Дата публикации: 01.12.2023
DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_34
УДК 796.015; 796.88

Publication date: 01.12.2023
DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_34
UDC 796.015; 796.88

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА ТЯЖЕЛОАТЕТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРЕАТИНИНА

И.П. Сивохин[1], Г.Б. Марденова[2], Н.А. Огиенко[1], И.Ф. Андрущишин[3], Д.Н. Черногоров[4]
[1]Костанайский региональный университет им. А. Байтурсынова, г. Костанай, Казахстан
[2]Национальный научно-практический центр физической культуры, г. Нур-Султан, Казахстан
[3]Казахская академия спорта и туризма, г. Алматы, Казахстан
[4]Московский государственный педагогический университет, г. Москва, Россия

Аннотация. Растущая конкуренция в современном спорте предполагает дальнейший поиск эффективных средств и методов спортивной подготовки, а также новых моделей тренировочного процесса. В исследовании приняли участие элитные тяжелоатлеты (женщины) в количестве 16 человек, члены национальной сборной Республики Казахстан. Испытуемые спортсменки были разбиты на две группы по 8 человек: контрольную и экспериментальную. Контрольная группа тренировалась по традиционным программам. Экспериментальная группа тренировалась по экспериментальной программе, которая была ориентирована на увеличение физиологической нагрузки на креатинфосфатные механизмы энергообеспечения мышечной работы. Была установлена статистически значимая взаимосвязь между спортивным результатом (в очках), который отражает абсолютный спортивный результат без учета собственного веса, и значениями креатинина на кг собственного веса. Коэффициент корреляции составил r=0,670, ($p<0,01$). Спортивный результат в сумме двоеборья, выраженный в очках (таблица Синклера), исключающий влияние собственного веса, оказался на 29,1 очка выше у спортсменок экспериментальной группы по сравнению со спортсменками контрольной группы ($p<0,01$). Более высокими у спортсменок экспериментальной группы оказались биохимические показатели креатинина, которые составили 1,87 мкмоль/л на кг веса и были на 0,34 мкмоль/л на кг веса выше, чем у спортсменок контрольной группы ($p<0,05$). Проведенное исследование дало возможность получить экспериментальные данные, которые позволили установить, что подготовка спортсменок по тренировочной модели, ориентированной на развитие креатинфосфатных механизмов энергообеспечения, оказалась более эффективной и позволяла добиваться более высоких темпов прироста спортивно-технических результатов.
Ключевые слова: элитные тяжелоатлеты, креатинфосфатный механизм энергообеспечения, показатели креатинина, модель тренировочного процесса, макроцикл подготовки.

EFFECTIVENESS OF THE TRAINING PROCESS OF WEIGHTLIFTERS USING THE BIOCHEMICAL INDICES OF CREATININE

I.P. Sivokhin[1], G.B. Mardenova[2], N.A. Ogienko[1], I.F. Andrushchishin[3], D.N. Chernogorov[4]
[1]A. Baitursynov Kostanay Regional University, Kostanay, Kazakhstan
[2]National Scientific and Practical Centre for Physical Culture, Nur-Sultan, Kazakhstan
[3]Kazakh Academy of Sport and Tourism, Almaty, Kazakhstan
[4]Moscow City University, Moscow, Russia

Annotation. Growing competition in modern sports implies further search for effective means and methods of sports training, as well as new models of training process. The study included 16 elite weightlifters (women), members of the Kazakhstan National Team. The test subjects were divided into two groups 8 people each: control and experimental. The control group trained according to the traditional models. The experimental group trained according to an experimental model that focused on increasing physiological load on the creatine phosphate mechanisms of muscle work energy supply. A statistically significant relationship was identified between sports results shown in scores, which express absolute sports results without taking into account one's

own body mass and creatinine values per kg of one's own body mass. The correlation coefficient amounted to 0.670 ($p<0.01$). The sports result in the sum of the Olympic Weightlifting shown in points (Sinclair coefficients), excluding the influence of body mass, was 29.1 points higher in the experimental group than in the control group ($p<0.01$). The biochemical values of creatinine, which amounted to 1.87 mmol/L per kg of one's own body mass, were higher in female athletes of the experimental group by 0.34 mmol/L per kg of body mass than in those of the control group ($p<0.05$). The study provided an opportunity to obtain experimental data, which allowed to establish that training of female athletes according to a training model aimed at the development of creatine phosphate mechanisms of energy supply turned out to be more effective and allowed to achieve higher rate of improvement in sports and technical results.

