

УДК 612

Бикметов А. В., Заварухина С. А.

Уральский государственный университет физической культуры
Челябинск, Россия
svezava@yandex.ru

ПРАКТИЧЕСКАЯ ПРИМЕНИМОСТЬ АНАЛИЗА ИНДЕКСА DFAa1 В ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПОРОГОВ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

Аннотация. Для построения качественного тренировочного процесса необходимо обладать информацией о метаболических порогах энергообеспечения при физических нагрузках. Оптимальным способом получения этой информации является метод ступенчатого нагрузочного тестирования с забором капиллярной крови на исследование концентрации лактата. В попытке отойти от инвазивного метода идёт поиск альтернативных методов определения метаболических пределов интенсивности физических упражнений, одним из таких методов является анализ индекса DFAa1 краткосрочного показателя фрактальной сложности интервала R-R между сердечными сокращениями.

В работе рассмотрена практическая применимость данного метода в спортивной тренировке спортсменов-любителей. Проведено сравнение показателей физиологических порогов энергообеспечения при физической нагрузке полученных инвазивным методом ступенчатого нагрузочного тестирования с забором капиллярной крови и методом анализа индекса DFAa1.

Ключевые слова: *LT1, LT2, аэробный и анаэробный физиологические пороги энергообеспечения при физических нагрузках, лактатная кривая, функция лактатной кривой, метод Dmod, индекс DFAa1.*

Bikmetov A. V., Zavarukhina S. A.
Ural State University of Physical Education
Chelyabinsk, Russia
svezava@yandex.ru

PRACTICAL APPLICABILITY OF THE DFAa1 INDEX ANALYSIS IN DETERMINING THE METABOLIC THRESHOLDS OF ENERGY SUPPLY DURING EXERCISE

Annotation. To build a high-quality training process, it is necessary to have information about the metabolic thresholds of energy supply during physical activity. The optimal way to obtain this information is through the method of step-by-step load testing with capillary blood sampling for lactate concentration analysis. In an attempt to move away from the invasive method, alternative methods are being sought to determine the metabolic limits of exercise intensity, and one such method is the analysis of the DFAa1 index, a short-term indicator of the fractal complexity of the R-R interval between

heartbeats. This paper examines the practical applicability of this method in the training of athletes. It compares the physiological thresholds of energy supply during physical activity obtained through the invasive method of step-by-step load testing with capillary blood sampling and the method of analyzing the DFAa1 index.

Keywords: *LT1, LT2, aerobic and anaerobic physiological thresholds of energy supply during physical activity, lactate curve, lactate curve function, Dmod method, DFAa1 index.*

Актуальность. Ввиду известных трудностей инвазивных методов определения пределов интенсивности физических упражнений в настоящее время актуален поиск альтернативных методов. Исследование вариабельности сердечного ритма (ВСР) применяют в спортивной практике для оценки текущего функционального состояния и адаптационного потенциала организма. С развитием технологий носимых устройств и совершенствования их программного обеспечения появилась возможность косвенно по анализу индекса DFAa1 - нелинейный показатель ВСР, определять неинвазивно аэробный и анаэробный метаболические пороги энергообеспечения во время физической нагрузки. Вопрос стоит в том, насколько полученные этим методом показатели соответствуют реальным метаболическим порогам и можно ли полученные данные принимать для построения тренировочного процесса.

Цель исследования. Определить физиологические пороги энергообеспечения инвазивным ступенчатым нагрузочным методом с интерпретацией лактатной кривой графическим анализом Dmod и методом индекса DFAa1 анализа долговременных корреляций ВСР, сравнить значения, полученные с помощью этих методов. Оценить применимость значений физиологических порогов энергообеспечения полученных методом индекса DFAa1 в тренировочном процессе.

Организация и методы исследования. В исследовании принимало участие 10 спортсменов (массовый спорт), вид спорта – лыжные гонки, мужского пола, возраст 48,7±1,4 лет, спортивная квалификация 1 разряд. Протокол нагрузочного функционального тестирования состоял в последовательном увеличении нагрузки (мощности)

на каждом этапе и забором капиллярной крови в конце каждого временного этапа с фиксацией ЧСС и индекса DFAa1 [5]. Длительность этапа 4 минуты, этого времени достаточно для достижения устойчивого метаболического состояния при данной физической нагрузке. Предложенная физическая нагрузка соответствовала специализации и уровню квалификации спортсмена. Первый этап разминочный, с нагрузкой умеренной интенсивности (мощность 60 Вт) в течение 10 минут [3].

В работе применялся следующий алгоритм: ступенчатое увеличение мощности нагрузки с шагом ступени тренажёра в 20 Вт, тест проводился до отказа спортсменом выполнения физической нагрузки (невозможность поддерживать заданную мощность) [3].

