

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2020.3.5>

УДК 616.151.11-07-08:577.171.53:612.121.3:[615.324:638.1]: 663.635:796.015.84/.86-053.67

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original article



Дегидратация юных спортсменов: методы диагностики, коррекция реологии крови, водно-электролитного и кислотно-щелочного баланса с помощью изотонического специализированного напитка на основе апифитокомпонентов

В.Н. Ким^{1,*}, Г.А. Просекин¹, Ю.Н. Федосов², Е.В. Ломазова³, С.А. Парастаев⁴

¹ ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Томск, Россия

² АУ «Югорский колледж-интернат олимпийского резерва», Ханты-Мансийск, Россия

³ ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации»
Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия

⁴ ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет
им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования. Оценить гидратацию у юных спортсменов после 1-месячного приема специализированного изотонического напитка для детей на основе апифитокомпонентов F25 IsoDrink Light (IsoDrink-L). **Материалы и методы.** Из 76 юных спортсменов до 18 лет, из которых 70 человек из Югорского колледжа-интерната олимпийского резерва г. Ханты-Мансийска (хоккей с шайбой, плавание, лыжи, биатлон), 6 пловцов высокой квалификации из Центра плавания г. Санкт-Петербурга, в основную группу включили 42 спортсмена с месячным курсом IsoDrink-L. Группа контроля включала 34 человека, которые применяли способы регидратации, принятые в колледже (вода и регулярно приобретаемый изотоник «Х»). Гидратация изучалась с помощью импедансной оценки состава тела, включая расчет общего количества жидкости (ОКЖ), а также внутри- и внеклеточной жидкости (ВнутрКЖ и ВнеКЖ), соотношения ВнеКЖ/ОКЖ и опроса участников о способе регидратации (водой или изотоником). Также оценивались биохимический состав крови, удельная плотность и цвет утренней мочи до и после месячного курса изотоника. **Результаты.** Биоимпедансное измерение количества и соотношения воды организма в сочетании с оценкой гематокрита, натрия, калия, мочевины и лактата в крови, а также удельной плотности и цвета утренней мочи позволило обнаружить дегидратацию у всех спортсменов до приема изотоника. Была детализирована картина обезвоживания в виде клеточной гипергидратации, внеклеточной гипогидратации, гипонатриемии, гиповолемии, «сгущения и закисления» крови. Месячный курс изотоника продемонстрировал его эффективность, дегидратация у спортсменов была устранена. В группе контроля положительной динамики не отмечено, что ставило вопрос о неэффективности изотоника «Х» и вредности воды, которая в 95 % случаев использовалась в качестве средства регидратации. Высокую эффективность IsoDrink-L и биоимпедансного метода подтверждали обратная корреляция ВнеКЖ/ОКЖ с уровнем гематокрита ($r = -0,71$; $p < 0,0001$) и лактата ($r = -0,56$; $p < 0,0001$), ВнеКЖ с уровнем гематокрита ($r = -0,65$; $p < 0,0001$) и лактата ($r = -0,56$; $p < 0,0001$). Соотношения ВнеКЖ/ОКЖ с удельной плотностью мочи ($r = -0,74$; $p < 0,0001$) и ее цветом ($r = -0,65$; $p < 0,0001$), а также прямые корреляции ВнутрКЖ с удельной плотностью мочи ($r = 0,79$; $p < 0,0001$) и ее цветом ($r = 0,87$; $p < 0,0001$). **Заключение.** Бесконтрольная гидратация, особенно водой, не позволяет поддерживать баланс натрия и жидкости у юных спортсменов, в результате возникает внутриклеточная гипергидратация, внеклеточная гипогидратация, гипонатриемия, полицитемическая гиповолемия, ухудшение реологии крови, ее сгущение и закисление. До 95 % юных атлетов проводят регидратацию водой, не подозревая, что этим только усиливают дегидратацию. До 5 % юных спортсменов высокой квалификации применяют изотоники, не зная, эффективны ли они. Изотоник F25 IsoDrink Light вошел в Формуляр ФМБА как специализированный изотонический напиток для юных спортсменов сборных РФ.

Ключевые слова: реология крови, полицитемическая гиповолемия, обезвоживание, гипонатриемия, кислотно-щелочной баланс, детский спорт, специализированный изотоник

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ким В.Н., Просекин Г.А., Федосов Ю.Н., Ломазова Е.В., Парастаев С.А. Дегидратация юных спортсменов: методы диагностики, коррекция реологии крови, водно-электролитного и кислотно-щелочного баланса с помощью изотонического специализированного напитка на основе апифитокомпонентов. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2020;10(3):5–17. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2020.3.5>

Поступила в редакцию: 24.06.2020

Принята к публикации: 1.08.2020

Опубликована: 25.11.2020

* Автор, ответственный за переписку

Dehydration of young athletes: diagnostic methods, correction of blood rheology, water-electrolyte and acid-base balance using an isotonic specialized drink based on apian and herbal components

Vitaliy N. Kim^{1*}, Georgii A. Prosekin¹, Yuriy N. Fedosov², Elena V. Lomazova³, Sergey A. Parastaev⁴

