

coralclub

«Препараты из морского сырья»

(Marine Drugs)

«МДПИ» (MDPI)

Статья

Пероральный прием глубоководных океанических минералов увеличивает способность футболистов к интенсивному прерывистому бегу после кратковременного восстановления после физических нагрузок: двойное слепое плацебо-контролируемое перекрестное исследование

Мэтью Ф. Хиггинс^{1, *}, ID, Бенджамин Радкин¹ и Цзя-Хуа Го²

Мэтью Ф. Хиггинс¹, *, ID, Бенджамин Радкин¹ и Цзя-Хуа Го²

¹ Исследовательский центр гуманитарных наук, Университет Дерби, Кедлстон Роуд, Дерби, DE22 1GB, Великобритания, benrudkin_345@hotmail.com

² Институт спортивной медицины, Университет Тайбэя, район Шилинь, Тайбэй, 111, Тайвань, kuochiahua@gmail.com

* Автор для корреспонденции: m.higgins@derby.ac.uk

Получено: 02 апреля 2019 года, принято: 22 мая 2019 года, опубликовано: 24 мая 2019 года

Проверка обновлений

Аннотация: в настоящем исследовании изучался потенциал добавки с глубоководными океаническими минералами (ГОМ) улучшить способность к интенсивному прерывистому бегу после кратковременного восстановления после первоначального сеанса длительного высокоинтенсивного бега в термонейтральных условиях окружающей среды. Девять здоровых активных футболистов мужского пола (возраст 22 ± 1 год, рост 181 ± 5 см, масса тела 80 ± 11 кг) выполнили тест с возрастающей нагрузкой для определения пикового потребления кислорода (VO_2 peak), два ознакомительных испытания и два экспериментальных испытания после проведения двойных слепых повторяющихся измерений в рамках перекрестного и уравновешенного дизайна исследования. Все испытания проводились с интервалом семь дней при комнатной температуре окружающей среды (т. е. 20°C). В течение 2-ч. периода восстановления после первоначального периода бега в течение ок. 60 мин. при 75 % VO_2 peak участникам давали $1,38 \pm 0,51$ л воды с глубоководными океаническими минералами (ГОМ) или плацебо в зависимости от вкусовых предпочтений (плацебо), оба смешанные с 6 % сахарозой. ГОМ увеличили способность к высокоинтенсивному бегу примерно на 25 % по сравнению с плацебо. Не наблюдалось различий между ГОМ и плацебо для концентрации лактата, глюкозы крови или осмоляльности мочи. Минералы и микроэлементы в составе ГОМ как индивидуально, так и синергически, по-видимому, увеличивают способность к бегу высокой интенсивности у здоровых активных футболистов мужского пола после кратковременного восстановления после начального периода длительного высокоинтенсивного бега в термонейтральных условиях окружающей среды.

Ключевые слова: глубоководные океанические минералы, футбол, бейсбол, высокоинтенсивный прерывистый бег, способность к физической нагрузке, восстановление.

1. Введение

Предполагается, что гидротермальные системы в глубинных водах океана являются одними из наиболее вероятных условий биологического происхождения жизни [1, 2]. Действительно, такие щелочные системы были предложены в качестве источника эволюции первичного метаболизма [1, 3]. Морская среда обладает богатым набором биологически активных ингредиентов с многочисленными потенциальными преимуществами для здоровья [4]. Более того, новые биологически активные соединения на морской основе могут также повысить работоспособность человека, особенно лиц с высокой физической активностью [4]. Прием глубоководных океанических минералов (ГОМ) ранее продемонстрировал положительное влияние на выполнение физических упражнений на моделях животных [5, 6] и в исследованиях с участием человека [7-9]. Например, Hou et al. [7] сообщили, что ГОМ, извлеченные с глубины 662 м от поверхности океана, способствовали существенно более быстрому восстановлению после длительной физической нагрузки при температуре 30°C , которая привела к снижению массы тела здоровых мужчин на 3 %. Более конкретно, максимальное потребление кислорода (VO_2 max) увеличилось примерно на 2 % через 4 ч. по сравнению с исходным уровнем при приеме ГОМ, в то время как этот показатель был снижен примерно на 11 % при приеме плацебо. Через 24 ч. показатель VO_2 max увеличился примерно на 6 % по сравнению с исходным уровнем при приеме ГОМ, в то время как при приеме плацебо он был примерно на 13 % ниже. Авторы высказали мнение, что определенные элементы в ГОМ, такие как бор, магний и рубидий, вероятно, способствовали наблюдаемым эргогенным эффектам. Примечательно, что, используя аналогичный протокол, Stasiule et al. [9] сообщили о сопоставимых различиях в аэробной способности здоровых женщин через 4 ч. после приема в виде добавки (глубинной) воды с минералами (ГМВ), извлеченной из скважины на глубине 689 м, или плацебо (очищенной водопроводной воды). Аналогично, эти авторы также утверждали, что

минералы и микроэлементы, входящие в состав ГМВ, возможно, действовали совместно для восстановления нормальной работоспособности человека [9].

Учитывая важность оптимизации и восстановления для лиц, которые тренируются/участвуют в соревнованиях несколько раз в день, при ограниченном времени между подходами нагрузки [10, 11] и тот факт, что в настоящее время неизвестно, может ли ГОМ улучшить способность к высокоинтенсивному кратковременному бегу с перерывами, что является неотъемлемой частью многих командных видов спорта, таких как футбол [12], в этом исследовании изучалось влияние ГОМ на способность к высокоинтенсивному прерывистому бегу футболистов после кратковременного восстановления после исходного сеанса длительных тренировок высокой интенсивности в термонейтральных условиях окружающей среды. Таким образом, основным критерием эффективности в виде работоспособности для этого исследования была выносливость при беге с перерывами высокой интенсивности с вторичными критериями эффективности, включающими различные метаболические (т. е. уровень глюкозы и лактата в крови), антропометрические (т. е. масса тела) и физиологические (т. е. осмоляльность мочи) маркеры. Мы предположили, что ГОМ увеличивает выносливость при интенсивном прерывистом беге с другими переменными, остающимися одинаковыми между группами.

2. Результаты

2.1. Тест с возрастающей нагрузкой

В конце теста с возрастающей нагрузкой среднее относительное значение $VO_{2,}$ частота сердечных сокращений (ЧСС), оценка воспринимаемой нагрузки (RPE) и коэффициент дыхательного обмена составили 46 ± 4 мл/кг/мин.- $1,197 \pm 4$ удара/мин.- $1, 19,3 \pm 0,7$ и $1,07 \pm 0,05$ соответственно.