Инструменты исследования: тренажер SkiErg Concept2 с компьютером PM5, максимально точно имитирует биомеханику движений рук и туловища в естественных условиях лыжной тренировки, имитация одновременного бесшажного хода на равнине (заслонка в положении 1); измерение концентрации лактата в капиллярной крови проводилось анализатором лактата Eaglenos с тестовыми полосами Lak-EN310, измерения 0,5-28 mmol/L, SD <0,5 mmol/L; контроль ЧСС нагрудным пульсометром Polar H10 [3]. Интерпретация полученных значений концентрации лактата в капиллярной крови для получения ЧСС АэП и АнП проведена графическим методом Dmod анализа лактатной кривой рисунок 1 [11] как наиболее близкого к эталонному методу MLSS [6].

Для получения ЧСС АэП и АнП методом индекса DFAa1 анализа корреляционных свойств ВСР применили программные комплексы: измерение DFAa1 в реальном времени программой Fatmaxxer (ОС Android, окна записи 2 минутные с расчетом DFAa1 каждые 5-20 сек) с последующим анализом значений графическим методом Dmod рисунок 2, получение данных методом DDDFA в приложении Suunto ZoneSense (ОС Android, окна выбираются динамически как пятикратное значение масштабирования, что позволяет анализировать больше интервалов R-R ЧСС в одном сегменте, аналог DFAa1, DDDFA \approx -0,2 соответствует аэробному, а DDDFA \approx -0,5 анаэробному порогу) рисунок 3, обработка показателей сердечного ритма методом индекса DFAa1 в приложении Runalyze рисунок 4 (для анализа интервалов R-R ЧСС окна записи 3 минуты) [1].

DFAa1 – расчётный нелинейный индекс ВСР, краткосрочный показатель масштабирования a1, основанный на анализе детрендрованных флуктуаций фрактальных самоподобных структур в динамике амплитуды сигнала ВСР [7], являющейся индикатором регуляции вегетативной нервной системы. Метод DFAa1 позволяет количественно оценить степень корреляции и фрактальный масштаб сигнала ВСР на основе математического анализа длительности R-R интервалов сердечных сокращений. Значения показателя DFAa1 раскрывают корреляционные свойства временных рядов сердечного ритма. Большие значения DFAa1 указывают на большую корреляцию в разных масштабах, тогда как более низкие значения указывают на меньшую корреляцию (более хаотичные и случайные данные). Физиологические изменения при физических нагрузках отражаются в корреляционных свойствах ВСР и, следовательно, в индексе DFAa1. При физической нагрузке происходит изменение корреляционных свойств временных рядов ЧСС (ВСР) от коррелированного паттерна к некоррелированному и антикоррелированному. Практические исследования показали, что достижение индекса DFAa1 = 0,75 связано с показателем LT1 аэробный порог, эта точка названа порогом вариабельности сердечного ритма HRVT (heart rate

variability threshold). Достижение индекса DFAa1 = 0,5 связано с показателем LT2, анаэробный порог, является автономным ответом, указывающим на дестабилизацию организма с потерей кардиореспираторной устойчивости, названо вторым порогом variability сердечного ритма HRVT2 [10].