¹ Siberian State Medical University, Tomsk, Russia

² Yugorsky College-Boarding School of Olympic Reserve, Khanty-Mansiysk, Russia

³ Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

⁴ Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective. To evaluate the hydration in young athletes after a 1-month intake of a specialized isotonic drink for children based on apian and herbal components F25 IsoDrink Light (IsoDrink-L). **Materials and methods.** From 76 young athletes under 18 years old, of which 70 from the Ugra boarding school of the Olympic reserve of Khanty-Mansiysk (ice hockey, swimming, skiing, biathlon) and 6 highly qualified swimmers from the St. Petersburg Swimming Center Petersburg, the main group included 42 athletes with a monthly course of IsoDrink-L. The control group included 34 people who used college rehydration methods (water and regularly purchased isotonic "X"). Hydration was studied using an impedance assessment of body composition, including the calculation of the total amount of fluid (TAF), as well as intracellular and extracellular fluid (Intracell. fluid and Extracell. fluid), the Extracell. fluid/TAF ratio and a survey of participants about the method of rehydration (water or isotonic). The biochemical composition of blood, specific gravity and color of morning urine before and after a monthly course of isotonicics were also evaluated. **Results.** Bioimpedance measurement of the amount and ratio of body water in combination with an assessment of hematocrit, sodium, potassium, urea and lactate in the blood, as well as the specific gravity and color of morning urine made it possible to detect dehydration in all athletes before taking isotonic. The picture of dehydration in the form of cellular hyperhydration, extracellular hypohydration, hyponatremia, hypovolemia, blood "thickening and acidification" was detailed. A monthly course of isotonic demonstrated its efficiency, dehydration in athletes was eliminated. In the control group, no positive dynamics were noted, which raised the question of the inefficiency of the isotonic "X" and the harmfulness of water, which in 95 % of cases was used as a means of rehydration. The high efficiency of IsoDrink-L and the bioimpedance method was confirmed by the inverse correlation of Extracell. fluid/TAF with the level of hematocrit ($r = -0.71$; $p < 0.0001$) and lactate ($r = -0.56$; $p < 0.0001$), Extracell. fluid with the level of hematocrit ($r = -0.65$; $p < 0.0001$) and lactate ($r = -0.56$; $p < 0.0001$). The ratios of Extracell. fluid/TAF with the specific gravity of urine ($r = -0.74$; $p < 0.0001$) and its color ($r = -0.65$; $p < 0.0001$), as well as direct correlations of the Intracellular fluid with the specific gravity of urine ($r = 0.79$; $p < 0.0001$) and its color ($r = 0.87$; $p < 0.0001$). **Conclusion.** Uncontrolled hydration, especially with water, does not allow maintaining a balance of sodium and fluid in young athletes, as a result of which there is intracellular hyperhydration, extracellular hypohydration, hyponatremia, polycythemic hypovolemia, worsening of blood rheology, its thickening and acidification. Up to 95 % of young athletes perform rehydration with water, not suspecting that this only enhances dehydration. Up to 5 % of highly qualified young athletes use isotonicics, not knowing if they are effective. Isotonic F25 IsoDrink Light entered the FMBA Formula as a specialized isotonic drink for young athletes of the Russian national teams.

Keywords: blood rheology, polycythemic hypovolemia, dehydration, hyponatremia, acid-base balance, children's sports, specialized isotonic

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Kim V.N., Prosekin G.A., Fedosov Yu.N., Lomazova E.V., Parastaev S.A. Dehydration of young athletes: diagnostic methods, correction of blood rheology, water-electrolyte and acid-base balance using an isotonic specialized drink based on apian and herbal components. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2020;10(3):5–17 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2020.3.5>

Received: 24 June 2020

Accepted: 1 August 2020

Published: 25 November 2020

* Corresponding author

1. Введение

Известно, что важнейшим фактором, лимитирующим спортивную результативность, является недостаточное потребление атлетами жидкости и, как следствие, гипогидратация организма. Поэтому научный консенсус, основанный на результатах исследований слепым способом, предупреждает, что значительное снижение работоспособности и выносливости начинается с уровня дегидратации 2 % и выше [1]. Недостаток воды в организме усиливает жажду, высвобождение аргинина, вазопрессина и активность функции ренин-ангиотензин-альдостероновой системы для восполнения

общей, внутри- и внеклеточной жидкости. Тем самым оказывая негативное влияние на функционирование сердечно-сосудистой системы [2], проявляющееся учащением сердцебиения, гипотонией, олигурией, а также признаками сгущения крови либо компенсаторной гемодилюцией [3]. Наряду с водой организм теряет соль и контроль над терморегуляцией, что особенно важно для детско-юношеского спорта. Поскольку, в отличие от взрослых, детям требуется большее количество жидкости, так как чувство жажды у них, наступает позже [4]. К тому же общая потеря воды и солей во время умеренной физической нагрузки, в течение 60 мин,

при температуре 20–25 °С даже у юных спортсменов может достигать 1 литра и выше [5].

Поэтому физиологически оправданным способом восполнения воды и соли является регулярное потребление специализированных углеводно-электролитных растворов (УЭР), называемых атлетами, тренерами и производителями «спортивные напитки» [6], в которых обязательными ингредиентами являются углеводы (должно быть не менее двух видов углеводов) и натрий. При этом доказано, что натрий — единственный электролит, добавляемый в УЭР, который дает физиологическое преимущество спортсменам [7]. Относительно включения в напитки кальция, калия и магния — эти компоненты рассматриваются как факультативные, поскольку их восполнение должно полностью обеспечиваться употребляемой пищей. Однако данное утверждение является справедливым лишь при условии, что питание юных спортсменов оптимальное и когда питание является необходимым фактором роста и развития ребенка при правильной организации этапов спортивной подготовки и адаптации к возрастающим нагрузкам [5]. К сожалению, в реальной жизни эти важные установки по-прежнему далеки от воплощения в практику, так же как и соблюдение спортсменами питьевого режима.

В частности, обследование в детских спортивных лагерях США показало, что у более половины детей были признаки обезвоживания, при этом от 25 до 30 % юных спортсменов имели симптомы серьезной дегидратации, а 91 % профессиональных игроков в баскетбол, волейбол, гандбол и футбол начинали свои тренировки уже в обезвоженном состоянии [8]. В России масштабных работ по проблеме обезвоживания в спорте не проводится, однако в последнее десятилетие стало публиковаться больше результатов исследований, в которых подтверждены те же негативные тенденции, выявленные за рубежом [9]. Например, то, что у 86 % спортсменов констатируется низкая информированность по вопросу рационального восполнения потерь жидкости и минералов после тяжелых физических нагрузок, тогда как у 73 % спортсменов были обнаружены вероятные признаки разной степени обезвоживания вследствие неконтролируемого употребления воды и напитков. Авторами подчеркивается необходимость повышения профессионализма тренерского состава, активного применения лекарственных препаратов, направленных на снижение утомления, а также использования биологически активных добавок к пище (БАД) и спортивных напитков для ежедневного и эффективного восполнения микронутриентов, воды и соли. Примерно похожие результаты опубликованы в другом исследовании [10], в котором установлено, что основным методом регидратации у 86 % из 280 обследованных спортсменов (кандидаты и мастера спорта) является бутилированная вода. Причем в группе единоборств и силовых видов спорта воду употребляют 95–96 %. В других видах спорта потребителей воды меньше — 67–79 %, однако чай оказался на втором месте. Что касается спортивных

напитков, то их используют лишь во время тренировки и только 31 % высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта и незначительный процент атлетов из группы единоборств.