Keywords: elite weightlifters, creatine phosphate mechanism of energy supply, creatinine indices, training process model, training macro-cycle.

Введение. Современный спорт предполагает системный поиск более эффективных моделей спортивной подготовки, повышение качества управления учебно-тренировочного процесса на всех этапах спортивного совершенствования. Анализ специальной литературы позволил выявить ряд противоречий между стремлением к дальнейшему совершенствованию тренировочных программ подготовки спортсменов и недостаточным объемом научной информации о реакции организма спортсменов на тренировочную нагрузку. Отсутствие объективных и точных количественных данных влияния физической нагрузки на организм спортсмена не позволяет добиваться высокой эффективности управления тренировочным процессом с учетом индивидуальной реакции спортсменов. Для решения данной проблемы в спорте часто используется биохимический контроль, связанный с измерением концентрации креатинина в крови спортсмена, по которой оценивают индивидуальную емкость и мощность креатинфосфатного механизма мышечного сокращения у спортсмена при выполнении физической работы максимальной мощности. Анализ литературных источников показывает, что чаще всего биохимический контроль используется в подготовке спортсменов в циклических видах спорта или видах, связанных с проявлением выносливости [1-3]. В тяжелой атлетике таких работ мало, что ограничивает возможности для понимания процессов, которые происходят в организме спортсменов, выполняющих скоростно-силовую и силовую работу. Исследование динамики показателей креатинина позволит дать объективную оценку емкости и мощности креатинфосфатного механизма энергообеспечения мышечного сокращения [4-5], а также выявить характер и степень взаимосвязи данного показателя с уровнем спортивно-технического мастерства элитных тяжелоатлетов. Научные данные говорят о том, что между количествами креатина и актина существует практически линейная взаимосвязь [6]. В научном сообществе существует достаточно правдоподобная гипотеза о том, что свободный креатин влияет на активность генетического аппарата мышечной клетки, связанного в том числе и с усилением интенсивности синтеза миофибрилл [7-9]. Такая научная информация открывает возможность для построения более эффективных моделей тренировочного процесса с выраженной направленностью на избирательное развитие креатинфосфатного механизма энергообеспечения мышечной работы, что может позволить добиваться более высоких темпов прироста спортивного результата и повысить уровень спортивного мастерства спортсменов. Данное исследование также позволит более тщательно отработать биохимические методы объективного контроля за качеством тренировочного процесса спортсменов с учетом специфики соревновательной и тренировочной деятельности.

Цель исследования – изучить влияние экспериментальной модели тренировочного процесса на динамику

показателей креатинина в крови и рост уровня спортивно-технических результатов у элитных тяжелоатлеток.

Методы и организация исследования. В исследование были включены методы биохимического и педагогического контроля, методы математико-статистического анализа. В исследовании приняли участие элитные тяжелоатлеты (женщины) в количестве 16 человек, члены национальной сборной Республики Казахстан.

Лабораторное обследование спортсменов по определению биохимических маркеров в крови проводилось во время учебно-тренировочных сборов, после интенсивной физической нагрузки, ночного отдыха (сна), на следующее утро, натощак. Забор крови проводился с использованием 3-х компонентной одноразовой безопасной системы (игла, держатель, пробирка) AVATUB. Венепункция проводилась с локтевой вены.

Лабораторные исследования выполнялись на автоматическом биохимическом экспресс-анализаторе SpotchemSP-4430 (Arkray Factory Inc, Япония) методом сухой химии с использованием твердофазного реагента (многотипные тест-полоски) 2-х типов: мульти- (6 реакционных полей) и моно-полоски. Встроенная компактная центрифуга уменьшает предварительную обработку образцов перед измерением. Простая и быстрая операция позволяет при измерении 3 моно-полосок и 1 мульти-полоски одновременно определить 9 аналитов, минимальный объем образца (количество тестов – 6, +38 мкл сыворотки). Время выполнения измерения 9 аналитов составляло 7 минут.