2.2. Исходный протокол усталости

Не наблюдалось различий между группами ГОМ и плацебо в течение времени начального сеанса бега с 75 % $VO_{2, peak}$ (58 ± 4 против 58 ± 4 мин. соответственно, $P = 1,00$, $r = 0$) или последующего прерывистого бега до сознательного изнурения (163 ± 53 против 160 ± 52 с. соответственно, $P = 0,92$, $d = 0,05$; $-0,87, 0,98$). Не наблюдалось взаимодействия ($P = 0,45$, $P\eta^2 = 0,1$) или основного эффекта процедуры ($P = 0,31$, $P\eta^2 = 0,1$) для ЧСС во время бега при 75 % $VO_{2, peak}$. Однако основной эффект наблюдался для времени ($P < 0,001$, $P\eta^2 = 0,8$, Таблица 1). Не наблюдалось взаимодействия ($P = 0,23$, $P\eta^2 = 0,2$) или основного эффекта процедуры ($P = 0,09$, $P\eta^2 = 0,3$) для RPEL во время бега при 75 % $VO_{2, peak}$, хотя наблюдался основной эффект времени ($P < 0,001$, $P\eta^2 = 0,9$, Таблица 1). Не наблюдалось взаимодействия ($P = 0,09$, $P\eta^2 = 0,2$) или основного эффекта процедуры ($P = 0,09$, $P\eta^2 = 0,3$) для RPEO во время бега при 75 % $VO_{2, peak}$, однако наблюдался основной эффект времени ($P < 0,001$, $P\eta^2 = 0,9$, Таблица 1).

2.3. Протокол после восстановления

Все участники завершили 20-мин. период бега после восстановления при 75 % $VO_{2, peak}$ для обеих экспериментальных групп. Взаимодействия не наблюдалось ($P = 0,60$, $P\eta^2 = 0,1$, $P = 0,95$, $P\eta^2 = 0,01$, $P = 0,94$, $P\eta^2 = 0,02$) или основного эффекта процедуры ($P = 0,61$, $P\eta^2 = 0,03$, $P = 0,69$, $P\eta^2 = 0,02$, $P = 0,49$, $P\eta^2 = 0,1$) для ЧСС, RPEL и RPEO соответственно в течение 20 мин. бега при 75 % $VO_{2, peak}$ после восстановления, однако, наблюдался основной эффект времени для всех переменных (все значения $P < 0,001$, $P\eta^2 = 0,8$, Таблица 2).

Таблица 1. Групповые средние значения сердечно-сосудистых параметров и данных восприятия в течение первых 60 мин. бега при 75 % VO_{2 peak}

Время Продукт	10 мин.		20 мин.		30 мин.		40 мин.		50 мин. #, +		60 мин. *, #, +	
	ГОМ	Плацебо	ГОМ	Плацебо	ГОМ	Плацебо	ГОМ	Плацебо	ГОМ	Плацебо	ГОМ	Плацебо
ЧСС (ударов/мин. ⁻¹)	150	156	157	159	162	167	164	166	167	168	170	171
CO	10	16	9	16	8	14	9	13	7	12	8	12
RPE _L	2,7	3,1	3,8	3,9	4,3	4,3	5,2	5,6	5,9	6,9	6,3	7,4
CO	1,0	1,3	1,2	1,4	1,2	1,2	2,0	1,6	2,0	1,9	1,9	1,9
RPE ₀	10,7	11,6	12,7	12,7	13,6	14,0	14,3	15,1	15,3	16,2	15,7	17,1
CO	2,2	1,8	1,1	1,3	1,2	0,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,4

ЧСС = частота сердечных сокращений, RPE_L = оценка воспринимаемой нагрузки, локализованной в ногах (0-10), RPE₀ = оценка воспринимаемой нагрузки, связанной с общей нагрузкой на сердечно-сосудистую систему (6-20). * > ЧСС через 10, 20 и 40 мин. (P < 0,02). # > RPE_L через 10, 20, 30 и 40 мин. (P ≤ 0,01). + > RPE₀ через 10, 20, 30 и 40 мин. (P < 0,02)

2.4. Тест на способность к интенсивному прерывистому бегу

Не наблюдалось эффекта четкого порядка между группами 1 и 2 в тесте на способность к высокоинтенсивному прерывистому бегу (1048 ± 713 против 1268 ± 1103 с., P = 0,21, r = 0,4). Напротив, ГОМ увеличили способность к физической нагрузке на 56 % (1411 ± 1157 против 905 ± 520 с., P = 0,038, r = 0,7) по сравнению с плацебо (Рисунок 1).

Из-за различий в способности к физической нагрузке между продуктами и участниками данные о ЧСС и восприятии были проанализированы только для первых четырех челночных тестов при 90 % VO_{2 peak} и сознательном изнурении. Не наблюдалось взаимодействия (P = 0,09, Rη² = 0,2) или основного эффекта процедуры (P = 0,68, Rη² = 0,02) для ЧСС, однако наблюдался основной эффект времени (P < 0,001, Rη² = 0,5), при этом ЧСС была выше в конце нагрузки (174 ± 7 ударов/мин.⁻¹) по сравнению с показателем через 1 мин. (168 ± 7 ударов/мин.⁻¹, P < 0,02) и 2 мин. (169 ± 6 ударов/мин.⁻¹, P < 0,05). Кроме того, не наблюдалось взаимодействия (P = 0,86, Rη² = 0,02, P = 0,09, Rη² = 0,2) или основного эффекта процедуры (P = 0,86, Rη² < 0,01, P = 0,4, Rη² = 0,09) для RPE_L и RPE₀ соответственно. Как и для ЧСС, наблюдался основной эффект времени для RPE_L (P = 0,001, Rη² = 0,6) и RPE₀ (P < 0,001, Rη² = 0,7), в соответствии с которым RPE_L (9,4 ± 0,7) и RPE₀ (19,2 ± 1,2) были выше при сознательном изнурении по сравнению с показателями через 1 мин. (6,9 ± 1,6; 15,7 ± 2,0, P < 0,01) и 2 мин. (7,4 ± 1,6; 16,4 ± 2,1, P < 0,05) соответственно.

Таблица 2. Групповые средние значения сердечно-сосудистых параметров и данных восприятия в течение 20 мин. бега при 75 % VO_{2 peak} после восстановления

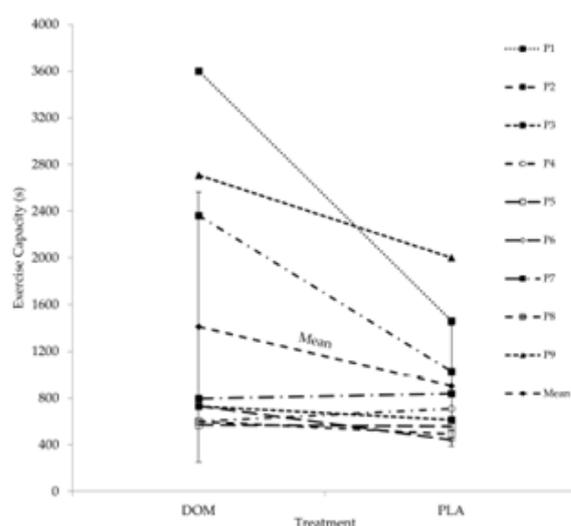
Время Продукт	5 мин.		10 мин. #		15 мин. *		20 мин. *	
	ГОМ	Плацебо	ГОМ	Плацебо	ГОМ	Плацебо	ГОМ	Плацебо
ЧСС (ударов/мин. ⁻¹)	157	160	163	163	166	167	168	169
CO	10	11	12	13	11	12	10	11
RPE _L	5,0	5,2	5,8	5,9	6,6	6,9	6,9	7,1
CO	1,5	1,2	2,2	1,4	1,9	1,5	2,2	1,5
RPE ₀	12,9	13,1	13,8	14,1	15,1	15,2	15,8	16,0
CO	1,4	1,3	1,4	1,5	1,8	1,2	2,4	2,1

ЧСС = Частота сердечных сокращений; RPE_L = оценка воспринимаемой нагрузки, локализованной в ногах (0-10), RPE₀ = оценка воспринимаемой нагрузки, связанной с общей нагрузкой на сердечно-сосудистую систему (6-20). * > значения через 5 и 10 мин. для всех переменных (P ≤ 0,01). # > значения через 5 мин. для всех переменных (P < 0,05)

2.5. Осмоляльность мочи

Не было обнаружено взаимодействия (P = 0,18, Rη² = 0,2) или основного фактора процедуры (P = 0,88, Rη² < 0,01) или времени (P = 0,12, Rη² = 0,3) для осмоляльности мочи (Таблица 3).