В этой связи фактическим прорывом в улучшении данной ситуации следует считать выход в 2018 году клинических рекомендаций ФМБА по методам регидратации организма спортсменов [11], согласующихся с главными тезисами Научного комитета Еврокомиссии по продуктам питания, их спецификации, предназначенных для восполнения ежесуточных затрат при большой мышечной работе, особенно у спортсменов [7]. А также с учетом и в соответствии с принятой практикой национального стандарта Российской Федерации [12] по протоколам лечения. И это важно, поскольку нарушение водно-электролитного обмена вследствие усиленного потоотделения относится к жизнеугрожающим состояниям, о чем указано в действующей редакции Международной классификации болезней МКБ10: T67.3 Тепловое истощение, обезвоживание [Тепловая прострация вследствие истощения запасов воды в организме] и T67.4 Тепловое истощение вследствие уменьшения содержания соли [Тепловая прострация вследствие истощения запасов солей и воды в организме].

Наконец, еще одной проблемой оказалось то, что удельный вес спортсменов высокой квалификации в возрасте до 18 лет в последние годы прогрессивно повышается. Тогда как специализированные продукты питания для спортсменов детского и юношеского возраста, включая спортивные напитки, фактически отсутствуют. При этом широко представленные на российском рынке напитки, к сожалению, в основном импортного производства, и доля отечественных специализированных пищевых продуктов и напитков невелика [13]. В этой связи результаты представленного исследования могут внести вполне конкретный вклад в разрешение создавшейся ситуации. Работа проведена в рамках прикладных НИР на основе соглашения о сотрудничестве РНИМУ им. Н.И. Пирогова, ФНКЦСМ ФМБА и СибГМУ, а также Югорского колледжа-интерната олимпийского резерва (ЮКИОР) и производителя специализированных продуктов на базе апифитокомпонентов ООО «Тенториум» (Пермь).

Цель работы. Оценить состояние гидратации организма у юных спортсменов после месячного применения специализированного изотонического напитка для детей на основе апифитокомпонентов “F25 IsoDrink Light” (IsoDrink-L).

2. Материалы и методы

В 2017–2019 гг. на площадке ЮКИОР г. Ханты-Мансийска ХМАО Югры выполнено рандомизированное когортное контролируемое исследование юных спортсменов до 18 лет. Рандомизация проводилась с помощью случайных чисел согласно спискам обучающихся. Всего участвовало 76 спортсменов: 70 человек из ЮКИОР и 6 высококвалифицированных пловцов

(Центр плавания г. Санкт-Петербурга). В основную группу вошли 42 спортсмена ($17,5 \pm 0,7$ года; мужчин 91,4 %) с 1-месячным приемом IsoDrink-L: 12 юных хоккеистов, 14 пловцов, 8 лыжников и 8 биатлонистов. Контрольная группа состояла из 34 спортсменов ($17,3 \pm 0,6$ года, мужчин 89 %) — все применяли средства регидратации, принятые в ЮКИОР (вода и централизованно поставляемый изотоник «Х»): 11 — юных хоккеистов, 8 пловцов, 8 лыжников и 7 биатлонистов. Доля спортсменов с уровнем кандидата в мастера спорта и выше в основной группе была 41,0 %, в контрольной группе — 39 %. Сравнимые группы были однородными по возрасту, полу, представительству от видов спорта и мастерству.

Состояние гидратации организма изучалось с помощью определения состава тела на оборудовании «InBody770» (Корея), включая расчет общего количества жидкости (ОКЖ), внутриклеточной и внеклеточной жидкости (ВнутриКЖ и ВнеКЖ), исходного соотношения ВнеКЖ/ОКЖ и опроса участников о способе регидратации (водой или изотоником). Также оценивался биохимический состав крови, удельная плотность и цветность утренней мочи до и после месячного курса IsoDrink-L из расчета по 50 г/сутки: 5 мерных ложек развести в литре холодной воды. Применяли в дни тренировок: во время и в течение 2-х часов после работы. Во время тренировки: 400–600 мл в час (100–150 мл мелкими глотками каждые 20 мин). После тренировки: каждые 30 мин по 100–150 мл. Выпуск: в банке 600 г, с мерной

ложечкой, 10 г. Изучаемый IsoDrink-L был разработан в виде концентрата изотонического напитка, прошел экспертизу на соответствие заявленных компонентов и осмоляемость (325 ± 6 ммоль/кг воды) в ФИЦ «Питания и биотехнологий» и рекомендован к применению спортсменами с 14-летнего возраста. В таблице 1 отражен химико-аналитический состав и энергетическая ценность изотоника IsoDrink-L.

Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью статистических пакетов SAS 9.4, Statistica 12 и IBM-SPSS-24. Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез считалось равным 0,05. В случае превышения достигнутого уровня значимости статистического критерия величины выбирали нулевую гипотезу. При этом проверка нормальности распределения вероятности всех количественных признаков с помощью критерия Колмогорова и критерия Шапиро — Уилка показала, что более 80 % всех количественных признаков в группах сравнения не имели нормального распределения. По этой причине сравнение центральных параметров групп нами осуществлялось с помощью непараметрических методов статистики: классический дисперсионный анализ (ANOVA), Краскела — Уоллиса с использованием ранговых меток Вилкоксона, медианный критерий, а также критерий Ван дер Вардена с применением проверки равенства групповых дисперсий критериями Ансари — Брэдли и Сиджела — Тьюки. При этом для количественных параметров в сравниваемых группах провели оценку средних арифметических,