Для сохранения верности измерений проводилась калибровка анализатора 2-х видов: калибровка магнитной картой (индикаторной) и калибровка с помощью устройства SpotchemCalibratorKitBoxA, контроль качества проводился с использованием контрольного материала Spotchem CalibratorChek.

Биохимический контроль выполнялся специалистами комплексной научной группы (КНГ) по Программе стандартного лабораторного обследования спортсменов. При измерении определялись значения креатинина – промежуточного продукта белкового обмена. Значения креатинина определялись в мкмолях на литр крови. Для анализа рассчитывалось значение креатинина на массу тела.

Уровень тренировочной нагрузки соответствовал базовому микроциклу и традиционным программам.

Для анализа данных использовалась программа математико-статистического анализа SPSS. При анализе определялись следующие статистические показатели: среднее групповое – $\bar{X}$, стандартное отклонение – S. Определялись значения корреляции r (по Пирсону). Уровень квалификации спортсменов определялся в очках по специальной таблице Синклера, которая позволяет оценить результат в соревновательных упражнениях, выраженный в килограммах, каждого спортсмена с учетом его собственного веса. Таким образом, определялся результат спортсмена на единицу массы тела.

Испытуемые спортсменки были разбиты на две группы по 8 человек: контрольную и экспериментальную. Контрольная группа тренировалась по традиционной программе. Экспериментальная группа тренировалась по программе, которая была ориентирована на увеличение физиологической нагрузки на креатинфосфатные механизмы энергообеспечения мышечной работы. Данная программа была разработана, опробована на практике и описана в работах, опубликованных ранее [10-11]. Тренировочный процесс проходил в условиях тренировочных сборов к главным международным соревнованиям, чемпионатам Азии и мира. Длительность макроцикла подготовки – не менее 8 месяцев. Забор крови производился за 3 недели до главного старта. Спортсмены находись на пике спортивной формы.

Результаты исследования и их обсуждение. Значения полученных показателей, отражающих уровень концентрации креатинина в крови испытуемых (абсолютные значения и на кг массы тела), а также лучшие результаты спортивного мастерства (в кг и очках) представлены в таблицах 1 и 2. В таблице 1 представлены данные обеих групп испытуемых. С 1 по 8 номер представлены спортсменки, которые входили в экспериментальную группу, 9-16 номер – спортсменки, входящие в контрольную группу.

Таблица 1

Спортивно-технические и биохимические показатели тяжелоатлетов (женщины) (n=16)

№ п/п	ФИО	Собственный вес, кг	Результат в сумме, кг	Креатинин, мкмоль/л	Результат в сумме, очки	Креатинин, мкмоль/л на кг веса
1	А-ва А.	112	245	132	254	1,18
2	А-ек А.	58	180	122	249	2,10
3	Г-ва К.	67	225	122	284	1,82
4	Л-ва Н.	71	242	137	296	1,93
5	С-ва С.	59	218	125	298	2,12
6	С-ва А.	66	226	131	288	1,99
7	Ч-ва А.	71	213	128	261	1,80
8	Ч-ло З.	56	200	112	282	2,00
9	Б-ва Е.	71	215	117	263	1,64
10	Ж-л Ж.	74	200	109	240	1,47
11	М-ва Р.	84	228	140	258	1,67
12	М-да А.	114	240	123	247	1,08
13	Н-ва А.	83	220	133	250	1,60
14	С-ко Е.	71	215	128	263	1,80
15	С-ва С.	66	185	115	235	1,74
16	К-ва Л.	87	200	104	223	1,20
$\bar{X}$=		75,6	215,8	123,6	261,9	1,7
S=		17,1	19,1	10,2	22,2	0,32

Примечание: $\bar{X}$ – среднее групповое; S – стандартное отклонение

Результаты исследования показывают, что испытуемые входили в разные весовые категории, их вес колебался от 56 до 114 кг. Среднегрупповой результат в сумме двоеборья составлял 215,8 кг (S=19,1) и колебался от 180 до 245 кг. Результат в сумме в очках (по таблице Синклера) составлял в среднем 261,9 очков (S=22,2) и колебался от 298 до 223 очков. Концентрация креатинина составляла 123,6 мкмоль/л (S=10,2) и колебалась от 140 до 104 мкмоль/л. Концентрация креатинина на кг веса составляла 1,7 мкмоль/л/кг (S=0,32) и колебалась от 2,12 до 1,08 мкмоль/л на кг собственного веса.