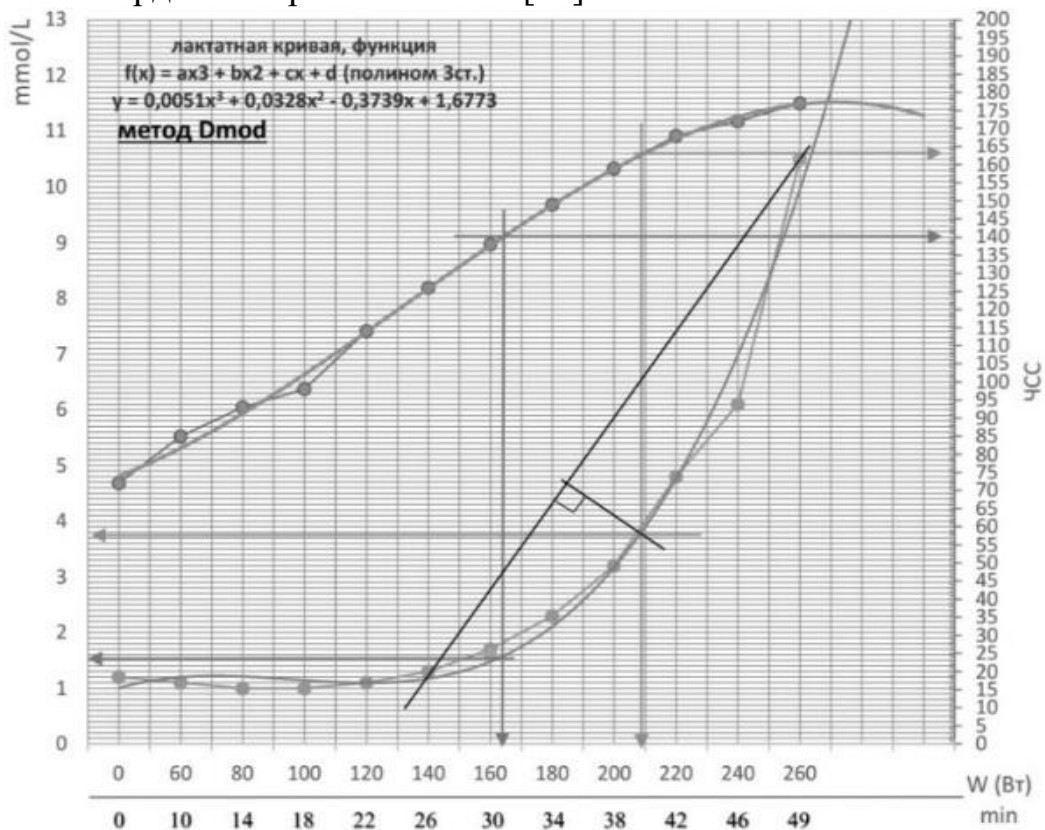


Рисунок 1 - Графический метод Dmod, лактат

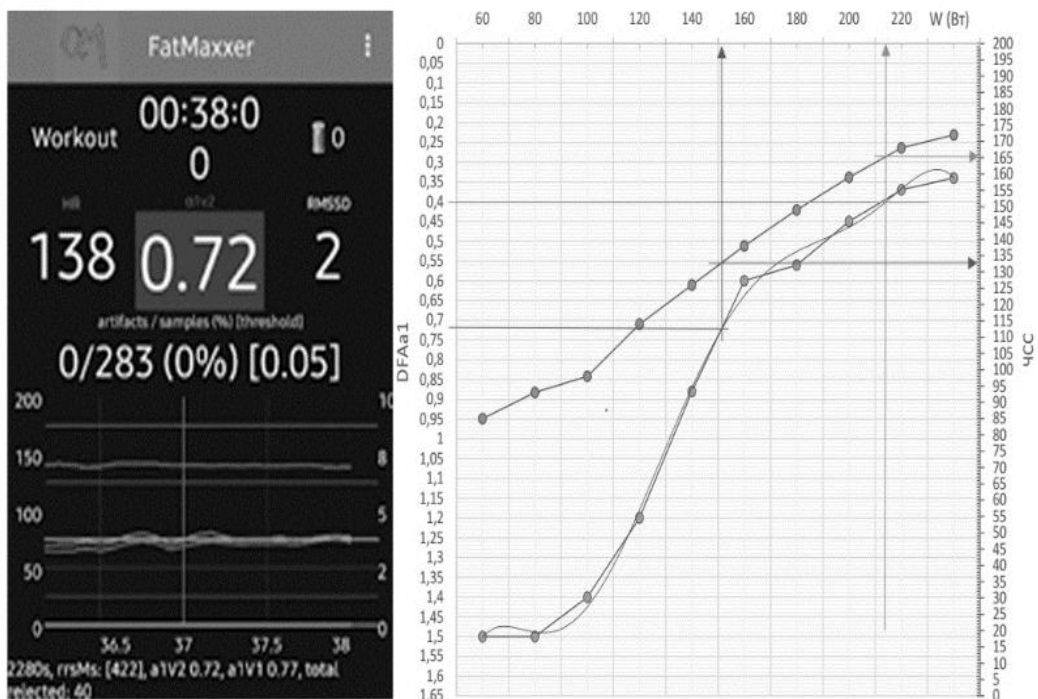


Рисунок 2 - программа Fatmaxxer, метод Dmod, DFAa1

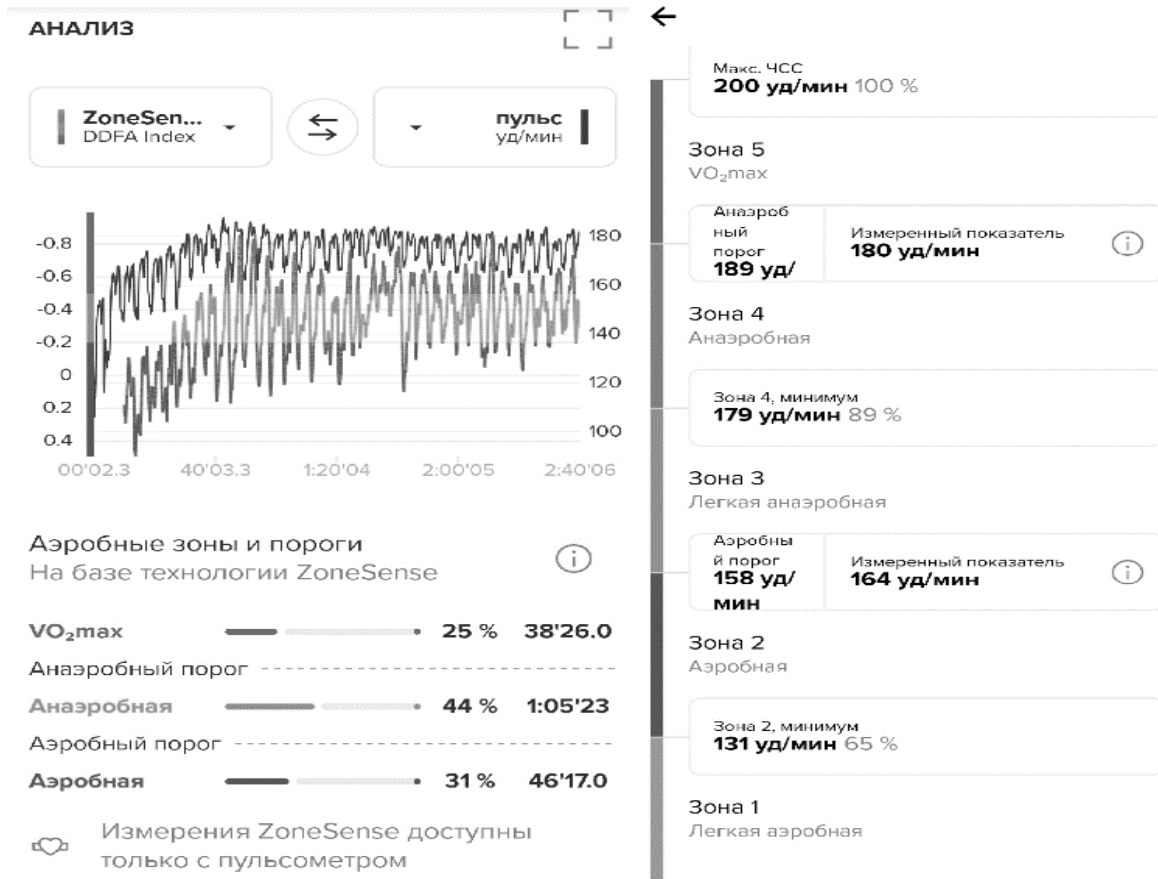


Рисунок 3 – приложение Suunto

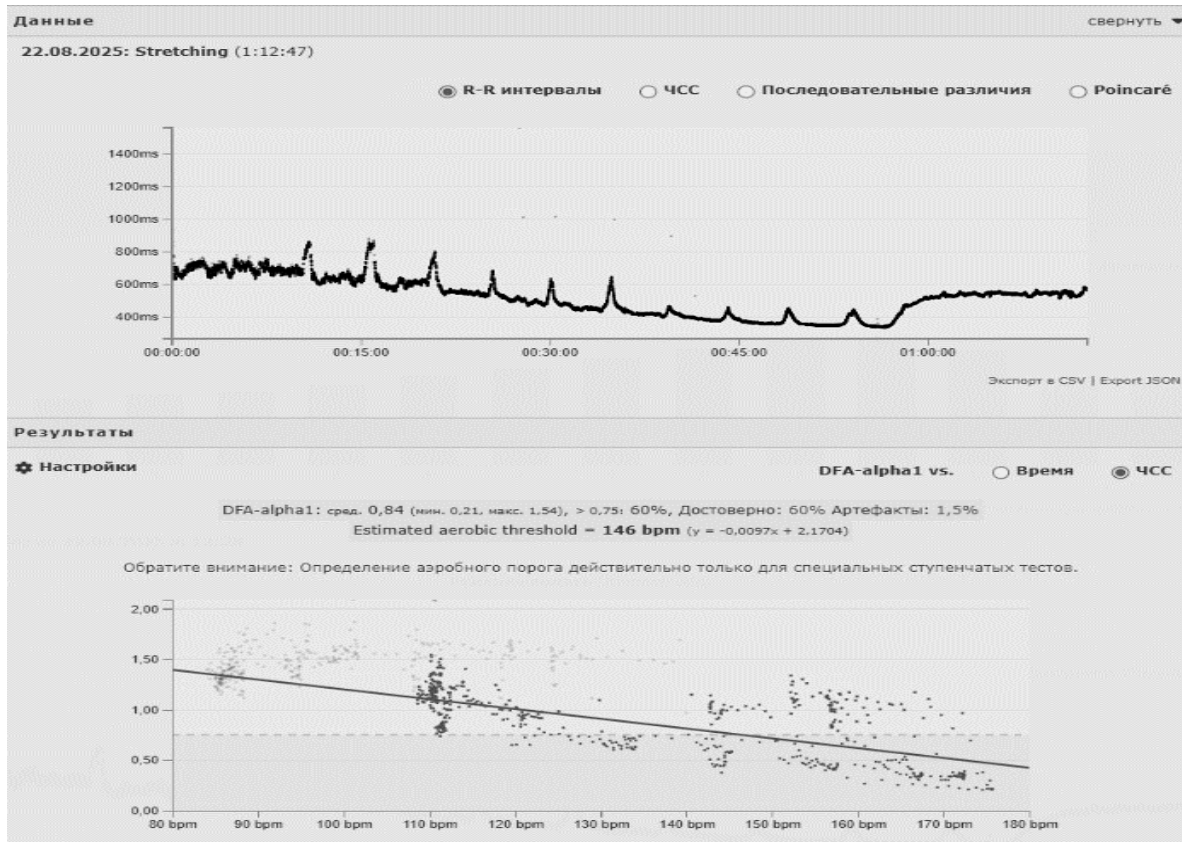


Рисунок 4 – приложение Rundayze

Результаты исследования и их обсуждение.

Обработка полученных данных в ступенчатом нагрузочном тестировании проводилась в программных комплексах MS Excel и Statistica [2]. В таблице 1 представлены полученные разными методами значения ЧСС физиологических порогов энергообеспечения у испытуемых. В таблице 2 представлена описательная статистика этих значений [4].