Рисунок 1. Индивидуальные и групповые средние значения способности к высокоинтенсивному прерывистому бегу после употребления глубоководных океанических минералов или плацебо



Exercise capacity (с)	Способность к нагрузке (с.)
Mean	Среднее значение
DOM	ГОМ
PLA	Плацебо
Treatment	Процедура

2.6. Масса тела

Наблюдалось взаимодействие для массы тела ($P < 0,02$, $R\eta^2 = 0,4$), при котором масса тела была больше при приеме ГОМ по сравнению с плацебо ($80,1 \pm 11,3$ против $79,8 \pm 11,2$ кг соответственно, $P < 0,05$, $d = 0,03$; $-0,90$; $0,95$) только на исходном уровне (Таблица 4). Наблюдался также основной эффект времени ($P < 0,001$, $R\eta^2 = 0,8$), благодаря которому масса тела была больше (все значения $P < 0,001$) на исходном уровне ($80,0 \pm 10,9$ кг) по сравнению с показателем через 60 мин. бега при $75\% \text{VO}_{2\text{peak}}$ ($79,3 \pm 10,9$ кг) после 2 ч. восстановления ($79,4 \pm 11,0$ кг) и в конце теста на способность к нагрузке ($79,3 \pm 10,9$ кг). Основного эффекта процедуры не наблюдалось ($P = 0,84$, $R\eta^2 < 0,01$).

Таблица 3. Осмоляемость мочи (мОсм/кг^{-1}) в динамике

Время	Исходный уровень		После первого периода бега		После восстановления		Способность к нагрузке после нагрузки	
	при $75\% \text{VO}_{2\text{peak}}$							
Продукт	ГОМ	Плацебо	ГОМ	Плацебо	ГОМ	Плацебо	ГОМ	Плацебо
P1	590	560	900	730	910	830	900	800
P2	420	300	920	360	660	90	600	90
P3	400	570	1090	1110	210	80	200	90
P4	590	600	230	610	780	860	760	850
P5	130	600	230	770	100	290	50	280
P6	180	430	180	350	170	40	180	20
P7	580	120	510	280	320	300	300	270
P8	180	600	540	20	20	10	20	10
P9	150	540	400	580	230	200	200	180
Среднее значение	358	480	556	534	378	300	357	288
CO	200	168	338	321	321	326	318	320

ГОМ – глубоководные океанические минералы

2.7. Лактат крови

Не наблюдалось взаимодействия ($P = 0,65$, $R\eta^2 = 0,07$) или основного фактора процедуры ($P = 0,74$, $R\eta^2 = 0,01$) для лактата крови, однако наблюдался основной фактор времени ($P = 0,001$, $R\eta^2 = 0,6$, Таблица 5).

Таблица 4. Масса тела (кг) в динамике

Время	Исходный уровень *, #		После первого периода бега		После восстановления		Тест на способность к нагрузке после нагрузки	
	при $75\% *$							
Продукт	ГОМ	Плацебо	ГОМ	Плацебо	ГОМ	Плацебо	ГОМ	Плацебо
P1	90,0	90,0	89,5	89,8	89,5	90,0	88,5	90,0
P2	76,0	76,0	75,0	75,5	75,0	75,5	75,0	75,5
P3	96,0	95,0	94,5	94,5	95,0	95,0	95,0	95,0
P4	76,0	76,0	75,0	75,5	75,5	76,0	75,5	75,5
P5	66,0	66,0	65,5	65,5	65,5	65,5	65,5	65,5
P6	74,0	72,5	73,0	72,0	73,0	72,0	73,0	72,0
P7	66,0	66,0	65,0	65,5	65,0	65,5	65,0	65,5
P8	83,0	83,0	82,5	82,5	82,5	82,5	82,5	82,5
P9	94,0	94,0	93,5	93,5	93,5	93,5	93,0	93,5
Среднее значение	80,1	79,8	79,3	79,4	79,4	79,5	79,2	79,4
CO	11,3	11,2	11,3	11,3	11,3	11,4	11,2	11,4

ГОМ – глубоководные океанические минералы. * > чем во всех других временных точках, $P < 0,001$, # ГОМ > плацебо, $P < 0,05$

2.8. Уровень глюкозы в крови

Не наблюдалось взаимодействия ($P = 0,43$, $R\eta^2 < 0,1$) или основного фактора процедуры ($P = 0,24$, $R\eta^2 = 0,2$) или времени ($P = 0,13$, $R\eta^2 = 0,2$) для уровня глюкозы в крови (Таблица 5).

Таблица 5. Содержание лактата крови (вверху) и глюкозы крови (внизу) (ммоль/л⁻¹) в динамике

Время	Исходный уровень		После первого периода бега при 75 % VO _{2 peak} *		После восстановления*		Тест на способность к нагрузке после нагрузки*	
Продукт	ГОМ	Плацебо	ГОМ	Плацебо	ГОМ	Плацебо	ГОМ	Плацебо
P1	1,4	1,0	2,4	2,5	2,4	1,4	1,3	1,6
P2	0,9	0,9	1,2	1,7	2,3	3,1	1,6	1,7
P3	1,0	1,1	5,4	5,6	1,5	3,2	1,9	1,6
P4	1,1	1,0	5,4	3,4	3,7	1,2	3,5	2,3
P5	0,6	0,9	1,9	3,8	1,4	1,6	1,9	1,9
P6	0,9	1,2	2,3	3,5	1,7	2,1	2,0	2,9
P7	0,7	0,6	3,8	1,4	1,1	1,7	2,3	2,6
P8	1,0	1,2	7,5	3,5	2,4	2,0	4,6	3,5
P9	0,8	1,0	1,8	2,1	1,1	1,8	1,6	2,3
Среднее значение	0,9	1,0	3,5	3,1	2,0	2,0	2,3	2,3
CO	0,2	0,2	2,1	1,3	0,8	0,7	1,1	0,7

ГОМ – глубоководные океанические минералы. * > исходного уровня ($P < 0,01$)

