центильные градации.

NEW APPROACH TO ANALYSIS AND INTERPRETATION OF CURRENT POST-EXERCISE BLOOD COMPOSITION CHANGES IN HIGHLY TRAINED ATHLETES (IN THE CONTEXT OF CANOEING)

G.A. MAKAROVA, S.M. CHERNUKHA,
A.A. KARPOV, A.S. APRYSHCHENKO,
KSUPCST, Krasnodar city, Russia

Abstract

The primary purpose of the work was to enhance diagnostic utility for biochemical and morphological parameters of blood composition in terms of ongoing monitoring of highly trained and elite canoeists. comparative analysis of the mean values of the selected parameters (daily morning measurements with 2 training sessions per day and equal post-exercise interval of 14 hours), were performed; calculations of centile gradations of the said parameters with different post-exercise intervals (14 and 44 hours), evaluation of detection rate for the analyzed criteria indicative of post-exercise under-recovery of functional state of organism in athletes. Involved in the monitoring were 19 highly trained and elite male canoeists at the ages from 21 to 33 years, among them 7 Merited Masters of Sports, 6 Masters of Sports of International level



and 6 Masters of Sports. The studies were performed repeatedly (up to 25 times) within a span of 3 years, after an overnight fast. The registered parameters were as follows: contents of hemoglobin, urea, cortisol, total testosterone – 275 measurements for each parameter, total protein – 242 measurements, hematocrit – 274 measurements, activity of alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, creatine phosphokinase – 275 measurements for each parameter. The studies found that for purposes of recovery assessment it is more reasonable to use as reference aspartate aminotransferase activity (with post-exercise interval of 14 hours) as well as aspartate aminotransferase activity, creatine phosphokinase activity and, to a lesser degree, content of cortisol in blood (with post-exercise interval of 44 hours). Analysis of centile gradations for the parameters under study revealed also that values of a number of relevant blood parameters (hematocrit, contents of hemoglobin and testosterone) are far from optimum ones for the athletes of such a level in fairly large percentage of measurements.

Keywords: canoeists; post-exercise changes; biochemical and morphological parameters of blood composition; significance of differences; centile gradations.

Введение

На современном этапе развития спорта высших достижений особую значимость приобретает проблема надежной системы мониторинга текущих постнагрузочных изменений физиологических и клинико-лабораторных показателей у спортсменов высокой и высшей квалификации, специализирующихся в избранном виде спорта. Для ее решения необходимы, во-первых, выбор параметров, наиболее информативных в плане отставленной оценки реакции организма на ежедневную суммарную тренировочную нагрузку. Во-вторых, наличие градаций текущих постнагрузочных значений регистрируемых параметров с учетом разной продолжительности постнагрузочных интервалов. Это позволяет своевременно выявлять среди обследуемых спортсменов лиц, которые тренируются в состоянии постнагрузочного недовосстановления, что может явиться причиной развития у них синдрома нефункционального перенапряжения.

Основной **целью работы** являлось повышение диагностической значимости показателей биохимического и морфологического состава крови в системе текущего контроля спортсменов высокой и высшей квалификации, специализирующихся в гребле на каноэ.

В качестве конкретных **задач исследований** были выбраны следующие:

- провести сравнительный анализ ежедневных утренних средних значений избранных параметров (при двух тренировках в день) при одинаковом постнагрузочном интервале, равном 14 часам;
- рассчитать центильные градации избранных показателей при разном постнагрузочном интервале – 14 и 44 часа;
- установить частоту выявления значений анализируемых критериев, свидетельствующих о постнагрузочном недовосстановлении функционального состояния организма спортсменов.

Методы и организация исследований

Работа выполнена в рамках НИР по теме «Разработка научно обоснованных предложений по совершенствованию контроля тренировочных нагрузок и управления ими в годичном цикле подготовки гребцов высшей квалификации на байдарках и каноэ».

Биохимические исследования проводились под руководством ФГБОУ «Центр спортивной подготовки сборных команд России». Разрешение на использование данных биохимических исследований крови гребцов высшей квалификации получено (письмо ФГБУ «ЦСП», исх. № 04-03.09/1063 от 03.07.2019).

В наблюдениях приняли участие 19 гребцов на каноэ мужского пола высокой и высшей квалификации в возрасте от 21 до 33 лет, из них – 7 змс, 6 мсмк, 6 мс. Исследования проводились многократно (до 25 раз) на протяжении 3 лет, утром, натощак.