Таблица 1

Энергетическая ценность и химико-аналитический состав IsoDrink-L

Table 1

Energy value and chemical-analytical composition of the IsoDrink-L

Показатель / Parameters	Содержание концентрата / Concentrate content		
	на 100 г концентрата / per 100 g of concentrate	в порции 25 г на 0,5 л воды / per portion 25 g for 0.5 l of water	доля от РУСП* в порции 25 г на 0,5 л воды, % / the share of RDCL* in a portion of 25 g per 0.5 l of water, %
Углеводы (г), в т. ч. / Carbohydrates (g), incl.	88	22	
фруктоза, г / fructose, g	45,0	11,25	6
глюкоза, г / glucose g	42,0	10,5	34**
сахароза, г / sucrose, g	1,0	0,25	36**
Натрий, мг / Sodium, mg	1250	350	24**
Магний, мг / Magnesium, mg	15	4	1*
Кальций, мг / Calcium, mg	350	88	9*
Калий, мг / Potassium, mg	350	88	4*
Хлориды, мг / Chlorides, mg	2590	648	-
Энергетическая ценность, ккал/кДж / Energy value, kcal / kJ	360/1480	90/376	-

Примечание: * — РУСП — рекомендуемый уровень суточного потребления по ТР ТС 022/2011; ** — Приложение № 5, 2011.

Note: * — RDCL — recommended daily consumption level according to Technical Regulation Customs Union 022/2011; ** — Application No. 5, 2011.

среднеквадратических (стандартных) ошибок среднего. Все дескриптивные статистики по тексту отображены как $M \pm m$, где M — среднее, а m — ошибка среднего. Оценку взаимосвязи признаков проводили с использованием коэффициента Спирмена.

3. Результаты и их обсуждение

3.1. Результаты исследования

Анализируя исходные данные распределения жидкости в организме, полученные на приборе “InBody770” до использования изотоника “F25 IsoDrink Light”, необходимо сразу отметить, что у всех юных спортсменов по сравнению с референсными значениями нормы было обнаружено нарушение гидратации. Причем более выраженные сдвиги наблюдались у лыжников, хоккеистов и биатлонистов (рис. 1 и 2), когда содержание

общего количества, внутриклеточной и внеклеточной жидкостей в организме находилось на верхней границе или выше референсной нормы, а соотношение ВнеКЖ/ОКЖ оказалось на нижней границе диапазона нормальных референсных показателей (от 0,360 до 0,390), составив у лыжников 0,361, хоккеистов 0,361, биатлонистов 0,363 и пловцов — 0,368 ($p < 0,0001$). Таким образом, полученные с помощью оборудования “InBody770” результаты, основанные на измерении биоэлектрического импеданса, свидетельствовали о нарушении распределения жидкости в организме и состоянии дегидратации даже у юных спортсменов. В том числе и у пловцов, у которых показатель ВнеКЖ/ОКЖ выглядел заметно лучше, чем у остальных спортсменов, однако при заметной избыточности общего количества воды и внутриклеточной жидкости, а также значимом дефиците внеклеточной



Рис. 1. Распределение воды в организме у хоккеистов и лыжников. Здесь и на рис. 2 в большом круге: сверху — общее количество жидкости (ОКЖ); посередине — Внутриклеточная жидкость (ВнутриКЖ); внизу — Внеклеточная жидкость (ВнеКЖ); в малом круге: отношение ВнеКЖ/ОКЖ

Fig. 1. The distribution of water in the body of hockey players and skiers. Here and in Fig. 2 in a big circle: from above — TBW (Total body water); in the middle — ICW (Intracellular water); down below — ECW (Extracellular water); in a small circle: ratio ECW / TBW



Рис. 2. Распределение жидкости в организме у биатлонистов и пловцов

Fig. 2. The initial distribution of water in the body of biathletes and swimmers

жидкости в организме. В этом плане параметры дегидратации у пловцов приближались к нарушению гидратации юных хоккеистов.

Учитывая обнаруженные факты, для дальнейшего изучения нарушенной гидратации мы обратились к основам физиологии распределения воды в организме. В таблице 2 показано нормальное распределение внутриклеточной и внеклеточной воды, которое соответствует физиологическим константам и определяет водно-электролитное равновесие. Так, например, физиологическое соотношение относительных долей от массы тела ВнутрКЖ и ВнеКЖ составляет 1,5 (36/24), при этом точно таким же 1,5 (60/40) является соотношение и абсолютных долей ВнутрКЖ и ВнеКЖ. Исходя из этого исследование гидратации у всех юных спортсменов до применения изотоника IsoDrink-L выявило статистически значимое отклонение от физиологических констант отношений и абсолютных долей в общем объеме и относительных долей воды от массы тела (табл. 3), которые фактически равнялись 1,8 и 1,9 ($p < 0,0001$) вместо 1,5. В то время как абсолютная и относительная доли внеклеточной жидкости до употребления изотоника были существенно ниже физиологических

констант: абсолютная доля внеклеточной воды составила 36,1 % (норма 40 %; $p < 0,05$); относительная доля от массы тела внеклеточной жидкости — 22,3 % (норма 24 %; $p < 0,05$). В свою очередь, относительная доля внутриклеточной жидкости от массы тела была значимо увеличена по сравнению с физиологической константой до 42,2 % (при норме 36 %; $p < 0,0001$), тогда как абсолютная доля внутриклеточной жидкости не намного, но также была повышена — 63,8 %, (при норме 60 %; $p > 0,05$). Таким образом, биоимпедансный способ измерения количества и соотношения жидкостей в организме позволил не только выявить состояние дегидратации у юных спортсменов, но также детализировать нарушение в распределении воды во вне- и внутриклеточном пространствах, указывающее на явный водно-электролитный дисбаланс.