Время	Исходный уровень		После первого периода бега при 75 % VO _{2 peak} *		После восстановления		Тест на способность к нагрузке после нагрузки	
Продукт	ГОМ	Плацебо	ГОМ	Плацебо	ГОМ	Плацебо	ГОМ	Плацебо
P1	4,4	3,6	5,6	4,3	4,8	4,8	5,3	4,3
P2	13,1	11,7	5,7	7,0	9,4	15,3	4,1	9,0
P3	4,6	4,6	4,3	4,2	5,5	5,7	3,9	3,8
P4	4,8	5,0	4,6	4,8	3,2	3,7	3,2	4,9
P5	3,7	4,2	2,9	3,5	4,3	6,2	3,6	2,9
P6	3,7	5,0	4,1	5,0	3,8	4,0	4,1	3,7
P7	3,3	3,1	3,1	2,9	6,0	4,6	2,5	2,4
P8	4,7	5,1	4,7	4,2	5,8	4,8	4,8	4,4
P9	4,2	4,6	3,4	4,6	3,5	5,4	3,4	5,4
Среднее значение	5,1	5,2	4,3	4,5	5,1	6,0	3,9	4,5
CO	3,0	2,5	1,0	1,2	1,9	3,5	0,9	1,9

ГОМ – глубоководные океанические минералы

3. Обсуждение

Пероральный прием ГОМ ранее продемонстрировал положительное влияние на способность к физической нагрузке человека [7-9], хотя такие преимущества наблюдались во время физических упражнений после восстановления после первоначального подхода в виде длительной обезвоживающей нагрузки в жару (т. е. при 30 °С). Поэтому целью настоящего исследования являлось изучение потенциального эргогенного эффекта ГОМ во время физической нагрузки после восстановления после первоначального сеанса длительной физической нагрузки в более термонейтральных условиях (т. е. при 20 °С). В подтверждение нашей гипотезы ГОМ увеличили способность к интенсивному прерывистому бегу у активных футболистов на уровне группы на 56 %. Однако, предполагая умеренную суточную вариацию ок. 10 % для теста на способность к высокоинтенсивной нагрузке [13] и после учета любых потенциальных эффектов порядка между группами 1 и 2 ок. 20 %, мы предполагаем, что минимальные вероятные эргогенные эффекты после приема ГОМ на уровне группы составляют ок. 25 %. В целом пероральный прием ГОМ, по-видимому, способствует эргогенным преимуществам для активных футболистов после периода восстановления после длительной физической нагрузки в термонейтральных условиях окружающей среды, однако, учитывая несколько изменяющиеся результаты, обоснованным является индивидуальный подход к добавкам.

В настоящем исследовании масса тела была больше на исходном уровне по сравнению с показателем после 60 мин. бега при 75 % $VO_{2\text{peak}}$ после 2-ч. восстановления и в конце теста на способность к интенсивной прерывистой нагрузке. Большая часть этого снижения массы тела с течением времени, скорее всего, свидетельствует о выделении пота. Поскольку длительные упражнения на выносливость могут вызвать увеличение экскреции магния (Mg) с потом и мочой [6], вполне вероятно, что участники настоящего исследования продемонстрировали заметные потери Mg. Кроме того, среди ряда других факторов, таких как снижение содержания магния в пищевых культурах и доступность рафинированных и обработанных пищевых продуктов, подавляющее большинство современной популяции людей все равно подвержено риску дефицита магния. Кроме того, нормальный уровень Mg в сыворотке крови не обязательно исключает дефицит Mg [14]. Поскольку Mg участвует в многочисленных фундаментальных биологических процессах, таких как производство энергии, регулирование электролитного обмена и поглощение кислорода, а также при наличии доказательства, что предельный дефицит Mg снижает работоспособность и увеличивает негативные последствия интенсивных физических нагрузок [15], представляется вероятным, что высокая концентрация Mg в ГОМ (Таблица 6) сыграла определенную роль в наблюдаемых эргогенных эффектах. Действительно, среднее количество Mg, потребляемого из ГОМ в настоящем исследовании (ок. 236 мг), составляло ок. 80 % от рекомендуемой суточной нормы участника 300 мг [16]. Более того, недавний обзор представляет дополнительную поддержку потенциала добавок магния для улучшения аспектов, связанных как с аэробной, так и с анаэробной нагрузкой [17].

Бор (B), как было показано, увеличивает всасывание Mg, снижает уровень воспалительных биомаркеров, таких как высокочувствительный С-реактивный белок (ВЧ-СРБ), фактор некроза опухоли α (TNF- α), интерлейкин 6 (ИЛ-6), а также участвует в синтезе и активности важнейших биомолекул, таких как никотинамидадениндинуклеотид (NAD⁺, [18]). Следовательно, B в ГОМ может действовать синергически с Mg при повышенном уровне последнего или индивидуально через опосредование воспаления, вызванного физическими упражнениями, и/или путем облегчения ключевых биохимических реакций, в которых NAD⁺ имеет решающее значение, таких как выработка АТФ и сигнализация кальция [18]. Хотя в более старшей популяции людей и с использованием другого режима нагрузки, чем в настоящем исследовании, мы ранее показали, что ГОМ может опосредовать соотношение нейтрофилов и лимфоцитов после нагрузки [19], которое связано с различными цитокинами, включая ИЛ-6 [20]. Кроме того, было показано, что как однократный (один день), так и длительный (семь дней) прием добавки с B хорошо переносится человеком, при длительном

приеме наблюдается значительное снижение уровня воспалительных цитокинов и значительное увеличение свободного тестостерона [21]. Однако следует добавить, что средняя дозировка, использованная в настоящем исследовании (ок. 0,74 мг) была существенно меньше, чем однократная дозировка, используемая в вышеупомянутом исследовании (10 мг, [21]), и с использованием аналогичной жесткости воды с ГОМ (713), что и в настоящем исследовании (704), Hou et al. [7] сообщили об отсутствии различий в уровне тестостерона между ГОМ и плацебо.

Рубидий (Rb), присутствующий во всех тканях человека, уровень которого варьируется от 8 до 30 мг/кг-1 [22], упоминается как «биологический посредник» для калия (K⁺) [23]. Хорошо известно, что во время нагрузки высокой интенсивности происходит быстрое и заметное увеличение уровня внеклеточного K⁺ и значительная потеря K⁺ из активных мышц. Таким образом, вполне вероятно, что результирующие электрические изменения, вызванные ионными сдвигами через поверхностную мембрану мышц, являются основными причинами усталости [24]. Следовательно, возможно, что высокий уровень Rb в ГОМ (Таблица 6) может являться индикатором K⁺ и способствовать длительному состоянию оптимальной электрической активности и, следовательно, сокращению мышц, тем самым замедляя усталость. Более того, было обнаружено, что уровень Rb на 49 и 34 % выше у профессиональных футболистов, чем у малоподвижных лиц и бегунов на длинные дистанции соответственно [25]. Однако, хотя Rb связан с циклом K, он не обязательно заменяет его [22, 25] и, таким образом, здесь могут быть ответственны другие механизмы. Кроме того, было отмечено участие Rb в функции головного мозга, хотя конкретные роли еще предстоит определить [22, 25].