Корреляционный анализ показал, что между собственным весом спортсменок и спортивным результатом в сумме двоеборья в кг существует достоверная взаимосвязь – r=0,591 ($p<0,05$). Также выявлена статистически значимая связь между спортивным результатом в кг и суммарными значениями креатинина у спортсменок – r=0,658 ($p<0,01$). Данный факт подтверждает на эмпирическом уровне теорию о том, что мощность креатинфосфатного механизма энергообеспечения мышечной работы в достаточно высокой степени определяет спортивный результат в скоростно-силовых видах спорта и в тяжелой атлетике в

частности [4, 6]. В связи с этим, интерес представляет сравнение значений креатинина у тяжелоатлеток и спортсменов, специализирующихся в спортивном ориентировании, у которых среднегрупповые значения оказались равными 93,88 ед/л (m=20,44). У тяжелоатлеток эмпирическое значение креатинина оказалось на 29,7 ед/л выше, чем у спортсменов, специализирующихся в виде спорта на выносливость [12].

Особый интерес представляют результаты исследования, в котором была установлена статистически значимая взаимосвязь между спортивным результатом (в очках), который выражает абсолютный спортивный результат без учета собственного веса, и значениями креатинина на кг собственного веса. Коэффициент корреляции составил r=0,670 (p<0,01). Таким образом, исследование показывает, что уровень спортивного мастерства тяжелоатлетов в значительной степени определяется мощностью креатинфосфатного механизма энергообеспечения мышечного сокращения спортсменов. Данную связь можно объяснить тем, что с увеличением креатинфосфата в мышечной клетке возрастает скорость ресинтеза миофибриллярной аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), что определяет силу сокращения скелетных мышц [6]. Научные данные говорят о том, что между количеством креатина в мышце и массой миофибрилл существует высокая взаимосвязь в связи с ростом сократительного белка актина [6]. Это в совокупности влияет на силу сокращения мышц и определяет спортивный результат в тяжелой атлетике. Проведенное исследование также показывает, что биохимические показатели креатинина можно рассматривать как достаточно информативный индикатор для оценки эффективности и направленности тренировочной нагрузки на развитие мощности креатинфосфатного механизма обеспечения энергии мышечного сокращения. Это дает возможность получать объективную информацию о процессах, которые идут в организме, и тем самым более эффективно управлять системой спортивной подготовки.

Возникает вопрос: насколько возможно при наличии таких средств объективного контроля добиться построения принципиально новых моделей тренировочного процесса, направленного на избирательное воздействие на креатинфосфатный механизм энергообеспечения мышечной работы, повышая тем самым эффективность спортивной подготовки.

Научные данные говорят о том, что лучшим способом развития скоростно-силовых качеств является интервальное выполнение упражнений с максимальной и субмаксимальной интенсивностью и с включением относительно длительных пауз отдыха. Главная цель тренировки – активация креатинфосфатных или алактатных механизмов энергообеспечения без чрезмерного накопления молочной кислоты, которая не должна превышать 6-8 мкмоль/л [1]. По некоторым данным, при высоких значениях лактата угнетаются креатинфосфатные механизмы энергообеспечения мышечной работы [1].

Высокая концентрация лактата, а также длительное ее пребывание в мышечных клетках приводят к обширным разрушениям внутриклеточных структур и мембраны мышечных волокон. Научные данные говорят о том, что это ведет к снижению процессов восстановления, при этом подавляется синтез сократительных белков, в том числе и миофибрилл [3, 9]. При этом снижается суммарный эффект тренировочной нагрузки в тяжелой атлетике.

С целью проверки рабочей гипотезы о возможности направленного воздействия на развития креатинфосфатного механизма энергообеспечения мы провели педагогический эксперимент в рамках макроцикла подготовки. Для этого была разработана авторская экспериментальная модель тренировочного процесса, направленного на увеличение объема креатинфосфата за счет повышения физиологической нагрузки на алактатные механизмы энергообеспечения.