Показатели морфологического состава капиллярной крови определялись с помощью гематологического анализатора «Abacus 380». Биохимические показатели также измерялись в капиллярной крови с помощью полуавтоматического биохимического анализатора «BioSystems BTS-350».

Регистрировались содержание гемоглобина (*Hb*), мочевины (*M*), кортизола (*K*), общего тестостерона (*T*) – по 275 измерений, общего белка (ОБ) – 242 измерения, гематокрит (*Hct*) – 274 измерения, активность аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспартатаминотрансферазы (АСТ), креатинфосфокиназы (КФК) – по 275 измерений [1, 2].

Регистрируемые параметры всегда измерялись в соответствии со следующим протоколом:

- ▶ понедельник – после 44 ч отдыха;
- ▶ вторник – через 14 ч после последней тренировки в начале недельного микроцикла;
- ▶ среда – через 14 ч после последней тренировки в середине недельного микроцикла;
- ▶ четверг – через 14 ч после последней тренировки во 2-й половине недельного микроцикла;
- ▶ пятница – через 14 ч после последней тренировки во 2-й половине недельного микроцикла;
- ▶ суббота – через 14 ч после последней тренировки в конце недельного микроцикла.

Оценка показателей осуществлялась со следующих позиций: нормальные: 25–75-й центили; нормально повышенные/нормально пониженные (в зависимости от содержания показателя): 75–90-й центили и 25–10-й центили; погранично повышенные/погранично пониженные: выше 90-го и ниже 10-го центилей.



Результаты исследований обрабатывались с помощью пакетов программ Excel и IBM SPSS Statistics 20. Достоверность различий между сравниваемыми показателями (p) устанавливали по U -критерию Манна-Уитни и по t -критерию Стьюдента (соответственно для непараметрических и параметрических критериев, определенных по нормальности распределения) [3].

Результаты исследований

Первый этап исследований был посвящен сравнительному анализу ежедневных утренних средних значений избранных параметров (при двух тренировках в день) у гребцов высокой и высшей квалификации, специализирующихся в гребле на каноэ при одинаковом постнагрузочном интервале, равном 14 часам (табл. 1).

Таблица 1

Достоверность различий средних значений показателей морфологического и биохимического состава крови при равной продолжительности постнагрузочного интервала – 14 часов

Параметр	Дни обследования	Среднее значение показателей в дни обследования, указанные первыми ($M \pm m$)	Среднее значение показателей в дни обследования, указанные вторыми ($M \pm m$)	Достоверность значений
Гемоглобин (г/л)	Среда – пятница	142,17 ± 2,97	150,27 ± 2,49	< 0,05
	Четверг – пятница	143,74 ± 2,34	150,27 ± 2,49	< 0,05
	Пятница – суббота	150,27 ± 2,49	145,28 ± 1,14	< 0,05
АСТ (Ед/л)	Вторник – среда	43,10 ± 1,41	61,42 ± 5,70	< 0,001
	Среда – четверг	61,42 ± 5,70	40,70 ± 1,82	< 0,001
	Среда – пятница	61,42 ± 5,70	44,40 ± 2,65	< 0,01
	Среда – суббота	61,42 ± 5,70	41,46 ± 1,32	< 0,001
Кортизол (нмоль/л)	Среда – четверг	479,67 ± 79,47	682,30 ± 31,82	2,37
	Среда – пятница	479,67 ± 79,47	682,33 ± 37,08	2,31
Общий белок (г/л)	Вторник – суббота	74,88 ± 1,02	72,17 ± 0,88	2,01
	Среда – суббота	77,25 ± 1,87	72,17 ± 0,88	2,46
	Четверг – суббота	76,67 ± 1,17	72,17 ± 0,88	3,07

Таблица 2

Центильные градации показателей крови через 14 часов отдыха (вторник – суббота)

Центильные градации	Hb (г/л)	Ht (%)	АЛТ (Ед/л)	АСТ (Ед/л)	КФК (Ед/л)	М (моль/л)	К (нмоль/л)	Т (нмоль/л)	ОБ (г/л)
P5	130,00	43,00	15,00	29,15	129,20	4,80	349,10	14,45	64,00
P10	132,00	43,18	17,00	31,00	149,60	5,20	417,40	16,39	66,00
P25	137,00	46,00	22,00	35,00	196,00	5,80	522,75	18,90	69,75
P50	145,00	48,00	27,00	42,00	300,50	6,60	629,00	22,95	75,00
P75	152,00	50,00	34,25	49,00	426,25	7,60	764,75	28,23	79,00
P90	156,00	51,00	40,70	58,70	623,40	8,60	868,40	34,17	82,70
P95	161,00	52,00	49,70	64,00	747,65	9,19	893,55	36,37	84,00
Количество измерений	164	164	164	164	164	164	164	164	144