Таблица 1 – Полученные значения ЧСС АэП и АнП разными методами

№	Лактат mmol/L /ЧСС АэП Dmod	Лактат mmol/L /ЧСС АнП Dmod	ЧСС Макс	DFAa1 /ЧСС АэП (тест) Dmod	DFAa1 /ЧСС АнП (тест) Dmod	DDFA (-0,2) Suunto ЧСС АэП	DDFA (-0,5) Suunto ЧСС АнП	Runalyze DFAa1 (0,75) ЧСС АэП	Runalyze DFAa1 (0,5) ЧСС АнП
1	1,6/147	3,9/178	194	0,91/146	0,64/175	166	190	166	183
2	1,7/137	3,5/164	197	1,22/124	0,62/150	155	174	150	166
3	1,6/140	3,8/163	177	0,72/133	0,40/165	155	170	146	164
4	1,8/142	4,0/178	184	0,75/143	0,50/177	145	175	143	179
5	1,6/138	4,3/172	198	0,83/135	0,43/171	141	183	147	189
6	1,7/158	3,0/163	177	0,52/164	0,44/170	139	166	133	164
7	1,6/157	3,9/180	195	0,65/161	0,51/178	161	182	165	179
8	1,9/143	4,2/157	171	0,78/139	0,38/148	149	161	143	160
9	2,4/163	3,9/173	195	0,92/160	0,83/168	165	185	172	189
10	2,0/148	4,1/174	190	1,00/141	0,63/168	137	171	144	180

Таблица 2 – Описательная статистика полученных значений ЧСС АэП и АнП

Variable	n	Mean	Min.	Max.	SD
ЧСС АэП Lactate	10	147,3	137	163	9,11714
ЧСС АэП Suunto	10	151,3	137	166	10,70877
ЧСС АэП Runalyze	10	150,9	133	172	12,49400
ЧСС АнП Lactate	10	170,2	157	180	7,88529
ЧСС АнП Suunto	10	175,7	161	190	9,14148
ЧСС АнП Runalyze	10	175,3	160	189	10,85306

Для сравнения средних измеренных значений индекса DFAa1 аэробного и анаэробного порога с фиксированными значениями DFAa1, применяемыми в программном анализе, используем одновыборочный статистический критерий Стьюдента таблица 3, уровень значимости 0,05 [4]. Средние измеренные значения DFAa1 аэробного и анаэробного порога в тесте близки принятым фиксированным значениям.

Таблица 3 – Сравнение измеренных и фиксированных значений DFAa1

DFAa1	m	n	dcp.(Xcp)	Sd	t факт.	a	df	t крит.	p - value
DFAa1 АэП	0,75	10	0,83	0,1975854	1,312378	0,05	9	2,26	0,221874 > 0,05
DFAa1 АнП	0,5	10	0,53	0,1395588	0,7024321	0,05	9	2,26	0,500172 > 0,05

Для сравнения средних показателей ЧСС АэП и АнП, полученных тремя разными методами, используем однофакторный дисперсионный анализ (one-way ANOVA) с гипотезой, что средние значения измерений тремя методами равны [4]. Проверим распределение данных на нормальность, применим тест Шапиро - Уилка уровень значимости 0,05 таблица 4, данные соответствуют нормальному распределению, и гомогенность дисперсий в группах данных, применим тест Левена уровень значимости 0,05 таблица 5, дисперсии гомогенны.

Таблица 4 – Проверка распределения на нормальность

Tests of Normality (Shapiro-Wilk's)			
Variable	n	W	p
ЧСС АэП	30	0,936966	0,075375 > 0,05
ЧСС АнП	30	0,959286	0,297001 > 0,05

Таблица 5 – Гомогенность дисперсий в группах данных

Levene's Tests				
Variable	MS Effect	MS Error	F	p
ЧСС АэП	18,73200	29,75067	0,629633	0,5404232 > 0,05
ЧСС АнП	19,40800	17,41304	1,114567	0,3426853 > 0,05

Итоговые данные сравнения средних значений ЧСС АэП разных методов, полученные однофакторным дисперсионным анализом (one-way ANOVA): средние значения и доверительные интервалы таблица 6, рисунок 5; одномерный критерий значимости для средних значений ЧСС АэП с суммой квадратов отклонений (SS), средним суммой квадратов (MS), степени свободы (df), критерия Фишера (F), вероятности (p), меры величины эффекта (η^2) таблица 7. Средние значения ЧСС АэП полученные методами анализа лактатной кривой, DDFA Suunto и DFAa1 Runalyze равны.

