

# ФАКУЛЬТАТИВНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ: ХОЛОДОВАЯ СТИМУЛЯЦИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва  
Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism (SCOLIPE), Moscow



**ЛЕВУШКИН**

**Сергей Петрович**

Директор НИИ спорта и спортивной медицины, доктор биологических наук, профессор,  
levushkinsp@mail.ru

**LEVUSHKIN Sergey**

Director of Research Institute of Sport and Sports Medicine, Doctor of Biological Sciences, Professor

**СОРОКИН**

**Сергей Александрович**

ведущий инженер-программист НИИ Спорта и спортивной медицины

**SOROKIN Sergey**

Leading Software Engineer at the Research Institute of Sport and Sports Medicine, RGUFKSMiT

**СОНЬКИН**

**Валентин Дмитриевич**

Зав. каф. физиологии, д-р. биол. наук, профессор,  
sonkin@mail.ru

**SONKIN Valentin**

Head of the Department of Physiology, RGUFKSMiT, Doctor of Biological Sciences, Professor

**ВОЙТЕНКО**

**Юрий Леонидович**

Доцент РГУФКСМиТ, канд. пед. наук

**VOYTENKO Yuri**

Associate Professor, Ph.D. in Pedagogy, RGUFKSMiT

**МАЛАХОВ**

**Максим Игоревич**

Магистр физической культуры, аспирант РГУФКСМиТ

**MALAKHOV Maxim**

Master in Physical Education, postgraduate student, RGUFKSMiT

**ПАРФЕНТЬЕВА**

**Ольга Ивановна**

Магистр химии, аспирант

**PARFENTIEVA Olga**

Master in Chemistry, postgraduate student, RGUFKSMiT

*Ключевые слова:* локальное острое холодное воздействие; симпатическая стимуляция; анаэробная производительность; факультативные функциональные возможности.

**Аннотация.** Представлены результаты экспериментального холодного воздействия путем погружения локтевых сгибов спортсменов в холодную воду на 1–2 минуты, проявляющиеся у части испытуемых (примерно 2/3) в повышении повторной работоспособности при выполнении анаэробного Вингейтского теста. Рассматриваются теоретические предпосылки и практические следствия использования факультативных функциональных возможностей для повышения спортивного результата.

**OPTIONAL FEATURES: COLD STIMULATION OF THE ATHLETIC CAPACITY**

*Keywords:* acute effect of local cold; sympathetic stimulation; anaerobic performance; optional features.

**Abstract.** We present the results of experimental cold impact by immersing the elbows of athletes in cold water for 1-2 minutes, manifested in a part of the subjects (approximately 2/3) in increasing the working capacity when performing The Wingate Anaerobic Test. Theoretical background and practical implications (using optional features to improve athletic performance) are considered.

**Актуальность.** В последние годы в мировой физиологической литературе активно обсуждается вопрос о факультативных функциях организма человека, по генетическим причинам присущих не всем индивидуумам и проявляющихся при определенных внешнесредовых воздействиях [20]. В частности, к таким функциям относится несократительный термогенез [18, 20], который стимулируется холодовыми воздействиями, включающими в организме контур симпатической нейрогуморальной регуляции [23]. Эти представления опираются на зарегистрированные во многих странах мира (Китай, Австралия, Новая Зеландия и др.) факты применения острого охлаждения для оперативного повышения спортивной работоспособности в спортивных командах различной специализации [8, 12, 16, 22, 25], а также на результаты научных исследований, проводимых в указанном направлении [7, 21, 26]. В результате острого охлаждения и активации симпатической нервной системы резко повышается активность митохондрий ряда тканей организма, содержащих специфические разобщающие белки семейства UCP, позволяющие протонному насосу в митохондриях функционировать минуя синтез АТФ [6, 14]. Этот биохимический механизм, по видимому, служит для защиты клеток от активных форм кислорода и разного рода агрессивных метаболитов [10], в том числе молочной кислоты [15, 19, 24], образующейся при напряженной физической нагрузке анаэробного и смешанного характера.