Поэтому оценка показателей гематокрита, натрия, калия, лактата и мочевины в крови, а также плотности и цветности утренней мочи у всех юных спортсменов до использования IsoDrink-L (табл. 4) также свидетельствовала о дегидратации организма, сгущении крови и нарушении водно-электролитного и кислотно-щелочного равновесия в сторону закисления. В частности,

Таблица 2

Распределение жидкости в организме (из книги: Э. Морган-мл, С.М. Мэгид. Клиническая анестезиология, 2000 [14])

Table 2

Body water distribution (from the book by E. Morgan Jr, S.M. Magid. Clinical Anesthesiology, 2000 [14])

Параметр / Parameter	Внутриклеточная жидкость / Intracellular water	Внеклеточная жидкость / Extracellular water	
		интерстициальная / interstitial	сосудистая / vascular
Относительное содержание в организме (% от массы тела) / The relative content in the body (% of body weight)	36	19	5
		24	
Абсолютная доля в общем объеме (%) / Absolute share in the total volume (%)	60	32	8
		40	
Объем (л) / Volume (L)	25	13,5	3,5

Таблица 3

Фактическое соотношение абсолютных и относительных долей внутриклеточной и внеклеточной воды у всех спортсменов до использования IsoDrink-L, $n = 76$

Table 3

The actual ratio of the absolute and relative shares of intracellular and extracellular water in all athletes before using IsoDrink-L, $n = 76$

Абс. доля ВнутрКЖ, % / Abs. share Intracell. water, %	Абс. доля ВнеКЖ, % / Abs. share Extracell. water, %	Факт. отн. ВнутрКЖ/ВнеКЖ / Act. rat. Intracell./ Extracell. water	p	Отн. доля ВнутрКЖ, % / Rel. share Intracell. water, %	Отн. доля ВнеКЖ, % / Rel. share Extracell. water, %	Факт. отн. ВнутрКЖ/ВнеКЖ / Act. rat. Intracell./ Extracell. water	p
$63,8 \pm 1,2$	$36,1 \pm 0,7^*$	1,8	$<0,0001$	$42,2 \pm 1,3^*$	$22,3 \pm 0,5^*$	1,9	$<0,0001$

Примечание: здесь и далее в таблицах p — достигнутый уровень значимости при сравнении фактического отношения с физиологической константой (1,5); * — $p < 0,05$ при сравнении абсолютных и относительных долей с физиологическими константами ВнутрКЖ и ВнеКЖ.
 Note: here and further in tables p — is the achieved level of significance when comparing the actual relationship with the physiological constant (1.5); * — $p < 0.05$ when comparing absolute and relative shares with physiological constants of the Intracellular and Extracellular water.

Таблица 4

Показатели гематокрита, калия и натрия крови, удельной плотности и цвета утренней мочи
у всех спортсменов до использования IsoDrink-L, $n = 76$

Table 4

Indicators of hematocrit, potassium and sodium blood, specific gravity and color of the morning urine
in all athletes before using IsoDrink-L, $n = 76$

Показатели / Indicators	Фактические значения / Actual Values	Референсная норма / Reference norm	p
Гематокрит, % / Hematocrit, %	$50,09 \pm 1,8$	46,0	$<0,005$
Калий, ммоль/л / Potassium, mmol / l	$3,9 \pm 0,06$	4,0	0,11
Натрий, ммоль/л / Sodium, mmol / l	$142,0 \pm 1,9$	140	0,54
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol / l	$4,90 \pm 0,39$	4,0	$<0,0001$
Лактат, ммоль/л / Lactate, mmol / l	$1,60 \pm 0,07$	1,3	$<0,0001$
Плотность мочи, г/л / Urine Density, g / l	$1,030 \pm 0,001$	1,020	$<0,005$
Цвет мочи, баллы / Urine color, points	$5,9 \pm 0,3$	3	$<0,0001$

Таблица 5

Фактическое соотношение абсолютных и относительных долей внутриклеточной и внеклеточной воды
у всех спортсменов после использования IsoDrink-L, $n = 42$

Table 5

The actual ratio of the absolute and relative shares of intracellular and extracellular water in all athletes after using IsoDrink-L, $n = 42$

Абс. доля ВнутриКЖ, % / Abs. share Intracell. water, %	Абс. доля ВнеКЖ, % / Abs. share Extracell. water, %	Факт. отн. ВнутриКЖ/ВнеКЖ / Act. rat. Intracell. / Extracell. water	p	Отн. доля ВнутриКЖ, % / Rel. share Intracell. water, %	Отн. доля ВнеКЖ, % / Rel. share Extracell. water, %	Факт. отн. ВнутриКЖ/ВнеКЖ / Act. rat. Intracell. / Extracell. water	p
$61,2 \pm 1,1^{**}$	$38,1 \pm 1,4^{**}$	1,6	0,25	$38,1 \pm 1,3^{**}$	$24,0 \pm 1,2^{**}$	1,6	0,19

Примечание: ** — $p > 0,05$ при сравнении абсолютного содержания воды и относительных долей с физиологическими константами ВнутриКЖ и ВнеКЖ.

Note: ** — $p > 0.05$ when comparing the absolute water content and relative proportions with the physiological constants.

отмечалось значимое повышение значений гематокрита до 50,09 (норма 46,0; $p < 0,005$), мочевины до 4,9 ммоль/л (норма 4,0 ммоль/л; $p < 0,0001$) и лактата до 1,6 ммоль/л (норма 1,3 ммоль/л; $p < 0,0001$), а также существенное увеличение удельной плотности мочи до 1,030 (норма 1,020; $p < 0,005$) и изменение цветности утренней мочи до темно-янтарного оттенка, соответствующего 5,9 балла по цветной карте (норма 3,0 балла; $p < 0,0001$). Таким образом, полученные результаты свидетельствовали о том, что, несмотря на употребление юными спортсменами изотонических напитков и питьевой воды в течение годового цикла спортивной подготовки, тем не менее у них наблюдался дефицит (–10 %) абсолютной доли внеклеточной жидкости и небольшой избыток абсолютной доли (+6,3 %) внутриклеточной воды. Причем более точное изучение фактических относительных долей воды в организме в зависимости от массы тела спортсменов обнаружило, что на самом деле, у юных атлетов имели место небольшая дегидратация внеклеточного пространства (–7,4 %) и статистически значимый переизбыток (+18 %) внутриклеточной жидкости ($p < 0,0001$). Интересно,

что при этом уровень калия был незначительно снижен, а натрия даже несколько повышен.

