время осуществления профессиональной деятельности спортсмена в большинстве видов спорта.

Результаты данных исследований были использованы при разработке методических рекомендаций «Технология профилактики дегидратации у спортсменов игровых видов спорта и разработка методик регидратации», в которых приведены рекомендации по восполнению жидкости до, во время и после тренировок и соревнований у спортсменов, специализирующихся в игровых видах спорта.

1. Recommended Dietary Allowances: 10th Edition. Washington(DC): National Academies Press (US); 1989
2. Volpe S L., Poule K.A, Bland E.G Estimation of Prepractice Hydration Status of National Collegiate Athletic Association Division I Athletes. Journal of Athletic Training. №44 (6). 2009. pp. 624-629. doi: 10.4085/1062-6050-44.6.
3. Дуанбекова Г.Б., Киспаев Т.А., Абишев Ж.Б., Ермембетов Ж.М., Мускунов К.С. Спортивные напитки как незаменимый компонент поддержания физической работоспособности организма спортсменов. Современные научные исследования и разработки Т. 2. 2017 № 1 (9).стр. 64-67. Курашвили В.А. Метод контроля дегидратации спортсменов. Вестник спортивных инноваций. №35, 2012, стр. 6-10.
4. Mielgo A.J, Maroto S.B, Luzardo R.S, et al Evaluation of nutritional status and energy expenditure in athletes. Nutrition Hospitalaria. №31, 2015, pp. 227-236. DOI: 10.3305/nh.2015.31.sup3.8770
5. Murray R. Rehydration strategies—balancing substrate, fluid, and electrolyte provision. Int. J Sports Med. 1998;19:S133–S135
6. American Dietetic Association. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: nutrition and athletic performance. J Am Diet Assoc. 2000; 100:1543–1556.
7. Sawka M.N, Burke L.M, Eichner E.R, et al. Exercise and fluid replacement. Med Sci Sports Exerc. 2007; 39(2):377–390.
8. Heather H.F, Alan E.M, Practical applications in sports nutrition. Fifth edition. Burlington, Massachusetts : Jones & Bartlett Learning, 2018
9. Тутельян В.А. Использование метода комплексной антропометрии в спортивной и клинической практике: методические рекомендации / В.А. Тутельян, Д.Б. Никитюк, Е.А. Бурляева. - М.: Спорт, 2018. – 64 с. <https://elibrary.ru/item.asp?id=32388004>
10. Выборная К.В. Основной обмен как интегральный количественный показатель интенсивности метаболизма / Выборная К.В., Соколов А.И., Кобелькова И.В., Лавриненко С.В., Клочкова С.В., Никитюк Д.Б. // Вопросы питания. Том 86, № 5, 2017. С. 5-11
11. Николаев Д.В. Биоимпедансный анализ состава тела человека / Д.В. Николаев, А.В. Смирнов, И.Г. Бобринская, С.Г. Руднев. — М.: Наука, 2009.— 392 с. <https://medass.su/wp-content/uploads/2017/03/book2009.pdf>
12. Патент 2699953 (Российская Федерация, МПК А61В 5/02 (2006.01)). Способ определения персонализированных суточных энерготрат путем пульсометрии / Соколов А.И., Лавриненко С.В., Раджабадиев Р.М., Выборная К.В., Кобелькова И.В., Семенов М.М., Клочкова С.В., Пузырева Г.А., Тутельян В.А., Никитюк Д.Б.; заявитель и патентообладатель г. Москва. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи» - N 2019121540; заявл. 10.07.19; опубл. 11.09.19

Тимонин А.Н., Раджабадиев Р.М., Выборная К.В.
Метаналитические аспекты активности креатинфосфокиназы у спортсменов
циклических видов спорта

ФГБУН Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности
пищи
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-09-2021-109

Аннотация

В работе представлены метаналитические аспекты активности КФК спортсменов различных видов спорта, проведенные в рамках модели «серого ящика» при планировании многофакторного пассивного эксперимента. Конечная модель плана пассивного эксперимента была представлена как 2х4х5х6, а ведущим методом анализа являлся – двухфакторный дисперсионный анализ. В качестве фиксируемых факторов были

использованы: пол (фактор А, два уровня), тип тренировки (фактор В, четыре уровня), вид спорта (фактор С, шесть уровней), стресс нагрузка (фактор D, пять уровней, а в качестве зависимой переменной рассматривается активность КФК-ММ (Ед/л). Установлено, что пол имеет значимую статистическую ассоциацию с видами спорта, а активность КФК-ММ мужчин соответствующих видов спорта всегда достоверно выше, чем у женщин. Также установлено, что тип тренинга недостоверно влияет на активность КФК-ММ, а стресс-фактор достоверно влияет на активность КФК-ММ.

Ключевые слова: спортсмены, выносливость, креатинфосфокиназа, пассивный эксперимент, биохимический статус.