**Гипотеза.** Мы исходили из предположения, что острое кратковременное локальное холодовое воздействие будет по нейрогуморальным путям стимулировать факультативный несократительный термогенез в организме (при наличии у данного индивидуума генетических предпосылок к такой реакции), который, в свою очередь, активизирует гомеостатическую функцию разобщенных митохондриальных белков, и позволит организму спортсмена выполнить больший объем физической работы при сохранении ее необходимой интенсивности. Таким образом, как мы ожидали,

будет достигнута цель повышения спортивной работоспособности при выполнении повторных нагрузок непосредственно в условиях соревновательной деятельности. Предполагалось, что основанная на этом феномене методика окажется (по генетическим причинам [2]) эффективной примерно для 2/3 популяции спортсменов высокого уровня подготовленности.

**Цель исследования** – экспериментальная проверка высказанного предположения на группе спортсменов.

**Организация и методы исследования.** В исследовании приняли участие 19 квалифицированных спортсменов - гребцов и 18 представителей тхэквондо (Таблица 1).

Экспериментальное исследование проводилось силами сотрудников НИИ спорта и спортивной медицины РГУФКСМиТ на базе Учебно-тренировочного центра ГУОР г. Бронницы. Перед проведением нагрузочных процедур все участники исследования проходили медицинское обследование, подтверждающее, что их функциональное состояние не препятствует участию в тестах с предельными мышечными нагрузками, а также дали письменное информированное согласие на проведение экспериментальных процедур.

Каждое исследование включало в себя 2 последовательных этапа, разделенных интервалом отдыха:

1. Первый этап – проведение Вингейтского теста с предельной физической нагрузкой без предварительного охлаждения.

Испытуемым предлагалось после регистрации показателей ЧСС и газообмена в состоянии покоя и небольшой разминки выполнить 30-секундную предельную нагрузку на велоэргометре MONARK с 5-секундным шагом регистрации данных, согласно стандартному протоколу Вингейтского теста. Перед испытуемым ставилась задача развить максимальную мощность работы и стараться удержать ее на протяжении 30 с. На всем протяжении теста проводилась регистрация частоты сердечных сокращений и параметров газообмена, а также велось измерение концентрации

Таблица 1 – Характеристика групп испытуемых спортсменов

№	Вид спорта	Число спортсменов	Средний возраст, лет	Средняя масса тела, кг	Средняя длина тела, см
1	Гребля	19	17,47	68,8	177,00
2	Тхэквондо	18	20,375	68,3	179,8

*Таблица 2 – Функциональные и эргометрические показатели, использованные для оценки эффективности охлаждающего воздействия*

№ п/п	Показатель	Функциональный смысл	Весовой коэффициент
1	Долг ЧСС (уд/мин)	Пульсовой долг за 5 минут после нагрузки (пульсовая стоимость нагрузки)	3
2	Долг V'O <sub>2</sub> /кг (мл/мин/кг)	Кислородный долг за 5 минут после нагрузки (кислородная стоимость нагрузки)	2
3	Мах. ЧСС	Наивысшее значение ЧСС, зарегистрированное в тесте	-
4	V'O <sub>2</sub> max.	Наивысшее значение потребления кислорода, зарегистрированного в тесте	1
5	V'E	Наивысшее значение легочной вентиляции	1
6	W <sub>м</sub> /(вт/кг)	Максимальная мощность, достигнутая в тесте, в расчете на 1 кг массы тела	2
7	t <sub>в.амп.</sub> (сек.)	Время достижения наивысшей мощности	-
8	W <sub>м.ср</sub> /M(вт)	Усредненная мощность нагрузки в тесте	3
9	t <sub>в</sub> (сек.)	Время достижения максимальной мощности	-
10	t <sub>у</sub> (сек.)	Время удержания максимальной мощности	-
	t <sub>сум.</sub> (сек.)	Суммарное время выполнения теста	3
11	Куск.	Коэффициент ускорения	-
12	Кутомл.	Коэффициент утомления	-
13	Ал/М (дж/кг)	Суммарный объем работы в тесте в расчете на 1 кг массы тела	5
14	La исх.	Содержание лактата в периферической крови до нагрузки	-
15	La Нагр.	Содержание лактата в периферической крови сразу после нагрузки	-
16	La 1	Содержание лактата в периферической крови через 1 мин после нагрузки	-
17	La 2	Содержание лактата в периферической крови через 2 мин после нагрузки	-
18	La 3	Содержание лактата в периферической крови через 3 мин после нагрузки	-
19	LactSum	Сумма показателей лактата за период восстановления	-

лактата в капиллярной крови. Капиллярную кровь забирали перед проведением нагрузки, сразу после нагрузки, а затем на 3, 5, 7 и 10 минутах восстановления.