Как видно из представленных данных, только средние значения показателя АСТ, зарегистрированные в среду, т.е. через 14 часов после двух тренировок во вторник, были достоверно выше ($p < 0,001$), чем в четверг, пятницу и субботу. Это, на наш взгляд, во-первых, свидетельству-

ет об одной «ударной» тренировке в неделю (что для атлетов подобного уровня, скорее всего, недостаточно). Во-вторых, о том, что активность АСТ наиболее отчетливо и однонаправленно у всех спортсменов реагирует на нагрузки, сочетанно используемые в один день при



современной организации тренировочного процесса. Обращают на себя внимание также достоверно сниженные в субботу (по сравнению со вторником, средой и четвергом) значения содержания общего белка, однако по сравнению с пятницей это различие не было значимым. Другие же параметры, на которых, как правило, акцентируют внимание специалисты (содержание мочевины, кортизола, общего тестостерона, активность КФК) [4–6] оказа-

лись в этом плане менее информативными, т.е. никакой закономерности в их текущих изменениях, включая те, где были обнаружены достоверные различия, установлено не было.

Результаты второго этапа работы, посвященного сравнительному анализу центильных градаций избранных показателей при разном поствагрузочном интервале – 14 и 44 часа, показали следующее (табл. 2 и 3).

Таблица 3

Ориентировочные центильные градации показателей крови после 44 часов отдыха (понедельник)

Центильные градации	<i>Hb</i> (г/л)	<i>Ht</i> (%)	АЛТ (Ед/л)	АСТ (Ед/л)	КФК (Ед/л)	<i>M</i> (моль/л)	<i>K</i> (нмоль/л)	<i>T</i> (нмоль/л)	ОБ (г/л)
P5	130,00	43,15	16,15	29,00	125,00	4,90	431,30	14,18	68,00
P10	133,00	44,30	17,90	30,00	136,60	5,13	528,70	15,82	68,70
P25	138,50	46,00	22,75	33,00	179,75	5,75	578,50	19,05	72,00
P50	145,00	48,00	28,00	39,50	221,00	6,60	690,50	23,70	75,00
P75	153,00	50,00	35,00	45,25	347,25	7,63	763,25	28,53	78,00
P90	158,80	51,00	40,70	51,70	473,00	8,44	807,00	33,66	84,00
P95	160,90	52,00	43,85	56,55	565,70	8,80	851,85	37,34	85,00
Количество измерений	63	64	64	64	64	64	64	64	58

При поствагрузочном интервале, равном 14 часам, к погранично-повышенным/погранично-пониженным значениям регистрируемых показателей биохимического и морфологического состава крови в рамках текущего контроля гребцов-каноистов высокой и высшей квалификации следует отнести:

- содержание гемоглобина < 132,00 г/л;
- АЛТ > 40,70 Ед/л;
- АСТ > 58,70 Ед/л;
- КФК > 623,40 Ед/л;
- мочевины > 8,60 моль/л;
- кортизола > 868,40 нмоль/л и < 417,40 нмоль/л;
- общего тестостерона < 16,39 нмоль/л;
- общего белка < 66,00 г/л.

Что касается поствагрузочного восстановления показателей картины крови через 44 часа после последней тренировки (за исключением средних значений активности КФК), то достоверных различий установлено не было. Однако при разработке ориентировочных (поскольку количество измерений было меньше 100) центильных градаций данных параметров (табл. 3) было установлено, что их пограничные значения отличаются от таковых при 14-часовом поствагрузочном интервале.