В подтверждение нашей гипотезы настоящее исследование не выявило различий в осмоляльности мочи между протоколами процедуры. Эти выводы отличаются от результатов Keen et al. [8], которые сообщили, что ГОМ вернули осмоляльность слюны к исходным значениям примерно в два раза быстрее, чем родниковая вода и спортивный напиток на основе углеводов. Однако наблюдаемые различия, вероятно, объясняются методологическими различиями между исследованиями. Например, участники в исследовании Keen et al. [8] проводили тренировки в жару для достижения снижения массы тела примерно на 3 %, и последующая регидратация основывалась на предписываемом, а не на свободном приеме воды. Кроме того, осмоляльность слюны демонстрирует значительную вариабельность измерений изо дня в день и по величине реакции на гипогидратацию, таким образом, ее использование в качестве метода оценки состояния гидратации было поставлено под сомнение [26]. Однако, несмотря на различия в осмоляльности мочи между исследованиями, Keen et al. [8] также сообщили об улучшении физической работоспособности при приеме ГОМ, которые способствовали наибольшему восстановлению пикового момента при разгибании колена после нагрузки, хотя участники не смогли полностью восстановить исходный пиковый момент независимо от типа продукта. В отличие от нашей первоначальной гипотезы, мы наблюдали разницу в исходной массе тела между ГОМ и плацебо. Однако разница в 0,28 кг была значительно ниже типичного суточного изменения массы тела у молодых мужчин (0,6 кг), о котором сообщалось ранее [27]. Таким образом, мы не считаем, что различия в массе тела оказали какое-либо существенное влияние на наши результаты.

В подтверждение нашей гипотезы, не наблюдалось различий в уровне лактата и глюкозы крови между ГОМ и плацебо. Эти результаты схожи с результатами Wei et al. [19], которые сообщили об отсутствии различий в уровне обоих метаболитов после 15-мин. езды на велосипеде при 75 % $VO_2\text{max}$. Важно, что абсолютные значения уровня лактата в крови через 60 мин. бега при 75 % $VO_2\text{peak}$ в настоящем исследовании были аналогичными тем, которые наблюдаются в ряде других исследований ответа лактата крови во второй половине футбольного матча (3,7-4,7 ммоль/л-1, [28]), подчеркивая, что наш протокол имел подобный метаболический профиль. Однако, учитывая методологические различия между исследованиями и отсутствие других данных, влияние ГОМ на уровень лактата и глюкозы в крови требует дальнейшего изучения.

Возможно, самый необычный вывод на основании метаболических данных относится к конкретному участнику, у которого после завершения этого исследования был диагностирован диабет I типа. Участник подтвердил семейный анамнез данного заболевания, который не был раскрыт до начала участия в исследовании (P2, Таблица 5, нижняя часть). Примечательно, что в конце восстановительного периода уровень глюкозы в крови увеличился на 65 % (+3,69 ммоль/л-1) после приема ГОМ, но на 117 % для плацебо (+8,23 ммоль/л-1) по сравнению со значениями в конце 60 мин. бега при 75 % VO₂ peak. За исключением P2 среднее повышение уровня глюкозы в крови между этими временными точками составило 18 и 22 % для ГОМ и плацебо соответственно. Кроме того, только часть различий, наблюдаемых для P2, может быть объяснена различиями между протоколами процедуры -1,39 ммоль/л-1 в исходном состоянии и +1,35 ммоль/л-1 после завершения 60 мин. бега при 75 % VO₂ peak для плацебо и ГОМ соответственно. Потенциал ГОМ в облегчении усиления поглощения глюкозы поддерживается Na et al. [29], которые сообщили, что ГОМ улучшает толерантность к глюкозе и подавляет гипергликемию посредством модуляции метаболизма глюкозы у мышей с диабетом, индуцированным стрептозоцином. О потенциальном противодиабетическом эффекте ГОМ (или их производных) также сообщалось для различных других моделей животных [30-32]. Более того, ряд элементов, содержащихся в ГОМ, таких как ванадий [33] и хром [34], также были тесно связаны с улучшением метаболизма глюкозы.

Настоящее исследование имеет ряд сильных сторон. Во-первых, мы первыми сообщаем об эргогенных преимуществах перорального приема ГОМ для человека в термонейтральных условиях окружающей среды, таким образом, мы расширяем потенциальный пул популяции, который мог бы извлечь пользу из данного подхода. Кроме того, включив потребление жидкости на основе вкусовых предпочтений отдельного участника в ознакомительные испытания, мы считаем, что это обеспечивает более широкую прикладную экологическую валидность. Это исследование также не лишено ограничений. Несмотря на то, что размер выборки соответствует основополагающим работам в этой области [7, 9], мы признаем относительную нехватку статистической мощности. Более того, мы признаем, что анализ данных участника с диабетом I типа носит несколько гипотетический характер и, следовательно, к нему следует относиться с осторожностью. Тем не менее, мы считаем, что это может послужить полезными исходными данными для тематических исследований и, следовательно, может стать трансляционной платформой для исследования потенциального влияния ГОМ на (дисфункциональный) метаболизм глюкозы у человека во время/после физической нагрузки.

В целом в подтверждение нашей гипотезы ГОМ увеличили способность к интенсивному прерывистому бегу у футболистов после кратковременного восстановления после первоначального сеанса длительной нагрузки на уровне группы примерно на 25 %. На сегодняшний день механизм этого эффекта неясен и требуется дальнейшая работа для установления механизмов, лежащих в основе эргогенных эффектов ГОМ, для максимизации их потенциальной эффективности и пользы для здоровья в более широкой популяции.

4. Материалы и методы

4.1. Участники

После ознакомления с информационным листком предлагаемого исследования и последующего предоставления письменного информированного согласия девять здоровых футболистов среднего профессионального уровня мужского пола (возраст 22 ± 1 год, рост 181 ± 5 см, масса тела 80 ± 11 кг, среднее еженедельное время футбольных тренировок 134 ± 64 мин. (диапазон 40-240), среднее время тренировок, не связанных с футболом (например, тренажерный зал/бег на открытом воздухе) 37 ± 44

мин. (диапазон 0-90)), добровольно приняли участие в исследовании, которое получило этическое одобрение университета (код S2BR2016). Экспериментальная когорта была отобрана с помощью случайной выборки. Участники имели право на включение в исследование, если они были мужчинами, футболистами среднего профессионального уровня, были здоровы, не имели травм и находились в возрасте от 18 до 30 лет.

4.2. Дизайн исследования

Участники совершили пять визитов в лабораторию. Во-первых, участники выполнили тест с возрастающей нагрузкой для определения пикового поглощения кислорода (VO₂ peak), за которым последовали два ознакомительных испытания. Используя повторяющиеся измерения, перекрестный и уравновешенный дизайн, участники затем завершили два экспериментальных испытания. Все испытания были завершены на моторизованной беговой дорожке (Mercury S, «Вудвэй» (Woodway), Уокешо, Висконсин, США) с интервалом 7 суток, проведенных при окружающей комнатной температуре (т. е. ок. 20 °C), которые начинались в одинаковое время дня (например, с 9 до 10 утра), для минимизации возможных суточных ритмических эффектов на специфическую к футболу выносливость [35].

4.3. Процедуры до исследования

Участники воздерживались от интенсивной физической активности и алкоголя по крайней мере за 24 ч. до тренировки. Участникам также было предложено вести письменный учет своего рациона питания за 24 ч. до первого испытания и повторять его перед всеми остальными испытаниями. Участников также просили избегать употребления любых пищевых добавок, которые могут повлиять на физические нагрузки (например, кофеина) за 24 ч. до каждого испытания. В связи с длительным периодом вымывания участники прошли устный скрининг на предмет использования добавок бета-аланина и моногидрата креатина. Ни один участник не был исключен из исследования из-за предварительного приема любого из них.