Таблица 6 – Средние значения и доверительные интервалы ЧСС АэП

LS Means, Current effect: F (2, 27) = 0,41142, p = 0,66680, Effective hypothesis decomposition					
Метод	n	ЧСС АэП mean	ЧСС АэП Std.Err.	ЧСС АэП -95%	ЧСС АэП +95%
Lactate	10	147,3000	3,434628	140,2527	154,3473
Suunto	10	151,3000	3,434628	144,2527	158,3473
Runalyze	10	150,9000	3,434628	143,8527	157,9473

Таблица 7 – Однофакторный дисперсионный анализ ср.знач.ЧСС АэП

Univariate Tests of Significance, Effect Sizes, and Powers for ЧСС АэП, Sigma-restricted parameterization, Effective hypothesis decomposition								
Effect	SS	Degr.of Freedom	MS	F	p	Partial eta-squared (η^2)	Non-centrality	Observed power ($\alpha=0,05$)
Метод	97,1	2	48,5	0,41	0,667	0,02957	0,823	0,109690
Error	3185,1	27	118,0					

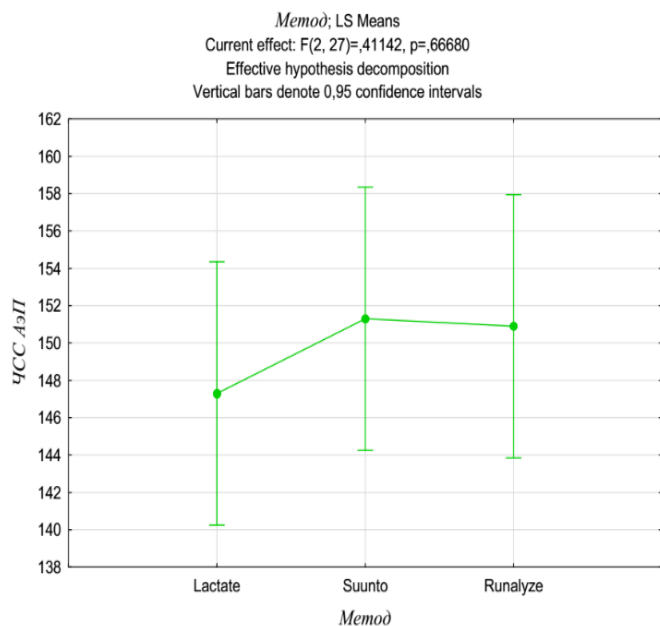


Рисунок 5 – Средние значения и их размах ЧСС АэП

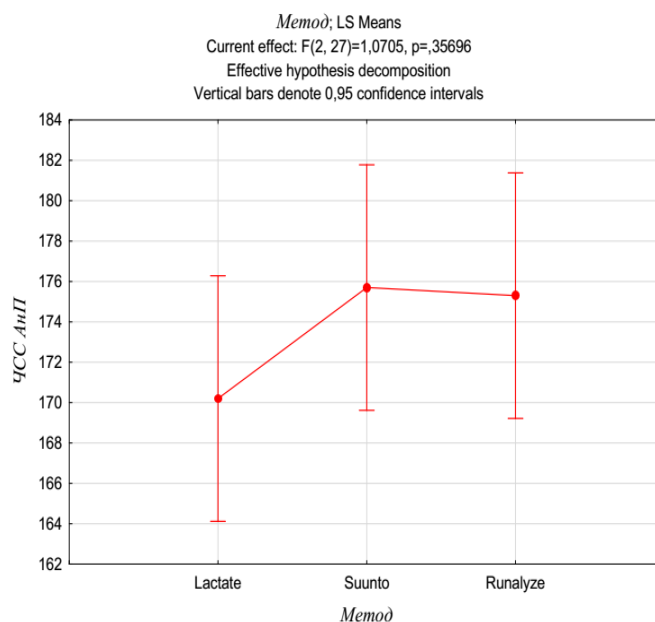


Рисунок 6 – Средние значения и их размах ЧСС АнП

Итоговые данные сравнения средних значений ЧСС АнП разных методов, полученные однофакторным дисперсионным анализом (one-way ANOVA): средние значения и доверительные интервалы таблица 8, рисунок 6; одномерный критерий значимости для средних значений ЧСС АнП с SS, MS, df, F, p, η^2 таблица 9. Средние значения ЧСС АнП, полученные методами анализа лактатной кривой, DDFA Suunto и DFAa1 Runalyze равны.

Таблица 8 – Средние значения и доверительные интервалы ЧСС АнП

LS Means, Current effect: F (2, 27) = 1,0705, p = 0,35696, Effective hypothesis decomposition					
Метод	n	ЧСС АнП mean	ЧСС АнП Std.Err.	ЧСС АнП -95%	ЧСС АнП +95%
Lactate	10	170,2000	2,963856	164,1187	176,2813
Suunto	10	175,7000	2,963856	169,6187	181,7813
Runalyze	10	175,3000	2,963856	169,2187	181,3813

Таблица 9 – Однофакторный дисперсионный анализ ср.знач.ЧСС АнП

Univariate Tests of Significance, Effect Sizes, and Powers for ЧСС АнП, Sigma-restricted parameterization, Effective hypothesis decomposition								
Effect	SS	Degr.of Freedom	MS	F	p	Partial eta-squared (η^2)	Non-centrality	Observed power (alpha=0,05)
Метод	188,1	2	94,0	1,07	0,357	0,07347	2,14	0,217664
Error	2371,8	27	87,8					