Эти различия в основном касаются активности АСТ (> 51,70 Ед/л) и КФК (> 473,00 Ед/л); погранично-пониженных (< 527,80 нмоль/л) и погранично-повышенных значений кортизола (> 807,00 нмоль/л); в меньшей степени – общего белка (< 68,70 г/л). Значения показателей мочевины в крови и общего тестостерона, судя по полученным данным, отличались очень незначи-

тельно. Скорее всего, это связано с тем, что содержание мочевины в крови так же, как и содержание общего белка, зависит от целого ряда факторов: трех типов реакции на нагрузку, дефицита углеводов, слишком богатой белками диеты, дегидратации и др. [7, 8]. А уровень тестостерона сугубо индивидуален и, скорее всего, реагирует в большей степени на кумулятивный эффект нагрузки, причем не исключено, что степень выраженности реакции зависит от его индивидуального уровня. То есть, судя по полученным данным, оценивая степень восстановления при 44-часовом поствагрузочном интервале, более обоснованно ориентироваться на активность АСТ, КФК и в меньшей степени – на содержание кортизола в крови.

Анализируя центильные градации исследуемых параметров биохимического и морфологического состава крови, нельзя не обратить внимание на следующие моменты:

- в 25% измерений содержание гемоглобина в крови у спортсменов: 138,50 г/л и ниже, что для представителей данной спортивной специализации является явно недостаточным в плане прогнозирования уровня их спортивных достижений [9];

- в 25% измерений показатель гематокрита: 50% и выше (при 95-м центиле содержание гемоглобина = 160,90 г/л), т.е. речь идет о повышенном среднем объеме эритроцитов, что в ряде работ [8] рассматривается как косвенный критерий снижения детоксикационной функции печени;

- в 25% измерений содержание тестостерона в крови: 19,05 нмоль/л и ниже.



То есть в достаточно большом проценте измерений значения ряда актуальных показателей морфологического и биохимического состава крови у спортсменов далеки от оптимальных. На наш взгляд, это может быть обусловлено целым рядом факторов. Но, однозначно, что в подобной ситуации особое внимание должно быть

уделено периоду предсоревновательного снижения нагрузок – тейперингу [10], который при правильной организации позволяет оптимизировать функциональное состояние организма и, как следствие, значения соответствующих параметров биохимического и морфологического состава крови.

Заключение

В гребле на каноэ при современной организации тренировочного процесса, предусматривающей сочетанное использование в один тренировочный день нагрузок разной направленности, через 14 часов постнагрузочного периода наиболее отчетливо и однонаправленно реагирует на них активность АСТ. Другие же параметры, на которых, как правило, акцентируется внимание в подавляющем большинстве научных публикаций (содержание мочевины, кортизола, тестостерона, активность КФК), судя по полученным данным, могут быть в этом плане менее информативны.

В рамках текущего контроля гребцов-каноистов высокой и высшей квалификации при данном постнагрузочном интервале к погранично-повышенным/погранично-пониженным значениям (в зависимости от содержания показателя) следует отнести: содержание гемоглобина (< 132,00 г/л); АЛТ (> 40,70 Ед/л); АСТ (> 58,70 Ед/л); КФК (> 623,40 Ед/л); мочевины (> 8,60 ммоль/л); кортизола (> 868,40 нмоль/л) и (< 417,40 нмоль/л); общего тестостерона (< 16,39 нмоль/л); общего белка (< 66,00 г/л).

Через 44 часа после последней тренировки при внутригрупповом анализе показателей биохимического и морфологического состава крови достоверно снижается толь-

ко активность КФК (> 473,00 Ед/л), однако отчетливо изменяются пограничные значения активности АСТ (> 51,70 Ед/л) и погранично-пониженные (< 527,80 нмоль/л) и погранично-повышенные значения кортизола (> 807,00 нмоль/л); в меньшей степени – общего белка (< 68,70 г/л). Исходя из полученных данных, критериями степени восстановления через 44 часа после недельного тренировочного микроцикла более обоснованно считать активность АСТ, КФК и в меньшей степени содержание кортизола в крови.

В целом результаты анализа текущих значений показателей биохимического и морфологического состава крови у избранного контингента спортсменов свидетельствуют о том, что в достаточно большом проценте измерений, значения ряда актуальных показателей морфологического и биохимического состава крови у спортсменов далеки от оптимальных. В подобной ситуации особое внимание должно быть уделено периоду предсоревновательного снижения нагрузок – тейперингу, который при правильной организации позволяет оптимизировать функциональное состояние организма и, как следствие, значения соответствующих параметров биохимического и морфологического состава крови.