При первом посещении лаборатории регистрировались возраст, рост (см) и масса тела (кг) участника, при последующих посещениях регистрировалась только масса тела. За час до тренировки участникам было предложено выпить 500 мл водопроводной воды для обеспечения достаточного и постоянного уровня гидратации [36]. Статус гидратации измеряли с помощью осмоляльности мочи (карманный рефрактометр, «Атаго» (Atago), Токио, Япония), гидратация считалась достаточной при значении < 600 мОсмоль/кг-1 [37]. Если участники не достигали этого значения, они должны были медленно потреблять воду в течение 15 мин. отдыха в положении сидя перед повторным тестированием. Если осмоляльность мочи была по-прежнему > 600 мОсмоль/кг-1, участники были исключены из исследования. Двум участникам требовалось небольшое количество воды в дополнение к болюсу 500 мл, но было установлено, что все участники имели достаточную гидратацию перед каждым испытанием. Последствию был подключен монитор сердечного ритма (ЧСС) (FS3C, «Полар» (Polar), Финляндия). После 5-мин. отдыха в положении сидя регистрировали ЧСС, брали образец капиллярной крови из пальца и затем анализировали на концентрацию лактата в крови (BLa) и глюкозы в крови (BGl) (Biosen C_line, «ЭКФ Дагностик» (EKF Diagnostic), Магдебург, Германия).

4.4. Тест с возрастающей нагрузкой

Оценка VO₂ peak была достигнута с помощью теста с возрастающей нагрузкой на моторизованной беговой дорожке (Mercury S, «Вудвэй», Уокешо, Висконсин, США). После завершения начальной 5-мин. разминки со скоростью 8 км/ч-1 участники начина-

ли бежать со скоростью 9 км/ч.-1 в течение 3 мин. Постепенное увеличение скорости на 1 км/ч.-1 применялось каждые три минуты до сознательного изнурения. В конце каждого этапа и по завершении упражнения телеметрически регистрировалась ЧСС и оценка воспринимаемой нагрузки (6-20, [38]). Выдыхаемый при каждом вдохе газ (Metalyser II, «Кортекс» (Cortex), Лейпциг, Германия) регистрировался на протяжении всего теста и впоследствии анализировался на потребление кислорода (VO₂) и коэффициент дыхательного обмена за последние 60 с. отдыха и последние 30 с. нагрузки.

4.5. Ознакомительные испытания

После сбора исходных показателей, как описано ранее (т. е. массы тела, ЧСС, концентрации BLа и концентрации BGI), участники начинали 5-мин. разминку на беговой дорожке со скоростью 8 км/ч.-1. Сразу после завершения разминки, участники далее бежали в течение ок. 60 мин. со скоростью, соответствующей 75 % VO₂ peak (примечание: двое участников были не в состоянии завершить полный забег в течение 60 мин. в первом эксперименте, однако смогли выполнить это в ходе второго эксперимента, соответственно среднее значение составило 58 ± 4 и 58 ± 4 мин., представленное в Разделе 2.2). Эта интенсивность была выбрана в качестве расхода энергии при игре в футбол, который, как сообщалось, соответствует 75 % максимальной аэробной способности [28]. Каждые 15 мин. во время тренировки (например, через 15, 30, 45 и 60 мин.) участникам давали болюс 20 мл водопроводной воды для теплового комфорта. Оценка воспринимаемой нагрузки, основанная на общей нагрузке на сердечно-сосудистую систему (RPEO 6-20, [39]) и локализованной в мышцах ног (RPEL 0-10, [40]), проводилась каждые 10 мин. Сразу после этого участники выполняли повторные упражнения с интервалом 1 мин. со скоростью, соответствующей 90 % VO₂ peak¹ перемежаемые 1-мин. периодами активного восстановления со скоростью 5 км/ч.-1 (темп ходьбы), до сознательного изнурения. В конце каждого 1-мин. интервала при 90 % VO₂ peak регистрировались ЧСС, RPEO и RPEL. Этот протокол был выбран, поскольку он воспроизводил модель активности и метаболический стресс во время тренировок на скоростную выносливость и, следовательно, имел отношение к лицам, которые соревновались в таких видах спорта, как футбол [41]. После выполнения упражнений участники завершили 2-мин.

активное восстановление, после чего была повторно измерена масса тела и были собраны и проанализированы дополнительные образцы мочи, BLа и BGI, как указано ранее.

Впоследствии участники восстанавливались в течение 2 ч. в полусупинированном положении. В течение этого периода им выдавали два литра водопроводной воды для приема внутрь в неограниченном количестве. Среднее количество, потребляемое во время ознакомительных испытаний (1,38 ± 0,51 л), впоследствии использовалось для расчета объема жидкости, предоставленной в ходе экспериментальных испытаний. Кроме того, после 30-мин. восстановления участникам давали стандартный зерновой батончик (хрустящий батончик с овсом и медом Nature Value™, «Дженерал Миллс» (General Mills), Аксбридж, Великобритания), который содержал 192 ккал (850 кДж) и включал 7,2 г жиров (1,0 г насыщенных), 27,1 г углеводов (11,9 г сахаров), 3,4 г белка и 2,4 г клетчатки.

После двухчасового периода восстановления были собраны и проанализированы дополнительные образцы мочи, BLа и BGI, как указано ранее. Затем была зарегистрирована исходная ЧСС до начала 5-мин. разминки при скорости 8 км/ч.-1. Впоследствии участники бежали в течение 20 мин. со скоростью бега, соответствующей 75 % VO₂ peak. Для нашего основного критерия эффективности работоспособности такой же паттерн прерывистого бега до сознательного изнурения (например, 1-мин. при 90 % VO₂ peak и затем 1-мин. активное восстановление при 5 км ч.-1) была завершена в последний раз с показателями ЧСС, RPEO, и RPEL, собранными в конце каждого интервала при 90 % VO₂ peak. После выполнения упражнений участники завершили 2-мин. активное восстановление, после чего была последний раз измерена масса тела и были собраны и проанализированы дополнительные образцы мочи, BLа и BGI, как указано ранее. Затем участники могли свободно покинуть лабораторию.

4.6. Экспериментальные испытания

Экспериментальные испытания были идентичны ознакомительным испытаниям за одним исключением. Во время восстановления участникам давали 1,38 ± 0,51 л минеральной глубоководной океанической воды (ГОМ, «ПДО Биотек» (PDO Biotech), Тайвань) или плацебо в зависимости от вкусовых предпочтений (Таблица 6). Испытания проводились в двойном слепом режиме.