2. Второй этап – проведение тестов с предельной физической нагрузкой с предварительным использованием охлаждающей водной аппликации.

В отличие от первого этапа, за несколько минут до начала повторной работы применялось острое региональное холодное воздействие, которое заключалось в опускании локтей обеих рук в ванночку с холодной водой. Охлаждение

длилось 60–120 секунд, температура воды составляла +7°C. Оставшееся время перед стартом испытуемые находились в состоянии мышечного покоя в положении сидя. Способы дозирования нагрузки, протокол нагрузочного теста и сопутствующие измерения физиологических показателей, а также взятие проб периферической крови на анализ, были на 2 этапе идентичны тем, которые применялись на 1 этапе.

Для целей сравнения и выявления эффективности охлаждающего воздействия был использован комплекс показателей, зарегистрированных в

процессе выполнения Вингейтского анаэробного теста, одинаковый для спортсменов гребцов и тхэквондистов. Перечень этих показателей приведен в таблице 2.

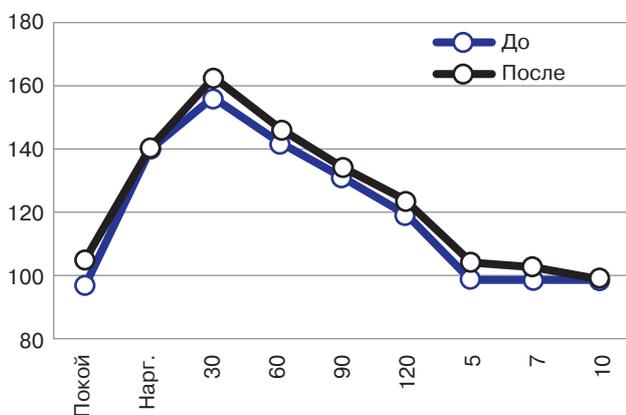
Ряду показателей на основе экспертной оценки были присвоены весовые коэффициенты, существенно повышающие их значимость для характеристики успешности/неуспешности применения острого охлаждающего воздействия. Самым важным для этой оценки был признан эргометрический показатель «объем выполненной в тесте работы», которому был присвоен весовой коэффициент 5, другие эргометрические и функциональные показатели получили более низкие весовые коэффициенты. С применением этих весовых коэффициентов оценивали эффективность охлаждающего воздействия для каждого из спортсменов, принявших участие в исследовании. Для каждого спортсмена была рассчитана алгебраическая сумма (с учетом знака «+» или «-» в зависимости от направленности изменений) из 8 слагаемых (по числу критериальных признаков), и это позволило составить рейтинг испытуемых по эффективности применения охлаждающего воздействия. Диапазон значений упомянутой алгебраической суммы составил от -6 до +20. В качестве границы эффективности мы приняли значение алгебраической суммы = +5. Иными словами, все те спортсмены, у которых указанная сумма не достигает величины +5, были отнесены к группе неэффективного холодного воздействия. Те же, у кого величина алгебраической суммы критериальных коэффициентов выше 5 единиц, отнесены к группе с эффективной реакцией на острое холодное однократное стимулирующее воздействие.

В группе спортсменов-гребцов в подгруппу неэффективной холодной стимуляции вошло 8 спортсменов (42%), а в подгруппу эффективной – 11 спортсменов (58%). При этом следует отметить, что по главному критериальному признаку – объему работы, выполненной в Вингейтском тесте – улучшение показателя отмечено в 15 случаях из 19, что составляет 78%. В отличие от гребцов, у единоборцев после холодного воздействия достоверно увеличилась не только легочная вентиляция, но и наибольший уровень потребления кислорода в тесте. Достоверно выросла также максимальная (но не средняя – в отличие от гребцов) мощность работы в тесте, а также суммарная выполненная работа – этот показатель либо вырос, либо остался на прежнем уровне у 100% единоборцев. Полученные данные свидетельствуют о том, что «усредненная» реакция организма единоборцев на острое холодное воздействие несколько отличается от «усредненной» реакции организма гребцов, причем можно сказать, что у единоборцев эта реакция выражена несколько ярче.