Применив статистическую обработку средних значений ЧСС АэП и АнП, полученных в результате анализа данных ступенчатого нагрузочного тестирования спортсменов тремя методами, пришли к выводу, что неинвазивные методы DFAa1, основанные на анализе детрендрованных флуктуаций фрактальных самоподобных структур в динамике амплитуды сигнала ВСР [7], могут быть использованы в определении ЧСС физиологических порогов энергообеспечения. Низкие значения наблюдаемой мощности (Observed power (alpha=0,05)) в таблицах 7 и 9 не являются основанием для сомнения в достоверности данного вывода. Наблюдаемая мощность является математической функцией достигнутого p-value и не несёт независимой информации сверх той, что уже содержится в самом p-value и величине эффекта [8; 9]. Когда истинный эффект близок к нулю, мощность не может быть высокой – это статистическое следствие отсутствия практически значимых различий. В данном случае совокупность трёх показателей для АэП и АнП: высокий уровень p-value, малая величина эффекта η^2 и близость групповых средних свидетельствует именно о практическом отсутствии различий между методами на групповом уровне.

Нужно учесть, что полученное в данном исследовании соответствие средних измеренных значений DFAa1 фиксированным порогам, используемым в программных комплексах, подтверждено на выборке спортсменов 1 разряда возрастной группы 48,7±1,4 лет, однородность группы ограничивает экстраполяцию на другие виды спорта и возрастные категории. Обзор Rogers B. и Gronwald T. [10] обобщает данные о применимости фиксированных порогов DFAa1 для широкого круга спортсменов, проверка этих фиксированных значений на молодых спортсменах в данном исследовании не проводилась.

Однако при индивидуальном подходе видно, что в некоторых случаях показатели ЧСС АэП и АнП завышены значимо, это связано с использованием фиксированных значений DFAa1 программными комплексами. У лиц с большим тренировочным стажем, высокой спортивной квалификацией имеются значительные адаптационные изменения к физической нагрузке в органах и системах организма, соответственно и регуляторные механизмы при реакции на физическую нагрузку работают с особенностями, что влияет на индивидуальные значения индекса DFAa1. В таких случаях оправдано применение инвазивного метода, либо использование метода индекса DFAa1 с контролем значений в реальном времени в процессе ступенчатого нагрузочного тестирования и последующим графическим анализом кривой этих значений.

Заключение. Неинвазивный метод индекса DFAa1 для определения ЧСС АэП и АнП согласно статистическому сравнению средних значений с инвазивным методом анализа концентрации лактата в капиллярной крови может применяться на практике. Но нужно брать во внимание, что для данного метода важно соблюдать качество записи длительности R-R интервалов сердечных сокращений, понимать косвенность данного метода для определения метаболических порогов энергообеспечения, оценивающего степень ответа автономной регуляции работы сердца вегетативной нервной системой при физической нагрузке.

При работе в определении ЧСС АэП и АнП с лицами, имеющими большой тренировочный стаж, высокую спортивную квалификацию необходим индивидуальный подход в интерпретации значений концентрации лактата в капиллярной крови и индекса DFAa1.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Список литературы

1. Бикметов, А. В. Фрактальные корреляционные свойства вариабельности сердечного ритма – как биомаркер для определения физиологических порогов энергообеспечения при физических нагрузках / А. В. Бикметов // Физическая культура, спорт, туризм: наука, образование, технологии: материалы XIII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции магистрантов и молодых ученых, посвященной 55-летию ФГБОУ ВО «УралГУФК» / Ответственные редакторы Н. Ю. Мищенко, Е. В. Быков. – Челябинск: УралГУФК, 2025. – 708 с.
2. Боровиков, В. П. Популярное введение в современный анализ данных в системе STATISTICA: учеб. пособие для вузов / В. П. Боровиков. – Москва: РиС, 2015. – 288 с.
3. Заварухина, С. А. Определение физиологических порогов энергообеспечения методом Dmod анализа степенной функции лактатной кривой, полученной в ступенчатом нагрузочном тесте / С. А. Заварухина, А. В. Бикметов // Научно-спортивный журнал. – 2025. – Т. 3, № 4. – С. 111–120.
4. Орлов, А. И. Прикладная статистика: учебник / А. И. Орлов – Москва: Издательство «Экзамен», 2004. – 656 с.
5. Рыбина, И. Л. Лабораторные маркеры контроля и управления тренировочным процессом спортсменов: наука и практика: монография / И. Л. Рыбина, Л. М. Гунина; под общей редакцией Л. М. Гуниной. – Москва: Спорт, 2021. – 376 с.
6. Спиринов, Т. С. Оптимальный метод определения второго лактатного (анаэробного) порога в циклических видах спорта / Т. С. Спиринов, А. И. Чикуров, С. В. Радаева // Вестник Томского государственного университета. - 2023. – № 489. – С. 193–200.
7. Goldberger A.L. et al. Fractal dynamics in physiology: alterations with disease and aging // Proceedings of the National Academy of Sciences. - 2002. - Vol. 99, suppl 1. - P. 2466-2472.

8. Hoenig, J. M. The Abuse of Power: The Pervasive Fallacy of Power Calculations for Data Analysis / J. M. Hoenig, D. M. Heisey // *The American Statistician*. – 2001. – Vol. 55, №1. – P.19–24. DOI: 10.1198/000313001300339897.