Для проведения педагогического эксперимента путем случайного выбора были созданы две группы спортсменок по 8 человек ($n_1=n_2=8$). Контрольная группа тренировалась по традиционной программе под контролем тренерского состава. Вторая группа тренировалась по экспериментальной программе, которая была ориентирована на избирательное развитие креатинфосфатного механизма энергообеспечения мышечной работы. Эксперимент проходил в течение 8 месяцев до момента биохимического контроля. Результаты исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели собственного веса, спортивного результата и креатинина у спортсменов экспериментальной и контрольной групп ($n_1=n_2=8$)

Показатель	Экспериментальная группа ($n_1=8$)		Контрольная группа ($n_2=8$)		Разница	P
	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S		
Собственный вес, кг	70,0	17,9	81,3	15,2	1,3	>0,05
Результат, кг	218,6	21,4	212,9	17,5	5,7	>0,05
Креатенин, мкмоль/л	126,1	7,7	121,1	12,2	5,0	>0,05
Результат, очки.	276,5	19,1	247,4	14,2	29,1	<0,01
Креатенин, мкмоль/л на кг	1,87	0,3	1,53	0,26	0,34	<0,05

Примечание: $\bar{X}$ – среднее групповое; S – стандартное отклонение

Результаты исследования показали, что различия по показателям собственного веса, спортивного результата в сумме двоеборья (кг) и концентрации креатинина в крови у спортсменов в экспериментальной и контрольной группах оказались статистически недостоверными. Спортивный результат в сумме двоеборья, выраженный в очках (таблица Синклера), исключающий влияние собственного веса, у спортсменок экспериментальной группы оказался на 29,1 очков выше, чем у спортсменок в контрольной группе ($p<0,01$). Более высокими у спортсменок экспериментальной группы оказались биохимические показатели креатинина, которые составили 1,87 мкмоль/л на кг собственного веса и были на 0,34 мкмоль/л на кг веса выше, чем у спортсменок контрольной группы ($p<0,05$).

Таким образом, результаты эксперимента показали, что подготовка спортсменок по экспериментальной модели тренировки в течение 8 месяцев, направленной на развитие креатинфосфатного механизма энергообеспечения за счет увеличения суммарной физиологической нагрузки на механизм, привело к увеличению креатинфосфата в мышцах, о чем свидетельствовали статистически более высокие показатели креатинина в крови у спортсменок экспериментальной группы. Высокие показатели креатинина у спортсменок экспериментальной группы сопровождались достоверно более высоким спортивным результатом в сумме двоеборья (в очках), чем у спортсменок контрольной группы.

Проведенное исследование дало возможность получить экспериментальные данные, которые позволили установить, что подготовка спортсменок по тренировочной модели, ориентированной на развитие креатинфосфатных механизмов энергообеспечения, оказалась более эффективной. Полученный эффект можно объяснить двумя факторами. Первое – увеличение мощности креатинфосфатного механизма энергообеспечения обеспечивает высокую скорость ресинтеза миофибриллярной АТФ. Второе – количество креатина может влиять на активацию внутриклеточных механизмов, определяющих работу генетического аппарата мышечных волокон, и обеспечивать высокую интенсивность синтеза сократительного белка актина, от чего зависит рост массы миофибрилл [6-8]. Данные

факторы в совокупности определяют силу сокращения мышц и собственно спортивный результат в тяжелой атлетике.

Говоря об экспериментальной модели тренировки, следует оговорить ряд требований. Для устранения побочного эффекта, связанного с чрезмерным накоплением лактата, в тренировке тяжелоатлетов следует выполнять интенсивную нагрузку (80-100%) в пределах 20-25 мин, затем целесообразно включать паузы пассивного отдыха в течение 15-20 мин для утилизации молочной кислоты и восстановления креатинфосфатного механизма энергообеспечения мышечного сокращения [3]. Некоторые литературные источники говорят о том, что часто тяжелоатлеты используют в своей подготовке тренировочные нагрузки, которые сопровождаются значительным повышением лактата до 14 мкмоль/л и выше [13], что по нашему мнению снижает специфическую направленность тренировочного процесса и, как следствие, ведут к уменьшению суммарного тренировочного эффекта.