Чтобы оценить физиологические механизмы, которые позволяют спортсменам на фоне острого охлаждающего воздействия выполнять повторную работу с лучшими эргометрическими результатами, мы сопоставили пульсовые реакции на тестовую нагрузку у спортсменов-гребцов из «эффективной» подгруппы и из «неэффективной». На графиках (Рисунок 1) сопоставлены пульсовые кривые в первом (до охлаждения) и во втором (после охлаждения) тесте у одних и тех же спортсменов.

Как видно на представленных графиках, во всех случаях ЧСС при втором тесте (после

Эффективная группа, гребцы



Неэффективная группа, гребцы

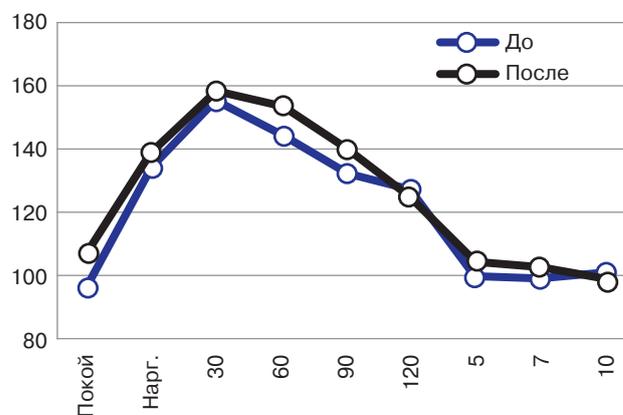


Рисунок 1 – Сопоставление пульсовых реакций спортсменов эффективной и неэффективной подгрупп при проведении Вингейтского теста ДО и ПОСЛЕ охлаждающего воздействия

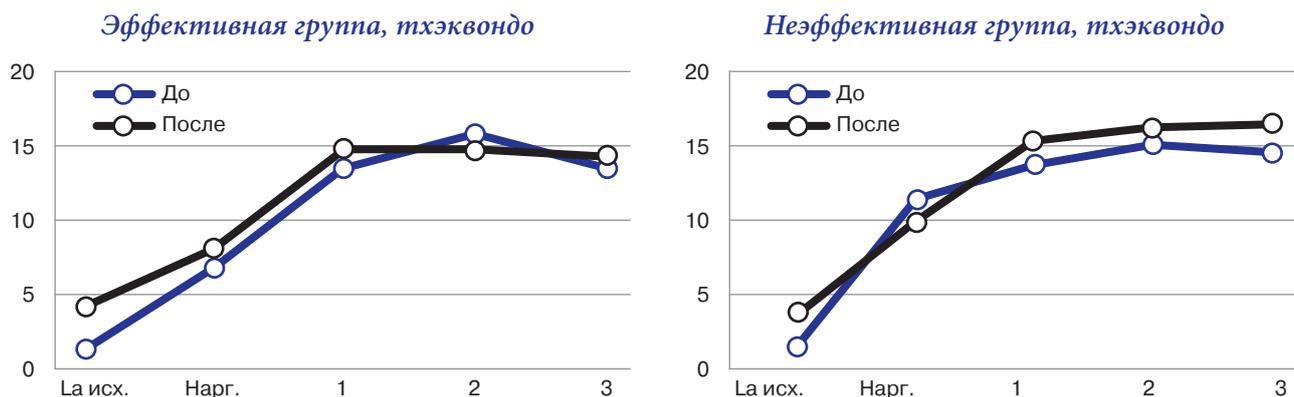


Рисунок 2 – Сопоставление лактатных кривых спортсменов эффективной и неэффективной подгрупп при проведении Вингейтского теста до и после охлаждающего воздействия

охлаждения) несколько выше, чем при первом. Однако если у эффективной подгруппы указанное различие очень мало, и наиболее существенно выражено на пике нагрузки, то в неэффективной подгруппе достоверные различия отмечаются на 60 и 90 секундах восстановительного периода. Таким образом, восстановительный период неэффективной подгруппы несет на себе явные следы отягощения предыдущей нагрузкой, тогда как в эффективной подгруппе такое отягощение не выражено, и пульсовые кривые 1 и 2 тестов практически сливаются в единое целое.