Abstract

The paper presents the metanalytic aspects of the CPK activity of athletes of various sports, carried out within the framework of the "gray box" model when planning a multifactorial passive experiment. The final model of the passive experiment design was presented as $2 \times 4 \times 5 \times 6$, and the leading analysis method was two-way ANOVA. The following factors were used as recorded factors: gender (factor A), at which there are two levels, type of training (factor B), with four levels, sport (factor C) with six levels, stress load (factor D) with five levels, and the activity of CPK-MM in U / L is considered as a dependent variable. It was found that gender has a significant statistical association with sports, and the CPK-MM activity of men in the respective sports is always significantly higher than that of women. It was also found that the type of training does not significantly affect the activity of CPK-MM, and the stress factor significantly affects the activity of CPK-MM.

Keywords: athletes, endurance, creatine phosphokinase, passive experiment, biochemical status.

Введение. Фермент креатинфосфокиназа (КФК) имеет важное биохимическое значение в энергообеспечении организма в условиях высокой функциональной нагрузки, так как осуществляет перевод макроэргической ортофосфатной связи с аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) на креатин, что позволяет значительно быстрее мобилизовать внутриклеточные экзергонические процессы [1-3]. Это тем более актуально для профессиональных спортсменов. Рассмотрим систему «активность КФК/функциональная нагрузка» Для информативного обзора такой системы можно использовать хорошо себя зарекомендовавшую в научно-исследовательской деятельности модель «серого ящика», когда исследователь обладает определенной априорной информацией о данной системе и ее основных элементах [4]. Важно также в обзоре данного вопроса указывать на методологию исследования, использованную в изучении данной системы в различных научных публикациях, потому что от этого зависит характер интерпретации полученных выводов исследования, а также корректность их экстраполирования в обобщениях.

Материалы и методы. Проведен многофакторный дисперсионный анализ литературных данных с использованием множественного сравнения средних (Критерий Тьюки) при условии нормального распределения и равенства дисперсий при уровне значимости 0.05.

Результаты исследования. В рамках модели «серого ящика» рассмотрим заданную систему в качестве многофакторной модели, где фиксируемыми факторами будут такие, для которых априори известно их биологическая значимость для активности КФК [4]. К фиксируемым факторам в данном обзоре можно отнести изоформы фермента КФК, пол, возраст, уровень мышечной массы, уровень подготовки спортсмена, группу мышц, задействованную в реализации движения, интенсивность и длительность нагрузки. Данный анализ представим в качестве планирования пассивного эксперимента по плану 2^7 [4]. Таким образом, каждый фиксируемый фактор можно разбить на два уровня: КФК можно разбить на КФК-МФ и КФК-ММ, пол на мужской и женский, возраст на юниоров и взрослых спортсменов, уровень мышечной массы на невысокий и высокий, уровень подготовки

спортсмена на невысокий и высокий, группу мышц, задействованная в движении на группы мышц верхней части тела и группа мышц нижней части тела, интенсивность и длительность нагрузки на высокоинтенсивные и умеренно интенсивные. Такой анализ позволяет учитывать как достоверный вес фиксируемых факторов, так и их межфакторную взаимосвязь.

Из данных некоторых научных публикаций, следует, что существует линейная прямая корреляция между уровнем мышечной массы и активностью КФК [1-3]. Из этого наблюдения следует, что все фиксируемые факторы, которые априори ассоциированы с мышечной массой тела, будут также иметь достоверную корреляцию. Тогда из вышеперечисленных фиксируемых факторов априори имеют межфакторную взаимосвязь пол, возраст, уровень подготовки спортсменов, группы мышц верхних и нижних конечностей. Поскольку эти фактора взаимосвязаны, в рамках модели «серого ящика» (для которой нехарактерно устанавливать причинно-следственную связь) для планирования пассивного эксперимента с заданными независимыми фиксируемыми факторами из вышеперечисленных факторов можно выделить наиболее хорошо представленные в научных публикациях: КФК, пол, тип тренировки, вид спорта, стресс-нагрузка. План такого пассивного эксперимента представлен пятью потенциально независимыми фиксируемыми факторами, где КФК в ряде разных работ в области спорта рассматривались по изоформе КФК-ММ, пол – мужской/женский, тип тренировки – в пределах аэробного порога (АП), в пределах порога анаэробного обмена (ПАНО), гликолитический режим тренинга и анаэробная силовая схема тренировки. В рамках данного анализа рассматриваются следующие виды спорта: биатлон, велоспорт, академическая гребля, гребля на байдарках и на каноэ, лыжные гонки, плавание; а для фактора «стресс нагрузка» рассматриваются следующие уровни: реакция хронического стресса, реакция тренировки, реакция спокойной активации, реакция повышенной активации и реакция переактивации. Таким образом, данный план разбивается на следующие входные независимые фиксируемые факторы: пол (фактор А), на котором два уровня; тип тренировки (фактор В), с четырьмя уровнями; вид спорта (фактор С) с шестью уровнями; стресс нагрузка (фактор D) с пятью уровнями; а в качестве зависимой переменной рассматривается активность КФК-ММ (Ед/л). В этом случае применим план анализа: 2х4х5х6 [4]. При изучении литературных данных в качестве метода исследования был использован многофакторный дисперсионный анализ в следующих приложениях: двухфакторный дисперсионный анализ для исследования фиксируемых факторов пола и видов спорта и двухфакторный дисперсионный анализ для фиксируемых факторов тип тренировки и стресс-нагрузка. Данные приведены таблично, а результаты анализа в виде стандартного протокол-отчета дисперсионного анализа.