Для достижения высокого тренировочного эффекта в тяжелой атлетике также следует выполнять короткие по времени тренировочные нагрузки с высокой интенсивностью. Для достижения больших объемов тренировочной работы высокой интенсивности следует увеличивать количество тренировок до двух-трех в течение дня. Для исключения накопления избыточной концентрации лактата необходимо между упражнениями включать периоды пассивного отдыха в течение 15-20 минут [3]. Этого времени достаточно для снижения лактата на 50-60%, о чем свидетельствуют и наши собственные исследования [14]. Знание законов функционирования и адаптации человеческого организма к тренировочным нагрузкам различной направленности позволяет повысить эффективность подготовки спортсменов на всех этапах становления спортивно-технического мастерства [15-18].

Заключение. Проведенное исследование показало, что биохимический контроль за показаниями креатинина является информативным индикатором реакции организма спортсменов на тренировочную нагрузку и может использоваться для управления учебно-тренировочным процессом в тяжелой атлетике. Исследование позволило получить новые знания о процессах, которые происходят в организме спортсменов под воздействием тренировочной нагрузки скоростно-силового характера.

Проведенное исследование дало возможность получить экспериментальные данные, которые позволили установить, что подготовка спортсменок по тренировочной модели, ориентированной на развитие креатинфосфатных механизмов энергообеспечения, оказалась более эффективной и позволяла добиваться более высоких темпов прироста спортивно-технических результатов. Полученный эффект можно объяснить двумя факторами. Первое – увеличение мощности креатинфосфатного механизма энергообеспечения определяет высокую скорость ресинтеза миофибриллярной АТФ. Второе – количество креатина может влиять на активацию внутриклеточных механизмов, определяющих работу генетического аппарата мышечных волокон, и обеспечивать высокую интенсивность синтеза нуклеиновых кислот и сократительного белка актина, от чего зависит рост массы миофибрилл. Данные факторы в совокупности определяют силу сокращения мышц и в определенной степени – спортивный результат в тяжелой атлетике.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The author declares no conflict of interest

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Янсен, П. ЧСС, лактат и тренировки на выносливость: Пер. с англ / П. Янсен. – Мурманск: Издательство «Тулома», 2006. – 160 с.
2. Яковлев, Н. Н. Химия движения: Молекулярные основы мышечной деятельности / Н. Н. Яковлев. – Л.: Наука, 1983. – 191 с.
3. Селуянов, В. Н. Подготовка бегуна на средние дистанции / В. Н. Селуянов. – М.: СпортАкадемПресс, 2001. – 104 с.
4. Михайлов, С. С. Спортивная биохимия: Учебник для вузов и колледжей физической культуры. 2-е изд., доп. / С. С. Михайлов. – М.: Советский спорт, 2004. – 220 с.