9. Levine, M. Post Hoc Power Analysis: An Idea Whose Time Has Passed? / M. Levine, M. H. Ensom // *Pharmacotherapy*. – 2001. – Vol. 21, №4. – P.405–409. DOI: 10.1592/phco.21.5.405.34503.

10. Rogers, B. Fractal Correlation Properties of Heart Rate Variability as a Biomarker for Intensity Distribution and Training Prescription in Endurance Exercise: An Update / B. Rogers, T. Gronwald // *Front. Physiol.* – 2022. – №13.

11. Zwingmann, L. Modifications of the Dmax method in comparison to the MLSS in young male athletes / L. Zwingmann // *The Physician and Sportsmedicine*. – 2019 – 2 (47). – pp. 174–181. DOI: 10.1080/00913847.2018.1546103.

References

1. Bikmetov, A. V. Fraktal`ny`e korrelyacionny`e svojstva variabel`nosti serdechnogo ritma – kak biomarker dlya opredeleniya fiziologicheskix porogov e`nergoobespecheniya pri fizicheskix nagruzkax / A. V. Bikmetov // *Fizicheskaya kul`tura, sport, turizm: nauka, obrazovanie, texnologii: materialy` XIII Vserossijskoj s mezhdunarodny`m uchastiem nauchno-prakticheskoy konferencii magistrantov i molody`x ucheny`x, posvyashhennoj 55-letiyu FGBOU VO «UralGUFK» / Otvetstvenny`e redaktory` N. Yu. Mishhenko, E. V. By`kov. – Chelyabinsk: UralGUFK, 2025. – 708 s.*

2. Borovikov, V. P. Populyarnoe vvedenie v sovremenny`j analiz danny`x v sisteme STATISTICA: ucheb. posobie dlya vuzov / V. P. Borovikov. – Moskva: RiS, 2015. – 288 c.

3. Zavaruxina, S. A. Opredelenie fiziologicheskix porogov e`nergoobespecheniya metodom Dmod analiza stepennoj funkcii laktatnoj krivoj, poluchennoj v stupenchatom nagruzochnom teste / S. A. Zavaruxina, A. V. Bikmetov // *Nauchno-sportivny`j zhurnal*. – 2025. – T. 3, № 4. – S. 111–120.

4. Orlov, A. I. Prikladnaya statistika: uchebnik / A. I. Orlov – Moskva: Izdatel`stvo «E`kzamen», 2004. – 656 s.

5. Ry`bina, I. L. Laboratorny`e markery` kontrolya i upravleniya trenirovochny`m processom sportsmenov: nauka i praktika: monografiya / I. L. Ry`bina, L. M. Gunina; pod obshej redakciej L. M. Guninoj. – Moskva: Sport, 2021. – 376 s.

6. Spirin, T. S. Optimal`ny`j metod opredeleniya vtorogo laktatnogo (anae`robnogo) poroga v ciklicheskix vidax sporta / T. S. Spirin, A. I. Chikurov, S. V. Radaeva // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. – 2023. – № 489. – S. 193–200.

7. Goldberger A.L. et al. Fractal dynamics in physiology: alterations with disease and aging // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2002. – Vol. 99, suppl 1. – P. 2466–2472.

8. Hoenig, J. M. The Abuse of Power: The Pervasive Fallacy of Power Calculations for Data Analysis / J. M. Hoenig, D. M. Heisey // *The American Statistician*. – 2001. – Vol. 55, №1. – P.19–24. DOI: 10.1198/000313001300339897.

9. Levine, M. Post Hoc Power Analysis: An Idea Whose Time Has Passed? / M. Levine, M. H. Ensom // *Pharmacotherapy*. – 2001. – Vol. 21, №4. – P.405–409. DOI: 10.1592/phco.21.5.405.34503.

10. Rogers, B. Fractal Correlation Properties of Heart Rate Variability as a Biomarker for Intensity Distribution and Training Prescription in Endurance Exercise: An Update / B. Rogers, T. Gronwald // *Front. Physiol.* – 2022. – №13.

11. Zwingmann, L. Modifications of the Dmax method in comparison to the MLSS in young male athletes / L. Zwingmann // *The Physician and Sportsmedicine.* – 2019 – 2 (47). – pp. 174–181. DOI: 10.1080/00913847.2018.1546103.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Бикметов Андрей Вахитович – обучающийся Уральского государственного университета физической культуры. г. Челябинск. Россия. 454091, г. Челябинск, ул. Орджоникидзе, д. 1. e-mail: andreyq76@gmail.com

Заварухина Светлана Александровна – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры биохимии Уральского государственного университета физической культуры. Челябинск. Россия. 454091, г. Челябинск, ул. Орджоникидзе, д. 1. e-mail: svezava@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Andrey V. Bikmetov – student Ural State University of Physical Culture. Chelyabinsk. Russia. 454091, Russia, Chelyabinsk, Ordzhonikidze str., 1. e-mail: andreyq76@gmail.com

Svetlana A. Zavarukhina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biochemistry of the Ural State University of Physical Culture. Chelyabinsk. Russia. 454091, Russia, Chelyabinsk, Ordzhonikidze str., 1. e-mail: svezava@yandex.ru