Аналогичное сопоставление по динамике лактата (Рисунок 2) мы провели на примере спортсменов-единоборцев (тхэквондо). Надо отметить, что здесь повторяется та же закономерность, которая проявилась при анализе пульсовых кривых

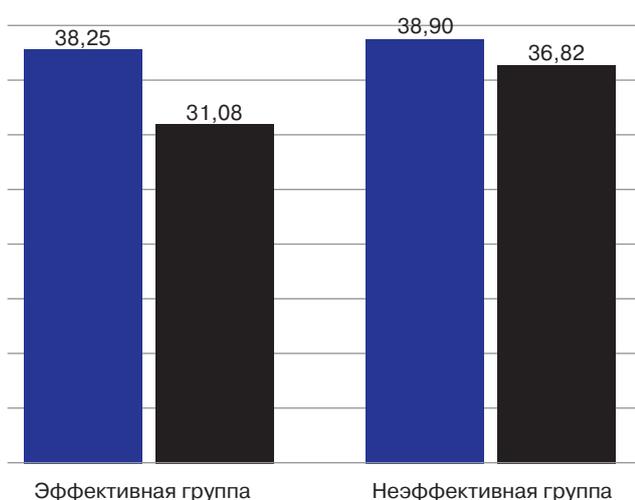


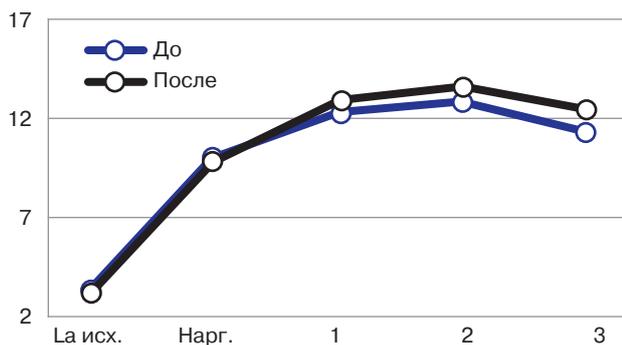
Рисунок 3 – Сопоставление суммарного лактата в эффективной и неэффективной подгруппах до и после холодового воздействия

гребцов: для неэффективной подгруппы характерно превышение рассматриваемых показателей над уровнем первого теста, тогда как спортсмены эффективной подгруппы демонстрируют практически идентичные величины в восстановительном периоде, несмотря на повышенный уровень лактата в исходном состоянии (что является следствием предыдущей нагрузки).

Далее мы рассчитали суммарное количество лактата, выделившегося в кровяное русло в 1 и 2 тестах у спортсменов-единоборцев двух подгрупп, результаты приведены на диаграмме (Рисунок 3).

Как видно из приведенных данных, в неэффективной подгруппе величина продукции лактата в 1 и 2 тестах практически одинакова в условиях охлаждения и его отсутствия, тогда как у спортсменов эффективной подгруппы охлаждение существенно снижает продукцию лактата. Этот результат хорошо коррелирует с имеющимися данными о снижении уровня молочной кислоты в крови под влиянием острого охлаждения (Акимов и др., 2010). Совершенно аналогичные данные получены нами также и на спортсменах-гребцах (Рисунок 4).

В поисках физиологических механизмов, обуславливающих эффективность острого локального охлаждения по отношению к работоспособности, мы сопоставили индивидуальные реакции спортсменов, принадлежащих к разным подгруппам эффективности, в ответ на холодовое воздействие. Как известно, при остром охлаждении у одних людей отмечается тахикардическая реакция и усиление окислительного метаболизма, тогда как у других может наблюдаться брадикардия и менее выраженная реакция энергетического обмена [3, 4]. Мы рассмотрели динамику ЧСС и



**Рисунок 4 – азличия в динамике содержания лактата в крови при проведении Вингейтского теста у спортсменов – гребцов, отнесенных к эффективной и неэффективной подгруппам**

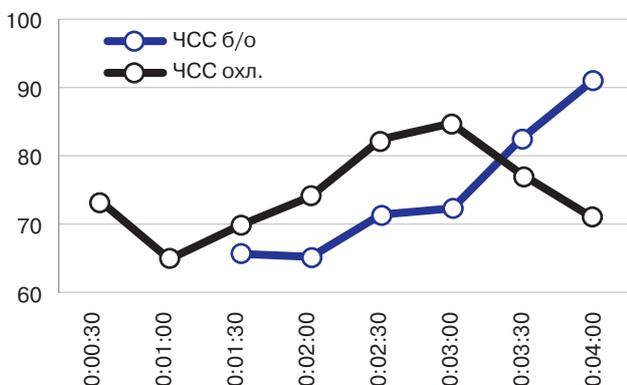
потребления кислорода в период, предшествующий началу выполнения физической нагрузки, у 2 спортсменов, один из которых продемонстрировал очень высокую эффективность охлаждающего воздействия, а другой – наоборот, крайне низкую. При проведении повторного теста в первую минуту этого периода каждому из двух

спортсменов, было нанесено охлаждающее воздействие путем погружения локтевых сгибов и части плеча и предплечья в ванночку с холодной водой на 60 секунд. Результаты приведены на рисунке 5.