5. Раджабкадиев, Р. М. Биохимические маркеры адаптации высококвалифицированных спортсменов к различным физическим нагрузкам / Р. М. Раджабкадиев // Наука и спорт: современные тенденции. – 2019. – Т. 7. – № 2. – С. 81-91.
6. Биохимия: учеб. для ин-тов физ. культуры / под ред. В.В. Меньшикова, Н.И. Волкова.– М.: Физкультура и спорт, 1986. – 384 с.
7. Волков, Н. И. Биоэнергетика напряженной мышечной деятельности человека и способы повышения работоспособности спортсменов: Автореф. дис. …док. биол. наук / Н. И. Волков. – М.: НИИНФ, 1990. – 101 с.
8. Walker, J. B. Creatine: biosynthesis, regulation, and function / J. B. Walker // Adv Enzymol Relat Areas Mol Biol. – 1979. – № 50. – P. 117-129.
9. Иванов, И. И. Биохимия мышц / И. И. Иванов, Б. Ф. Коровкин, Г. П. Пинаев – М.: Медицина, 1977. – 343 с.
10. Динамика изменения лактата крови у тяжелоатлетов высокой квалификации в восьминедельном цикле подготовки / Сивохин И. П., Скотников В. Ф., Тапсир М. [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2017. – № 1. – С. 21-28.
11. Эффективность тренировочной нагрузки алактатной направленности в подготовке элитных тяжелоатлетов / Сивохин И. П., Скотников В. Ф., Комаров О. Ю. [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2017. – № 3. – С.26-29.
12. Интегративный анализ функционального и метаболического состояния спортивных ориентировщиков высокой квалификации в условиях концентрированного развития локально-региональной мышечной выносливости / А. П. Исаев, Э. Э. Маматов, Е. Ю. Савиных, А. В. Ненашева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2014. – Т. 14. – № 2. – С. 58-66.
13. Комплексная диагностика подготовленности высококвалифицированных тяжелоатлетов / А. А. Воробьев, Л. Ф. Колокатова, А. Н. Корженевский, Л. В. Тарасова // Теория и практика физической культуры. – 2012. – № 12. – С. 26-32. URL: https://naukarus.com/kompleksnaya-diagnostika-podgotovlennosti-vysokokv alifitsirovannyh-tyazheloatletov (дата обращения: 22.10.2023)
14. Изменение лактата на тренировочную нагрузку в микроцикле подготовки тяжелоатлетов / Сивохин И. П., Агеев О. В., Орехов Л. И. [и др.] // Теория и методика физической культуры: научно-теоретический журнал. – 2012. – №2 (29) – С. 68-73.
15. Павлов, С. Е. Современные технологии подготовки спортсменов высокой кваификации. 2-е изд., дораб. и доп. / С. Е. Павлов, А. С. Павлов, Т. Н. Павлова. – М.: «ОнтоПринт», 2020. – 300 с.
16. Раджабкадиев, Р. М. Индекс анаболизма высококвалифицированных спортсменов / Р. М. Раджабкадиев, К. В. Выборная // Теория и практика физической культуры. – 2021. – № 10. – С. 46-49.
17. Оценка степени повреждения мышц и миокарда у спортсменов с использованием биохимических автоматизированных методов / В. В. Дорофейков, М. С. Смирнов, Т. Г. Невзорова, Е. В. Шапот // Теория и практика физической культуры. – 2021. – № 10. – С. 55-58.
18 Сивохин, И. П. Оценка эффективности тренировочного процесса тяжелоатлетов с использованием биохимических маркеров / И. П. Сивохин, Г. Б. Марденова, Н. А. Огиенко, В. Ф. Скотников // Теория и практика физической культуры. – 2022 – № 5. – С. 55-58.