Таблица 1

Влияние вида спорта и пола спортсменов на активность КФК-ММ ($M \pm m$) [1-3]

Вид спорта	Мужчины		Женщины	
	Кол-во обследованных (n)	КФК-ММ (Ед/л)	Кол-во обследованных (n)	КФК-ММ (Ед/л)
Биатлон	116	286,4±18,8	617	202,9±6,98
Велоспорт	135	252,1±14,5	85	181,63±8,63
Академическая гребля	1089	209,7±4,13	233	134,5±3,96
Байдарка и каноэ	2938	312,5±5,28	472	187,6±5,75
Лыжные гонки	112	288,7±17,4	122	200,1±9,41
Плавание	581	276,7±11,8	450	171,1±10,4

При использовании двухфакторного дисперсионного анализа и множественного сравнения средних с использованием критерия Тьюки при условии нормального распределения и равенства дисперсий было установлено, что есть достоверная межфакторная связь между видами спорта и полом спортсменов ($p < 0,001$). Также установлен достоверный отклик факторов «пол» и «вид спорта». Следовательно, существуют значимые

отличия между активностью КФК-ММ спортсменов у мужчин и женщин. С использованием критерия Тьюки установлено, что достоверные отличия ($p < 0,05$) обнаружены между биатлоном и велоспортом, академической греблей; велоспортом и академической греблей, греблей на байдарках и каноэ, лыжными гонками; академической греблей и греблей на байдарках и каноэ, лыжными гонками, плаванием; байдарках и каноэ и лыжными гонками, плаванием, лыжными гонками и плаванием.

Таблица 2

Влияние типа тренировки и стрессовой нагрузки на активность КФК-ММ ($M \pm m$) [1]

Тип тренировки	КФК-ММ (Ед/л)	Стресс-фактор	КФК-ММ (Ед/л)
АП	178,7±5,78	РХС	226,8±12,2
ПАНО	138,7±3,78	РТ	137,5±3,62
Гликолитическая	140,6±4,01	РСА	172,6±5,03
Анаэробная силовая	173,7±5,21	РПА	203,6±8,56
		переактивация	256,8±13,54

При использовании двухфакторного дисперсионного анализа и множественного сравнения средних с использованием критерия Тьюки при условии нормального распределения и равенства дисперсий было установлено, что между факторами «тип тренировки» и «стресс-нагрузка» нет достоверной взаимосвязи ($p > 0,05$). Следовательно, данные фиксируемые факторы независимы. Также установлено отсутствие достоверного отклика на фиксируемом факторе «тип тренировки» ($p > 0,05$), но для фактора «стресс-нагрузка» установлен достоверный отклик ($p < 0,001$). При использовании критерия Тьюки установлено, что все уровни на факторе «стресс-нагрузка» имели достоверное отличие ($p < 0,01$).

Выводы. Таким образом, по результатам анализа литературных данных с использованием методов многофакторной параметрической статистики, можно сделать следующие выводы.

1. Пол имеет значимую статистическую ассоциацию с видами спорта.
2. Активность КФК-ММ у мужчин соответствующих видов спорта всегда достоверно выше, чем у женщин. Это наблюдение объяснимо положительной сильной корреляцией между мышечной массой и уровнем КФК-ММ и мышечной массой и полом – у мужчин мышечная масса больше, чем у женщин.
3. Установлено, что биатлон, лыжные гонки, а также плавание не имеют достоверных отличий по активности КФК-ММ спортсменов, как у мужчин, так и у женщин. Наиболее высокая активность КФК-ММ была отмечена для гребли на байдарках и каноэ и лыжных гонок.
4. Установлено, что тип тренинга недостоверно влияет на активность КФК-ММ.
5. Установлено, что стресс-нагрузка достоверно влияет на активность КФК-ММ. При этом, именно этот фактор наиболее значимо ассоциирован с активностью КФК-ММ.

1. Рыбина, И.Л. Биохимические аспекты оценки адаптации организма высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта к напряженным физическим нагрузкам / И.Л. Рыбина // автореферат диссертационного соискания ученой степени доктора биологических наук 14.03.11 – восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия. Москва – 2016.
2. Рыбина, И.Л. Использование активности креатинфосфокиназы в оценке срочной и долговременной адаптации организма спортсменов к тренировочным нагрузкам / И.Л. Рыбина, З.М. Кузнецова // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2015. – № 3 (36). – С. 150-158.
3. Рыбина, И.Л. Физиологические значения активности креатинфосфокиназы у высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта // Вестник спортивной науки. – 2015. – № 6. – С. 36-41.
4. Лисенков, А.Н. Математические методы планирования многофакторных медико-биологических экспериментов / А.Н. Лисенков // Медицина. – 1979. – С. 15-123.