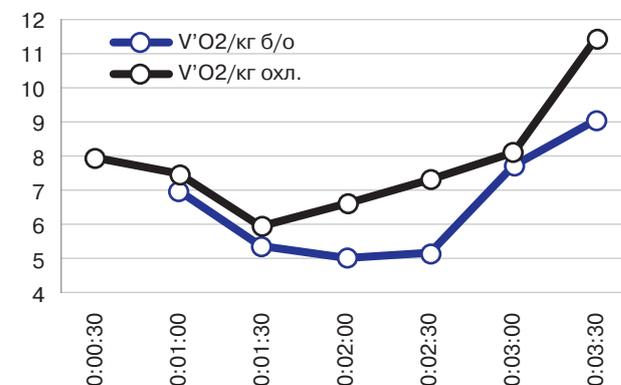
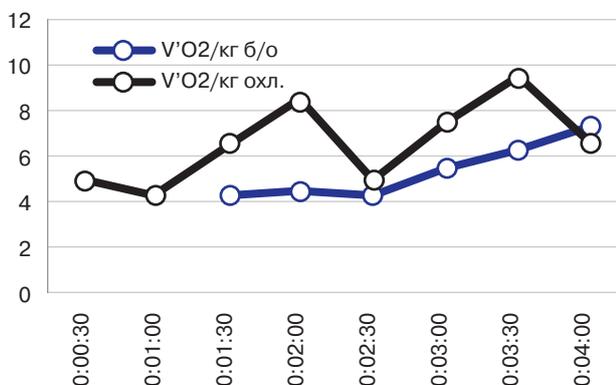
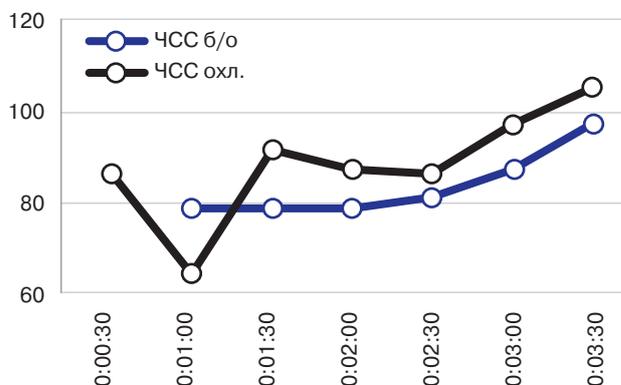
Величина ЧСС у представителя эффективной подгруппы в процессе охлаждения практически не меняется, а затем начинает плавно повышаться, но недолго. У спортсмена неэффективной подгруппы имеется явно выраженная брадикардическая фаза, наступающая через минуту после воздействия охлаждения. В дальнейшем пульс учащается и до начала работы поддерживается на более высоком уровне, чем без охлаждения.

Потребление кислорода у представителя эффективной подгруппы повышается сразу после охлаждения и демонстрирует двугорбую кривую, типичную для активации несократительного термогенеза [1]. На всем протяжении предстартового состояния у этого спортсмена потребление кислорода остается заметно выше, чем было без применения охлаждения. Между тем, у представителя неэффективной подгруппы потребление кислорода после охлаждения падает, и его

**Эффективная подгруппа, спортсмен Б-а**



**Неэффективная подгруппа, спортсмен П-ов**



**Рисунок 5 – Сравнение реакций ЧСС и потребления кислорода на холодное воздействие у двух спортсменов, представляющих эффективную и неэффективную подгруппы**

существенное повышение зафиксировано только в предстартовую минуту. Эта динамика не похожа на реакцию факультативного несократительного термогенеза на острое охлаждение, и мало отличается от динамики, зафиксированной без применения охлаждающего воздействия.