Показательно, что у спортсменов основной группы через месяц тренировок на фоне использования изотоника “F25 IsoDrink Light” наблюдались положительные изменения со стороны фактического отношения абсолютных и относительных долей внутриклеточной и внеклеточной воды (табл. 5), которое стало равняться 1,6 при физиологической константе отношения ВнутриКЖ к ВнеКЖ равного 1,5. При этом сравнение фактических абсолютных долей воды с физиологическими константами внутри- и внеклеточной жидкости показало, что параметры практически вернулись к своим физиологическим уровням, соответственно, с 63,8 до 61,2 % (при норме 60 %; $p > 0,05$) и с 36,1 до 38,1 % (при норме 40 %; $p > 0,05$). Та же динамика обнаруживалась и при сравнении фактических относительных долей внутри- и внеклеточной жидкости от массы тела с физиологическими значениями, соответственно, с 42,2 до 38,1 % (при норме 36 %; $p > 0,05$) и с 22,3 до 24 % (при норме 24 %; $p > 0,05$). При этом уровни гематокрита, натрия, калия,

Таблица 6

Показатели гематокрита, калия и натрия крови, удельной плотности и цвета утренней мочи
у всех спортсменов после использования IsoDrink-L, $n = 42$

Table 6

Indicators of hematocrit, potassium and sodium blood, specific gravity and color of the morning urine
in all athletes after using IsoDrink-L, $n = 42$

Показатели / Indicators	Фактические значения / Actual Values	Референсная норма / Reference norm	p
Гематокрит, % / Hematocrit, %	$44,5 \pm 1,8^*$	46,0	0,35
Калий, ммоль/л / Potassium, mmol / l	$3,80 \pm 0,09$	4,0	0,87
Натрий, ммоль/л / Sodium, mmol / l	$139,0 \pm 1,8$	140	0,76
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol / l	$3,90 \pm 0,39$	4,0	0,55
Лактат, ммоль/л / Lactate, mmol / l	$1,20 \pm 0,09^*$	1,3	0,85
Плотность мочи, г/л / Urine Density, g / l	$1,024 \pm 0,001^*$	1,020	0,66
Цвет мочи, баллы / Urine color, points	$4,7 \pm 0,2^*$	3,0	<0,005

Примечание: * — $p < 0,05$ при сравнении фактических значений после применения с показателями до применения изотоника IsoDrink-L.
Note: * — $p < 0,05$ when comparing actual values after taking with indicators before taking of IsoDrink-L isotonic.

мочевины и лактата в крови оказались даже чуть ниже нормы, включая в сравнении с показателями до приема IsoDrink-L (табл. 6). Вместе с тем по удельной плотности утренней мочи тоже отмечалась существенная положительная динамика с 1,030 до 1,024 ($p < 0,05$) при референсной норме 1,020 ($p > 0,05$). Так же как и по цветности мочи с 5,9 до 4,7 балла ($p < 0,05$), хотя данный показатель еще оставался выше референсной нормы 3,0 балла ($p < 0,05$). Что касается результатов сравнения в группе контроля, то их данные в статье не приводятся, поскольку через месяц тренировок на фоне приема изотоника «Х» и воды полученные параметры мало отличались от уровней месячной давности, отраженных в таблицах 3 и 4 в качестве исходных показателей. Также в эту работу не включены результаты анкетирования у юных спортсменов с помощью разработанной 9-вопросной анкеты, в том числе содержащей вопрос о способах регидратации. В этой связи можно только упомянуть, что до 95 % юных спортсменов регулярно потребляли воду и 5 % атлетов высокой квалификации для восполнения потери воды и соли применяли изотоник «Х», который централизованно приобретал колледж.

3.2. Обсуждение результатов

Обсуждая обнаруженные факты, следует сразу отметить, что, несмотря на регулярное употребление юными спортсменами изотоников и воды на протяжении годичного периода подготовки, тем не менее у всех наблюдались инструментально-лабораторные проявления дегидратации. В частности, способ биоимпедансного определения количества и характера распределения жидкостей в организме, лабораторное исследование крови и мочи, включая контроль над цветностью утренней мочи по специальной цветной карте, помогли прийти к следующим выводам. Прежде всего оказалось,

что дегидратация может наступать не только у юных спортсменов высокой квалификации, даже если они употребляют воду и изотоники, как в случае с пловцами, но также у юных спортсменов с 1-м взрослым разрядом, как в случае с хоккеистами. При этом, как указывалось выше, характер дегидратации у них оказался схожим. У тех и у других наблюдалось значимое превышение общего количества жидкости в организме за счет опасной внутриклеточной гипергидратации и внеклеточной гипогидратации, причем более выраженной у хоккеистов. Другими словами, фактически у спортсменов этих видов спорта имело место, напротив, избыточное потребление жидкости, а именно воды, что так же опасно в условиях дефицита натрия, вплоть до отека мозга, как и недостаточное потребление жидкостей [15]. При этом у лыжников и биатлонистов также были отмечены схожие признаки дегидратации. Так, соотношение внеклеточной жидкости к общему количеству жидкости составило от 0,361 до 0,363, то есть находилось на нижней границе интервала референсной нормы (от 0,360 до 0,390). Также наблюдались проявления гипергидратации клеток и дегидратации внеклеточного пространства, с той лишь разницей, что абсолютные показатели общего количества, а также внутри- и внеклеточной жидкости были ниже, чем у хоккеистов и пловцов, но в тех же пропорциях относительно друг друга. Данное различие объясняется климатическим влиянием на уровень потребления жидкости, который у представителей зимних видов спорта на открытом воздухе всегда меньше, чем в видах спорта, в которых вся спортивная деятельность проводится в закрытых помещениях [16], как, например, в хоккее с шайбой и плавании. И тем не менее в нашем исследовании у всех юных спортсменов обнаружены практически идентичные признаки дегидратации.