REFERENCES

1. Janssen, P. Training Lactate Pulse-Rate: translation from English. Murmansk: Tuloma, 2006. 160 p. (in Russ.)
2. Yakovlev N.N. Chemistry of movement: Molecular basics of muscle activity. Leningrad: Nauka, 1983. 191 pp. (in Russ.)
3. Seluyanov V.N. Training of a middle distance runner. M.: SportAkademPress, 2001. 104 p. (in Russ.)
4. Mikhajlov S.S. Sports biochemistry: Textbook for physical culture universities and colleges. 2nd edition. M.: Sovetskij sport, 2004. 220 p (in Russ.)

5. Radzhabkadiev R.M. Biochemical markers of adaptation of highly qualified athletes to various physical activities. *Science and sport: current trends*, 2019, vol. 7, no. 2, pp. 81-91. (in Russ.)
6. Biochemistry: textbook for physical culture institutes. Men'shikova V.V., Volkova N.I. ed. Moscow: Fizkul'tura i sport, 1986. 384 p. (in Russ.)
7. Volkov N.I. Bioenergetics of stressed human muscular activity and ways to improve the performance of athletes: an author's abstract. Moscow: Normal Physiology Research Institute, 1990. 101 p. (in Russ.)
8. Walker J.B. Creatine: biosynthesis, regulation, and function. *Adv Enzymol Relat Areas Mol Biol*, 1979, № 50, pp. 117-129
9. Ivanov I.I., Korovkin B.F., Pinaev G.P. Muscle biochemistry. M.: Meditsina, 1977. 343 p. (in Russ.)
10.Sivokhin I.P., Skotnikov V.F., Tapsir M., Komarov O.Ju., Utegenova B.M., Fedorov A.I. Dynamics of blood lactate changes in elite weightlifters in an eight-week training cycle. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2017, no. 1, pp. 21-28. (in Russ.)
11.Sivokhin I.P., Skotnikov V.F., Komarov O.Yu., Tapsir M., Fedorov A.I., Kalashnikov A.P. Effectiveness of alactiv training load in training of elite weightlifters. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2017, no. 3, pp. 26-29. (in Russ.)
12.Isaev A.P., Mamatov E.E., Savinykh E.Ju., Nenasheva A.V. Integrative analysis of functional and metabolic state of high-qualified orienteering athletes under concentrated development of local regional muscle endurance. *Human. Sport. Medicine*, 2014, vol. 14, no. 2, pp. 58-66. (in Russ.)
13.Vorob'ev A.A., Kolokatova L.F., Korzhenevskij A.N., Tarasova L.V. Integrated diagnostics of fitness of elite weightlifters. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2012, no. 12, pp. 26-32. Available at: https://naukarus.com/kompleksnaya-diagnostika-podgotovlennosti-vysokokvalifitsirovannyh-tyazheloatletov (accessed 22.10.2023) (in Russ.)
14.Sivokhin I.P., Ageev O.V., Orehov L.I., Khlystov M.S., Ni A.G. Changes in lactate per training load in the microcycle of weightlifters training. *Theory and methodology of physical education*, 2012, no. 2 (29), pp. 68-73. (in Russ.)
15.Pavlov S.E., Pavlov A.S., Pavlova T.N. Modern technologies in training elite athletes. 2nd edition. Moscow: OntoPrint, 2020. 300 p. (in Russ.)
16.Radzhabkadiev R.M., Vybornaja K.V. Indeks anabolizma vysokokvalificirovannyh sportsmenov. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2021, no. 10, pp. 46-49. (in Russ.)
17.Dorofejkov V.V., Smirnov M.S., Nevzorova T.G., Shapot E.V. Automated biochemical methods to assess muscle and myocardial damage in athletes. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2021, no. 10, pp. 55-58. (in Russ.)
18.Sivokhin I.P., Mardenova G.B., Ogienko N.A., Skotnikov V.F. Evaluation of the efficiency of the training process of weightlifters using biochemical markers. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2022, no. 5, pp. 55-58. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Иван Павлович Сивохин – доктор педагогических наук, профессор, Костанайский региональный университет имени А. Байтұрсынұлы, Костанай, e-mail: sivokhin_i_57@mail.ru.
Гульдана Базкеновна Марденова – магистр медицины, врач-лаборант высшей категории, старший методист, Национальный научно-практический центр физической культуры, Нур-Султан, e-mail: mardenovag@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3746-789X.
Надежда Анатольевна Огиенко – кандидат педагогических наук, и.о. ассоциированного профессора кафедры теории и практики физической культуры и спорта, Костанайского регионального университета имени А. Байтұрсынұлы, Костанай, e-mail: nadejda_kstkz@mail.ru.
Иосиф Францевич Андрущишин – доктор педагогических наук, профессор, Казахская академия спорта и туризма, Алматы. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0995-9966.
Дмитрий Николаевич Черногоров – кандидат педагогических наук, доцент, Московский государственный педагогический университет, Москва.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Ivan Pavlovich Sivokhin – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, A. Baitursynov Kostanay Regional University, Kostanay, e-mail: sivokhin_i_57@mail.ru.
Gul'dana Bazkenovna Mardenova – Master of Medicine, First-Class Laboratory Doctor, Senior Methodologist, National Scientific and Practical Centre for Physical Culture, Nur-Sultan, e-mail: mardenovag@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3746-789X.

Nadezhda Anatol'evna Ogienko – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Theory and Practice of Physical Culture and Sport, A. Baitursynov Kostanay Regional University, Kostanay, e-mail: nadejda_kstkz@mail.ru.
Iosif Frantsevich Andrushchishin – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Kazakh Academy of Sport and Tourism, Almaty. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0995-9966.
Dmitrij Nikolaevich Chernogorov – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Moscow City University, Moscow.

Для цитирования: Оценка эффективности тренировочного процесса тяжелоатетов с использованием биохимических показателей креатинина / Сивохин И. П., Марденова Г. Б., Огиенко Н. А. [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 4. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_34

For citation: Sivokhin I.P., Mardenova G.B., Ogienko N.A., Andrushchishin I.F., Chernogorov D.N. Effectiveness of the training process of weightlifters using biochemical indices of creatinine. *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7, no. 3. DOI: 10.24412/2588-0500-2022_07_04_34