Приведенные факты говорят в пользу представлений о том, что острое кратковременное холодное воздействие у определенной части испытуемых запускает симпатическое звено регуляции энергетического гомеостаза, и тем самым включает целый комплекс рефлекторных и гуморальных механизмов, направленных на стимуляцию энергопродуцирующих систем [5]. Результатом такой факультативной стимуляции, по крайней мере у значительной части испытуемых, становится повышение работоспособности, проявляющееся в улучшении эргометрических результатов тестирования.

**Заключение.** Результаты экспериментально-го исследования показали, что примерно в 2/3 случаев применение острого кратковременного охлаждающего воздействия повышает работоспособность спортсменов, причем сопоставление эффективной и неэффективной подгрупп показывает, что механизм такого повышения лежит в сфере гомеостатической регуляции, которая стимулируется симпатической нервной системой под влиянием острого кратковременного охлаждения. Мы предполагаем, что в этом процессе задействованы митохондрии, в которых имеются разобщающие белки семейства UCP – по современным представлениям, эти структуры участвуют в нормализации уровня активных форм кислорода и способны устранять избыточные количества других метаболитов, включая молочную кислоту [10, 14]. Наиболее активны разобщающие белки семейства UCP в буром жире – особой ткани, обеспечивающей потребности организма в химической терморегуляции и устранении избытка питательных веществ, поступивших с пищей (калоригенное действие пищи) [11, 18], а также в скелетных мышцах [13]. При этом в митохондриях бурого жира содержится разобщающий белок UCP1 [9], а в скелетных мышцах – UCP3 [17].

Полученные результаты приводят к необходимости признать тот факт, что некоторые важные для соревновательной деятельности физиологические характеристики организма спортсменов являются факультативными, то есть встречаются не у всех, и соответственно не всегда могут быть

эффективны воздействия, направленные на активацию таких факультативных свойств. Детальное изучение физиологических и молекулярно-генетических механизмов формирования такой вариативности ответа на функциональную нагрузку может в дальнейшем помочь выработать критерии потенциальной успешности воздействий, которые направлены на стимуляцию факультативных свойств организма. На этой основе в перспективе будут разрабатываться персональные бездопинговые методики стимуляции важных для повышения работоспособности физиологических механизмов в ситуации соревновательной деятельности.

### Литература

1. Акимов, Е.Б. Температурный портрет человека и его связь с аэробной производительностью и уровнем лактата в крови [Текст] / Е.Б. Акимов, Р.С. Андреев, Ю.Н. Каленов, А.А. Кирдин, В.Д. Сонькин, А.Г. Тоневицкий // Физиология человека. – 2010. – Т. 36. – № . – С. 89-10.
2. Бондарева, Э.А. Полиморфизм генов разобщающих белков семейства UCP у футболистов: в поисках функциональной роли [Текст] / Э.А. Бондарева, Р.С. Андреев, А.В. Якушкин, О.И. Парфентьева, Е.Б.Акимов, В.Д. Сонькин. // Физиология человека. – 2016. – Т. 42. – № 6. – С. 70-80.
3. Корниенко, И.А. Возрастные изменения энергетического обмена и терморегуляции [Текст] / И.А. Корниенко. – М. : Наука, 1979. – 160 с.
4. Мейстрах, Е.В. Физиология острого охлаждения организма. // Физиология терморегуляции [Текст] / К.П. Иванов, О.П. Минут-Сорохтина, Е.В. Мейстрах и др. – Л. : Наука, 1984. – С. 181-222.
5. Якименко М.А. Длительная адаптация организма человека и животных к холоду. // Физиология терморегуляции [Текст] / М.А. Якименко, К.П. Иванов, О.П. Минут-Сорохтина, Е.В. Мейстрах и др. – Л. : Наука, 1984. – С. 223-236.
6. Azzu, V. The on-off switches of the mitochondrial uncoupling proteins / V. Azzu, M. Brand // Trends Biochem Sci. – 2010. – V.35. – P. 298.
7. Bleakley, C.M. What is the biochemical and physiological rationale for using cold-water immersion in sports recovery? A systematic review / C.M. Bleakley, G.W. Davison // Br J Sports Med. – 2010. № 44. – P. 179-187.
8. Booth, J. Improved running performance in hot humid conditions following. – № 29(7). – 943 p.
9. Boström, P. A PGC1- $\alpha$ -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis / P. Boström, J. Wu, M.P. Jedrychowski, A. Korde, et al. // Nature. – 2012. – Jan 11. – V.481(7382). – P.463-8.
10. Bouillaud, F. UCPs, at the interface between bioenergetics and metabolism / F. Bouillaud, M.C. Alves-Guerra, D. Ricquier // Biochim Biophys Acta. – 2016. – Apr 16. pii: S0167-4889(16)30102-1. doi: 10.1016/j.bbamcr.2016.04.013.