Таблица 6. Компоненты каждого экспериментального продукта (вверху) и концентрат глубоководных океанических минералов (внизу)

Ингредиенты	Состав (%)	
	ГОМ	Плацебо
Очищенная вода (обратный осмос)	93,25	93,65
Сахароза	6,00	6,00
Концентрат ГОМ	0,40	Не применимо
Ароматизатор (грейпфрут, цитрусовый рай)	0,12	0,12
Лимонная кислота	0,12	0,12
Концентрированный лимонный сок	0,05	0,05
Кальция лактат	0,04	0,04
Калия хлорид	0,02	0,02
Натрия хлорид	0,01	0,01

ГОМ – глубоководные океанические минералы

Элемент	мг/л (неразбавленный)	мг/л (разбавленный)
Магний (Mg)	42 797	170,70
Натрий (Na)	13 700	54,64
Кальций (Ca)	56	0,22
Калий (K)	14 200	56,64
Бор (B)	135	0,54
Рубидий (Rb)	4,7	0,02

Примечание: разбавленный = неразбавленный x 0,4 %, общая жесткость глубоководных океанических минералов = 704

4.7. Статистический анализ

Данные были проанализированы с помощью программы SPSS IBM (версия 24, «АйБиЭм Корп» (IBM Corp), Армонк, Нью-Йорк, США). Для всех данных нормальность (критерий Шапиро-Уилка) и однородность дисперсии/сферичности (критерий Мочли) были проверены до выбора соответствующих статистических критериев. За исключением данных о физической нагрузке (ранговый критерий Уилкоксона) впоследствии был проведен ряд двухфакторных дисперсионных анализов (процедура, время) повторяющихся измерений. Если сферичность была нарушена, степени свободы корректировались с использованием значений Гринхауса-Гейсера, и применялись попарные сравнения с поправкой Бонферрони. Кроме того, был проведен анализ с апостериорным критерием достоверно значимой разницы Тьюки для взаимодействий путем расчета разницы, требуемой между средними значениями для минимального уровня $P = 0,05$ [42]. Данные были проанализированы и количественно оценены с использованием размера эффекта и значений P ($P \leq 0,05$). Для основных эффектов и взаимодействий двухфакторного дисперсионного анализа размер эффекта был представлен как частичный η^2 ($P\eta^2$). В противном случае для нормально распределенных данных размер эффекта (d) рассчитывался с использованием разницы в средних значениях, деленной на объединенное среднеквадратичное отклонение (СО) сравниваемых значений [43] с 95 % доверительным интервалом (ДИ), сообщенным и скорректированным на ошибку случайной выборки [44, 45]. Для ненормально распределенных данных размер эффекта (r) вычислялся как Z/\sqrt{n} [46]. Если не указано иное, данные представлены в виде среднего значения \pm СО.

Вклад авторов: М. Ф. Х. разработал концепцию исследования, М. Ф. Х. и Б. Р. разработали дизайн исследования, Б. Р. выполнил сбор данных, М. Ф. Х. выполнил статистический анализ и написал текст рукописи, М. Ф. Х., Ц.-Х. Г. и Б. Р. выполнили критический обзор важного интеллектуального содержания рукописи.

Финансирование: для проведения настоящего исследования не было получено внешнего финансирования.

Благодарности: авторы весьма признательны за техническую поддержку, оказанную Кери Гелдрейх и Кайлом Фарли.

Конфликт интересов: авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов. «Пасифик Дип Оушен Биотек» (Pacific Deep Ocean Biotech) финансировала публикацию в открытом доступе. Однако «Пасифик Дип Оушен Биотек» не предоставляла дополнительного финансирования и не принимала участие в разработке дизайна исследования, сборе, анализе и интерпретации данных, написании отчета или принятии решения о представлении отчета для публикации. Авторы имели полный доступ ко всем данным и несут полную ответственность за целостность данных и точность анализа данных.