Литература

1. Карпов, А.А., Макарова, Г.А., Погребной, А.И., Чернуха, С.М. Проблема информативной ценности традиционного комплекса биохимических критериев, регистрируемых в рамках текущего контроля спортсменов высшей квалификации // Вестник спортивной науки. – 2019. – № 5. – С. 72–78.
2. Моделирование тренировочного процесса высококвалифицированных гребцов на каноэ с учетом факторов, определяющих и лимитирующих эффективность соревновательной деятельности: отчет о НИР (промежуточный, этап 2) / Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма; рук. Погребной А.И. – Краснодар, 2019. – 96 с. – Исполн.: Макарова Г.А., Карпов А.А., Чернуха С.М., Наугольная Е.И. и др. – № НИОКТР АААА-А18-118022290018-6.
3. Наследов, А. SPSS 19: профессиональный статистический анализ данных. – СПб: Питер, 2011. – 400 с.
4. Кулиниенков О.С., Лапшин, И.А. Биохимия в практике спорта. – М.: Спорт, 2019. – 184 с.
5. Михайлов, С.С. Спортивная биохимия: учебник для вузов и колледжей физической культуры. 2-е изд., доп. – М.: Советский спорт, 2004. – 220 с.
6. Никулин, Б.А., Родионова, И.И. Биохимический контроль в спорте. – М.: Советский спорт, 2011. – 232 с.
7. Вознесенский, Л.С., Залесский, М.З., Аржанова, Г.Д., Тышкевич, В.В. Контроль по мочеvine крови в циклических видах спорта // Теория и практика физической культуры. – 1979. – № 10. – С. 18–20.
8. Макарова, Г.А., Колесникова, Н.В., Скибицкий, В.В., Барановская, И.Б., Феценко, В.С., Братова, А.В., Холявко, Ю.А., Юрьев, С.Ю., Фендрикова, А.В. Диагностический потенциал картины крови у спортсменов. – М.: Спорт, 2020. – 256 с.
9. Dadelienė, R., Dadelo, S., Pozniak, N., Sakalauskas, L. Analysis of top kayakers' training-intensity distribution and physiological adaptation based on structural modelling // Ann Oper Res. – 2020. – Vol. 289. – Iss. 2. – Pp. 195–210.
10. Бомпа, Т., Буццичелли, К. Периодизация спортивной тренировки. – М.: Спорт, 2016. – 384 с.



Reference

1. Karpov, A.A., Makarova, G.A., Pogrebnoy, A.I. and Chernukha, S.M. (2019), A problem of informative value for typical set of biochemical criteria to be registered for the purposes of monitoring highly trained athletes, *Vestnik sportivnoy nauki*, no. 5, pp. 72–78.
2. Pogrebnoy, A.I., Makarova, G.A., Karpov, A.A., Chernukha, S.M., Naugolnaya, E.I., et al. (2019), *Simulation of training process for highly trained canoe athletes in terms of factors determining and limiting efficiency of competitive activities: Research Report (interm., stage 2), No. NIOKTR AAAA-A18-118022290018-6*, Krasnodar: Kuban State University of Physical Education, Sport and Tourism.
3. Nasledov, A. (2011), *SPSS 19: professional statistical analysis of data*, Piter, 400 p.
4. Kulinenkov, O.S. and Lapshin, I.A. (2019), *Biochemistry in Sports Practice*, Moscow: Sport, 184 p.
5. Mikhaylov, S.S. (2004), *Sport Biochemistry: manual for middle sports education*, Moscow: Sovetskiy sport, 220 p.
6. Nikulin, B.A. and Rodionova, I.I. (2011), *Biochemical control in sports*, Moscow: Sovetskiy sport, 232 p.
7. Voznesenskiy, L.S., Zalesskiy, M.Z., Arzhanova, G.D. and Tyshkevich, V.V. (1979), Blood urea control in cyclic sports, *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, no. 10, pp. 18–20.
8. Makarova, G.A., Kolesnikova, N.V., Skibitskiy, V.V., Baranovskaya, I.B., Feshchenko, V.S., Bratova, A.V., Holyavko, Yu.A., Yuryev, S.Yu. and Fendrikova, A.V. (2020), *Diagnostic potential of hematologic status in athletes*, Moscow: Sport, 256 p.
9. Dadeliene, R., Dadelo, S., Pozniak, N. and Sakaluskas, L. (2020), Analysis of top kayakers' training-intensity distribution and physiological adaptation based on structural modelling, *Ann Oper Res.*, vol. 289, iss. 2, pp. 195–210.
10. Bompa, T. and Buccielli, K. (2016), *Periodization of Training for Sports*, Moscow: Sport, 384 p.