11. Brondani, L.A. The role of the uncoupling protein 1 (UCP1) on the development of obesity and type 2 diabetes mellitus / L.A. Brondani, T.S. Assmann, G.C.K., Duarte J.L. Gross, L.H. Canani et al. // *Arch Bras Endocrinol Metabol.* – 2011. – V.56. – P.215-225.
12. Buchheit, M. Effect of cold water immersion on postexercise parasympathetic reactivation / M. Buchheit, J.J. Peiffer, C.R. Abbiss, P.B. Laursen // *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* – 2009. – Feb. – 296(2):H421.
13. Cui, Y. Expression modification of uncoupling proteins and MnSOD in retinal endothelial cells and pericytes induced by high glucose: the role of reactive oxygen species in diabetic retinopathy / Y.Cui, X. Xu, H. Bi et al. // *Exp Eye Res.* – 2006. – V.83. – P. 807-816.
14. Dalgaard, L.T. (2001) Uncoupling proteins: functional characteristics and role in the pathogenesis of obesity and Type II diabetes / L.T. Dalgaard, O. Pedersen // *Diabetologia.* 2001. – № 44. – 946 p.
15. De Matteis R. Exercise as a new physiological stimulus for brown adipose tissue activity / R. De Matteis et al. // *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* – 2013. – V. 23. – P. 582-90. doi: 10.1016/j.numecd.2012.01.013.
16. Duffield, R. Effect of wearing an ice cooling jacket on repeat sprint performance in warm/humid conditions / R. Duffield, B. Dawson, D. Bishop, M. Fitzsimons, S. Lawrence // *Br J Sports Med.* – 2003. – V.37(2). – P.164-169.
17. Erlanson-Albertsson, C. Uncoupling proteins—a new family of proteins with unknown function / C. Erlanson-Albertsson // *Nutr Neurosci.* – 200. – V.5. – P.1-11
18. Himms-Hagen, J. Brown adipose tissue thermogenesis: interdisciplinary studies / J. Himms-Hagen // *FASEB J.* – 1990. – V. 4 (11). – 2890 p.
19. Iwanaga, T. Histochemical demonstration of monocarboxylate transporters in mouse brown adipose tissue / T. Iwanaga, T. Kuchiiwa, M. Saito // *Biomed Res.* – 2009. – V.30(4). – P. 217-225.
20. Klingenspor, M. An ancient look at UCP1 / M. Klingenspor, T. Fromme, DA Jr. Hughes, et al. // *Biochim Biophys Acta.* – 2008. – V.1777 (7-8). – P.637-641.
21. Leeder, J. Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: a meta-analysis / J. Leeder, C. Gissane, K. Someren, W. Gregson, G. Howatson // *Sports Med.* – 2012. №46. – P. 233-240.
22. McDermott, B.P. Acute whole-body cooling for exercise-induced hyperthermia: a systematic review / B.P. McDermott, D.J. Casa, M.S. Ganio, R.M. Lopez, et al. // *J Athl Train.* – 2009. – Jan-Feb. №44(1). – P. 84-93.
23. Morrison Shaun, F. Central neural control of thermoregulation and brown adipose tissue / F. Morrison Shaun // *Auton Neurosci.* – 201. – April. № 196. – P.14-24.
24. Son'kin, V.D. Brown Adipose Tissue Participate in Lactate Utilization during Muscular Work / V.D. Son'kin, E.B. Akimov, R.S. Andreev, A.V. Yakushkin and Kozlov A.V. // *icSPORTS 2014. Proceedings of the 2nd International Congress on Sports Sciences Research and Technology Support* – P.97-102.
25. Vaile, J. Effect of cold water immersion on repeat cycling performance and thermoregulation in the heat / J. Vaile, S. Halson, N. Gill, B. Dawson // *J Sports Sci.* – 2008. – V.26. № 5– P.431-440.
26. Wilcock, I.M. Water immersion: does it enhance recovery from exercise? / I.M. Wilcock, J.B. Cronin, W.A. Hing // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2006. – V.1(3) – P.195-206.