Библиография

1. Nakashima, S.; Kebukawa, Y.; Kitadai, N.; Igisu, M.; Matsuoka, N. Geochemistry and the Origin of Life: From Extraterrestrial Processes, Chemical Evolution on Earth, Fossilized Life's Records, to Natures of the Extant Life. *Life* 2018, 8, 39. [CrossRef]
2. Russell, M.J.; Hall, A.J.; Martin, W. Serpentinization as a source of energy at the origin of life. *Geobiology* 2010, 8, 355-371. [CrossRef] [PubMed]
3. Kitadai, N.; Nakamura, R.; Yamamoto, M.; Takai, K.; Li, Y.; Yamaguchi, A.; Gilbert, A.; Ueno, Y.; Yoshida, N.; Oono, Y. Goelectrochemical CO production: Implications for the autotrophic origin of life. *Sci. Adv.* 2018, 4, eaao7265. [CrossRef] [PubMed]
4. Gamhone, M.A.; Gemello, E.; Riccioni, G.; D'Orazio, N. Marine Bioactives and Potential Application in Sports. *Mar. Drugs* 2014, 12, 2357-2382. [CrossRef]
5. Wang, S.-T.; Hwang, D.-F.; Chen, R.-H.; Chen, Y.-C.; Liang, C.-W.; Lin, C.-S.; Tsai, M.-L. Effect of Deep Sea Water on the Exercise-Induced Fatigue of Rats. *J. Food Drug Anal.* 2009, 17, 133-141.
6. Wang, M.-L.; Chen, Y.-J.; Cheng, F.-C. Nigari (Deep Sea Water Concentrate) enhances the treadmill exercise performance of gerbils. *Biol. Sport* 2014, 31, 69-72. [CrossRef] [PubMed]
7. Hou, C.-W.; Tsai, Y.-S.; Jean, W.-H.; Chen, C.-Y.; Ivy, J.L.; Huang, C.-H.; Kuo, C.-H. Deep ocean mineral water accelerated recovery from physical fatigue. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2013, 10, 7. [PubMed]
8. Keen, D.A.; Constantopoulos, E.; Konhilas, J.P. The impact of post-exercise hydration with deep-ocean mineral water on rehydration and exercise performance. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2016, 13, 17. [PubMed]
9. Stasiule, K.; Capkauskienė, S.; Vizbaraitė, D.; Stasiulis, A. Deep mineral water accelerates recovery after dehydrating aerobic exercise: A randomized, double-blind, placebo-controlled crossover. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2014, 11, 34. [CrossRef] [PubMed]
10. Monedero, J.; Donne, B. Effect of Recovery Interventions on Lactate Removal and Subsequent Performance. *Int. J. Sports Med.* 2000, 21, 593-597. [CrossRef]
11. Betts, J.A.; Williams, C. Short-term recovery from prolonged exercise: Exploring the potential for protein ingestion to accentuate the benefits of carbohydrate supplements. *Sports Med.* 2010, 40, 941-959. [CrossRef]
12. Baker, L.A.; Rollo, I.; Stein, K.W.; Jeukendrup, A.E. Acute Effects of Carbohydrate Supplementation on Intermittent Sports Performance. *Nutrients* 2015, 7, 5733-5763. [CrossRef]
13. Higgins, M.F.; James, R.S.; Price, M.J. Familiarisation to and reproducibility of cycling at 110% peak power output. *J. Sports Med. Phys. Fit.* 2014, 54, 139-146.
14. DiNicolantonio, J.J.; O'Keefe, J.H.; Wilson, W. Subclinical magnesium deficiency: A principal driver of cardiovascular disease and a public health crisis. *Open Heart* 2018, 5, e000668. [CrossRef] [PubMed]
15. Nielsen, F.H.; Lukaski, H.C. Update on the relationship between magnesium and exercise. *Magnes. Res.* 2006, 19, 180-189.
16. NHS UK. Available online: <https://www.nhs.uk/conditions/vitamins-and-minerals/others/> (accessed on 27 March 2019).
17. Zhang, Y.; Xun, P.; Wang, R.; Mao, L.; He, K. Can Magnesium Enhance Exercise Performance? *Nutrients* 2017, 9, 946. [CrossRef]
18. Pizzorno, L. Nothing Boring About Boron. *Integr. Med.* 2015, 14, 35-48.
19. Wei, C.-Y.; Chen, C.-Y.; Liao, Y.-H.; Tsai, Y.-S.; Huang, C.-Y.; Chanchaiyakul, R.; Higgins, M.F.; Kuo, C.-H. Deep Ocean Mineral Supplementation Enhances the Cerebral Hemodynamic Response during Exercise and Decreases Inflammation Post-exercise in Men at Two Age Levels. *Front. Physiol.* 2017. [CrossRef]
20. Kantola, T.; Klintrup, K.; Vayrynen, J.P.; Vornanen, J.; Bliogu, R.; Karhu, T.; Herzig, K.-H.; Napankangas, J.; Makela, J.; Karttunen, T.J.; et al. Stage-dependent alterations of the serum cytokine pattern in colorectal carcinoma. *Brit. J. Cancer* 2012, 107, 1729-1736. [CrossRef]
21. Naghii, M.R.; Mofid, M.; Asgari, A.R.; Hedayati, M.; Daneshpour, M.-S. Comparative effects of daily and weekly boron supplementation on plasma steroid hormones and proinflammatory cytokines. *Trace Elem. Med. Biol.* 2011, 25, 54-58. [CrossRef] [PubMed]
22. Kabata-Pendias, A.; Mukherjee, A.B. *Trace Elements from Soil to Human*; Springer Science & Business Media: Berlin, Germany, 2007.
23. Roberts, B.R.; Doecke, J.D.; Rembach, A.; Yevenes, L.F.; Fowler, C.J.; McLean, C.A.; Lind, M.; Volitakis, I.; Masters, C.L.; Bush, A.I.; et al. Rubidium and potassium levels are altered in Alzheimer's disease brain and blood but not in cerebrospinal fluid. *Acta Neuropathol. Commun.* 2016, 4, 119. [CrossRef]
24. Sejersted, O.M.; Sjogaard, G. Dynamics and Consequences of Potassium Shifts in Skeletal Muscle and Heart during exercise. *Phys. Rev.* 2000, 80, 1411-1481. [CrossRef]
25. Maynar, M.; Llerena, F.; Grijota, F.J.; Alves, J.; Robles, M.C.; Bartolome, I.; Munoz, D. Serum concentration of several trace metals and physical training. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2017, 14, 19. [CrossRef]
26. Ely, B.R.; Chevront, S.N.; Kenefick, R.W.; Sawka, M.N. Limitations of Salivary Osmolality as a Marker of Hydration Status. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2011, 43, 1080-1084. [CrossRef]
27. Kutac, P. Inter-daily variability in body composition among young men. *J. Physiol. Anthropol.* 2015, 34, 32. [CrossRef]
28. Reilly, T. Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *J. Sports Sci.* 1997, 15, 257-263. [CrossRef] [PubMed]
29. Ha, B.G.; Park, J.-E.; Shin, E.J.; Shon, Y.H. Modulation of Glucose Metabolism by Balanced Deep-Sea Water Ameliorates Hyperglycemia and Pancreatic Function in Streptozotocin-Induced Diabetic Mice. *PLoS ONE* 2014, 9, e102095. [CrossRef] [PubMed]
30. Ha, B.G.; Shin, E.J.; Park, J.-E.; Shon, Y.H. Anti-Diabetic Effect of Balanced Deep-Sea Water and Its Mode of Action in High-Fat Diet Induced Diabetic Mice. *Mar. Drugs* 2013, 11, 4193-4212. [CrossRef]
31. Hwang, M.H.; Lee, D.G.; Go, E.B.; Cho, M.; Park, Y.S.; Chung, N. Anti-diabetic effect of magnesium salt extracts from deep-sea water in C57BLKS/J-db/db mice. *Appl. Biol. Chem.* 2017, 60, 95-99. [CrossRef]
32. Hwang, H.S.; Kim, H.A.; Lee, S.H.; Yun, J.W. Anti-obesity and antidiabetic effects of deep sea water on ob/ob Mice. *Mar. Biotechnol.* 2009, 11, 531-539. [CrossRef]
33. Shafir, E.; Spielman, S.; Nachliel, I.; Khamaisi, M.; Bar-On, H.; Ziv, E. Treatment of diabetes with vanadium salts: General overview and amelioration of nutritionally induced diabetes in the *Psammomys obesus* gerbil. *Diabetes Metab. Res. Rev.* 2001, 17, 55-66. [CrossRef]
34. Qiao, W.; Peng, A.; Wang, A.; Wei, J.; Zhou, A. Chromium Improves Glucose Uptake and Metabolism Through Upregulating the mRNA Levels of IR, GLUT4, GS, and UCP in Skeletal Muscle Cells. *Biol. Trace Elem. Res.* 2009, 131, 133-142. [CrossRef]
35. Hammouda, O.; Chtourou, H.; Chaouachi, A.; Chahed, H.; Bellimem, H.; Chamari, K.; Souissi, N. Time-of-day effects on biochemical responses to soccer-specific endurance in elite Tunisian football players. *J. Sports Sci.* 2013, 31, 963-971. [CrossRef]
36. Evans, G.H.; Shirreffs, S.; Maughan, R.J. Postexercise rehydration in man: The effects of carbohydrate content and osmolality of drinks ingested ad libitum. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2009, 34, 785-793. [CrossRef] [PubMed]
37. Shirreffs, M.; Maughan, R.J. Urine osmolality and conductivity as indices of hydration status in athletes in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1998, 30, 1598-1602. [CrossRef]
38. Borg, G. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1982, 14, 377-381. [CrossRef] [PubMed]
39. Higgins, M.F.; James, R.S.; Price, M.J. The effects of sodium bicarbonate (NaHCO₃) ingestion on high-intensity cycling capacity. *J. Sports Sci.* 2013, 31, 972-981. [CrossRef]
40. Higgins, M.; Shabir, A. Expectancy of ergogenicity from sodium bicarbonate ingestion increases high-intensity cycling capacity. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2016, 41, 405-410. [CrossRef]

41. McGlory, C.; Morton, J.P. The Effects of Postexercise Consumption High-Molecular-Weight versus Low Molecular-Weight Carbohydrate Solutions on Subsequent High-Intensity Interval-Running Capacity. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2010, 20, 361-369. [CrossRef]
42. Vincent, W.J.; Weir, J.P. *Statistics in Kinesiology*, 4th ed.; Human Kinetics: Champaign, IL, USA, 2012.
43. Nakagawa, S.; Cuthill, I.C. Effect size, confidence interval and statistical significance: A practical guide for biologists. *Biol. Rev.* 2007, 82, 591-605. [CrossRef]
44. Hedges, L.V.; Olkin, I. *Statistical Methods in Meta-Analysis*; Academic Press: San Diego, CA, USA, 1985.
45. Lakens, D. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs. *Front. Psychol.* 2013, 4, 863. [CrossRef] [PubMed]
46. Ivarsson, A.; Andersen, M.B.; Johnson, U.; Lindwall, M. To adjust or not adjust: Nonparametric effect sizes, confidence intervals, and real-world meaning. *Psychol. Sport Exerc.* 2013, 14, 97-102. [CrossRef]

Авторское право © 2019 г. Авторы. Лицензиат «МДПИ» (MDPI), Базель, Швейцария. Настоящая статья представлена в открытом доступе и распространяется в соответствии с условиями лицензии Creative Commons Attribution (CC BY) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).