Патогенез такого нарушения объясняется возникновением гипонатриемии, вызванной полидипсией, потовыми потерями натрия, гиповолемией и относительной дилуцией [17]. В своей работе авторы подчеркивают возможность развития тяжелых форм гипонатриемии, энцефалопатии и неотложной угрозы для жизни спортсменов. Таким образом, наша работа не только полностью подтвердила данные иностранных исследователей, но также подняла вопросы качества применяемых в нашем спорте коммерческих спортивных напитков [13], обычно не имеющих клинических апробаций или выполненных не на должном уровне. В этой связи неоднозначной оказывается рекомендация оценивать количество потребляемой жидкости только по разнице массы тела до и после больших нагрузок, следя за тем, чтобы потеря веса не превышала 2 % [1], и выстраивая на этой основе стратегию регидратации. В других исследованиях авторы подчеркивают высокую распространенность гипонатриемии в тех видах спорта, где требуется выносливость, включая марафонский бег и плавание. При этом в качестве лучшей профилактики развития гипонатриемии предлагают снижение использования жидкости во время тренировок [16]. Также опубликованы работы, в которых подвергаются пересмотру еще недавно популярные методы диагностики дегидратации на основе оценки удельной плотности, осмоляльности и цветности мочи. Так, L.M. Sommerfield и соавт. [18] доказали, что чувствительность удельного веса мочи высокая как в гидратированном, так и дегидратированном состоянии для мужчин (92 %) и женщин (80 %). Однако специфичность этого маркера была низкой как в гидратированном, так дегидратированном состояниях для мужчин (10 и 6 % соответственно) и женщин (29 и 40 % соответственно). При этом никаких значимых корреляций между удельным весом мочи с осмоляльностью плазмы крови тоже не было выявлено ни в гидратированном, ни в дегидратированном состояниях для мужчин или женщин. Поэтому авторы рекомендуют с осторожностью применять маркер удельной плотности мочи в качестве полевого показателя состояния гидратации у атлетов мужского и женского пола. Подобные результаты в 2018 году опубликовали D. Zubac и соавт. [19] при исследовании осмоляльности, удельной плотности мочи и стабильности веса тела для оценки баланса жидкости и состояния гидратации. Авторы подчеркивают, что эти маркеры продемонстрировали высокую вариабельность и являются ненадежным инструментом при отслеживании фактической потери массы тела и дегидратации в реальных условиях.

Помимо того, определенные надежды связывались с оценкой дегидратации на основе подсчета потери и состава пота. Однако недавние работы [20], основанные на метаанализе результатов обсервационных исследований 1303 спортсменов, собранных за 2000–2017 гг., в которых использовался стандартизированный метод впитывания потовых пластырей для оценки скорости

потоотделения, с определением потерь натрия и с учетом динамики веса, показали значимую вариабельность результатов. Поэтому сделан вывод, что концентрации натрия в поте не являются предиктором состояния гидратации и скорости потоотделения. Примерно к таким же выводам пришли L.B. Baker и A.S. Wolfe в 2020 году, заключившие, что изучение состава пота как неинвазивного способа диагностики гидратации в реальном времени привлекательно, однако информативность его применения ограничена, поскольку имеется недостаточное количество глубоких исследований, в которых бы подтверждалось, что концентрации растворенного в поте натрия дают полное представление по гидратации [21]. Таким образом, на основе изложенных данных можно сделать вывод, что каждый из методов по-своему объективен, однако все они лишены одного важного нюанса, а именно, не дают представления о распределении внутриклеточной и внеклеточной жидкости, а это, как показала наша работа, имеет принципиальное значение. Справедливости ради следует отметить, что серьезные исследования по изучению распределения жидкостей в организме стали возможны лишь в последнее время, когда появились высокотехнологичные приборы на базе биоимпедансного принципа работы. В частности, в 2018 году опубликована работа [22], в которой исследователи сделали описание вектора биоимпеданса всего тела у девяти непрофессиональных триатлетов с учетом оценки массы тела. С помощью новой методики была обнаружена задержка жидкости в организме, хотя масса тела спортсменов оставалась еще низкой вследствие дегидратации. Авторами установлено, что динамика импедансного вектора соответствовала потере жидкости, обусловленной этим событием, а значит, метод импедансного анализа предоставлял дополнительные данные по изменениям в гидратации по сравнению с информацией только о динамике массы тела.

Вместе с тем благодаря полученным в нашей работе фактам и прежде всего данным биоимпедансной оценки оказалась возможной подробная детализация хорошо известных физиологических процессов, происходящих в тканях. В частности, необходимо учитывать, что помимо разделения на внутри- и внеклеточное пространство, являющееся жидкостной средой, собственно внеклеточное пространство включает сосудистую и интерстициальную части. Причем именно интерстициальная жидкость является буфером между сосудистым и клеточным пространством. При сокращении количества жидкости в одном из пространств происходит ее перемещение из интерстиция в сторону дефицита. Например, при снижении объема циркулирующей крови его восполнение, а также обеспечение адекватной тканевой и органной перфузии происходит за счет миграции жидкости из интерстиция в сосудистое русло, а при дефиците в клеточном пространстве — из интерстиция внутрь клеток. Поэтому, если обсуждать дегидратацию, которая наблюдалась у юных спортсменов

в нашей работе, необходимо учитывать несколько базовых аспектов, составляющих физиологическую суть водно-электролитного обмена и его равновесия [14]. Во-первых, потовая потеря жидкости и натрия всегда приводит к сокращению объема внеклеточной воды, причем ее остаточное содержание пропорционально уровням потери натрия. Во-вторых, внутри- и внеклеточная жидкости всегда уравновешены равным количеством осмотически активных электролитов, катионов натрия во внеклеточном, калия — во внутриклеточном пространствах, составляющих суть закона электронейтральности и изоосмоляльности. Поддерживается такое равновесие мембраносвязанной Na^+/K^+ -АТФ-азой (транспорт-фермент Na^+/K^+ аденозинтрифосфатаза), обеспечивающей движение противоположных потоков натрия и калия в соотношении 3:2. При этом мембрана клеток проницаема для входа ионов K^+ и относительно непроницаема для входа ионов Na^+ . В то же время благодаря функционированию калий-натриевого насоса, действие которого энергозависимо — гидролиз АТФ, мембрана активно работает на выведение ионов Na^+ из клетки. Именно поэтому калий концентрируется внутри клеток, а натрий во внеклеточном пространстве. Также натрий и большинство электролитов (ионов небольшого размера) могут свободно перемещаться из интерстициального пространства через капиллярную стенку в плазму крови и наоборот, чем объясняется почти идентичный электролитный состав плазмы и интерстициальной жидкости. В связи с этим увеличение и сокращение объема внеклеточной жидкости возникает одновременно и пропорционально в сосудистом и интерстициальном пространствах. А значит, следует логический вывод, что состояние дегидратации — это результат нарушения водно-электролитного баланса, где решающее значение имеют осмотически активные электролиты, создающие осмотический градиент, благодаря которому жидкость всегда движется в сторону пространства большей осмоляльности, то есть туда, где содержится больше осмотически активных катионов.

Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что в нашем исследовании у всех юных спортсменов отмечались гипонатриемия, полицитемическая гиповолемика, ухудшение реологии крови, ее сгущение и закисление, а также снижение количества ионов натрия и воды в интерстициальном и сосудистом пространствах. Поэтому в соответствии с законом изоосмоляльности жидкость стала мигрировать внутрь клетки, в среду, где осмоляльность больше, чтобы ее уменьшить и уравновесить с пониженной осмоляльностью внеклеточной жидкости. Кроме того, благодаря функционированию калий-натриевого насоса ионы Na^+ начали выводиться из клетки, чтобы увеличить осмоляльность внеклеточной воды, однако этого оказалось недостаточно из-за потовых потерь натрия. В итоге развивается дисбаланс по типу внутриклеточной гипергидратации и гипогидратации внеклеточного пространства. Наши

результаты полностью согласуются с выводами Т. New-Butler и соавт. [16], а значит, выявленные сдвиги водно-электролитного и кислотно-щелочного баланса организма юных спортсменов, во-первых, указывают на общее состояние проблемы регидратации в детско-юношеском спорте и, во-вторых, требуют безусловного устранения. В этой связи следует отметить высокую эффективность оцениваемого изотоника IsoDrink-L в коррекции водно-электролитного и кислотно-щелочного равновесия организма юных спортсменов.

В частности, после 1-месячного употребления изотоника отмечалось восстановление физиологических показателей внутриклеточной и внеклеточной жидкости и нормализация гематокрита. При этом интересно, что значения натрия, калия, мочевины и лактата в крови даже несколько понизились. Этот феномен объясняется «эффектом разбавления» и только лишний раз указывает на эффективность изотоника IsoDrink-L, причем даже в отношении коррекции кислотно-щелочного равновесия. И хотя в нашей работе мы не исследовали рН крови, которая зависит от концентрации ионов водорода и бикарбонатов и практически не зависит от концентрации лактата, несмотря на то что это молочная кислота, тем не менее доказано, что лактат «сопровождает» увеличение кислотности плазмы крови [23]. Сначала плавно, а затем, при рН 7,25 резко, на фоне снижения активности сукцинатдегидрогеназы, что запускает значимое сокращение бикарбонатов, накопление метаболитов и карбоновых кислот, вызывающих резкое снижение рН среды и переход энергоснабжения метаболизма на гликолитический источник. Кроме этого, исследования в области анестезиологии также доказывают, что гипонатриемия и гиповолемика всегда приводят к закислению крови [14]. Поэтому наша работа позволяет аргументированно говорить о том, что у юных спортсменов отмечалось нарушение и кислотно-щелочного баланса. Подтверждением сказанному могут служить обнаруженные обратные корреляции фактического соотношения внеклеточной и общей жидкости в организме с уровнем гематокрита ($r = -0,71$; $p < 0,0001$) и лактата ($r = -0,56$; $p < 0,0001$), а также доли внеклеточной жидкости с уровнем гематокрита ($r = -0,65$; $p < 0,0001$) и лактата ($r = -0,56$; $p < 0,0001$). На высокую эффективность изотоника указывали и обратные корреляции фактического соотношения внеклеточной и общей жидкости с удельным весом мочи ($r = -0,74$; $p < 0,0001$) и ее цветом ($r = -0,65$; $p < 0,0001$), а также прямые корреляции доли внутриклеточной жидкости с удельным весом ($r = 0,79$; $p < 0,0001$) и цветом мочи ($r = 0,87$; $p < 0,0001$). При этом показательным являлось то, что обнаруженные корреляции связывали показатели разных диагностических методов с показателями биоимпедансного измерения количества жидкости и ее распределения в организме юных спортсменов. Что увеличивало доказательность эффективности изотоника и высокой диагностической информативности биоимпедансных технологий.

Учитывая обсуждение полученных результатов и высокую эффективность изотоника “F25 IsoDrink Light”, логично представить его рецептуру и химический состав. Во-первых, принимая во внимание юный возраст участников, использовались компоненты природного происхождения, зарекомендовавшие себя в спортивной практике. И продукты пчеловодства как нельзя лучше подходили для разработки нового изотоника для детского возраста, так как уже представляли собой готовые продукты с повышенной биологической ценностью и богатейшим составом макро- и микронутриентов. В частности, использовали мед и маточное молочко. Во-вторых, старались максимально избежать включения в состав ингредиентов, которые применяются в изотонических напитках для взрослых атлетов. Так, например, не были использованы кофеин и специальные включения вроде поливитаминов, аминокислот, L-карнитина и т. п. В-третьих, учитывали, что для регидратации и коррекции гипонатриемии необходимо употреблять изотонические напитки, поскольку изотонический раствор не оказывает влияния на объем клетки, в то время как гипотонический приводит к увеличению объема (вода поступает в клетку), гипертонический, напротив, к снижению, поскольку жидкость выходит из клетки [14]. Наконец, еще одним важным моментом было то, что в новом изотонике «быстрый углевод» мальтодекстрин использовался не в качестве осмотически активного ингредиента, а только как наполнитель-носитель в незначительном количестве для абсорбции ароматических ингредиентов и сохранения порошковой формы концентрата изотоника. Причиной отказа от мальтодекстрина стали гликемический индекс (105–135) и исследования 2019 года [24, 25], в которых установлена возможность данной пищевой добавки нарушать гомеостаз кишечной флоры и способствовать

развитию болезней кишечника, таких как язвенный колит и болезнь Крона. И этого было достаточно для исключения ее из списка обязательных углеводов в изотоническом напитке для детей. Поэтому в качестве обязательных компонентов служили «природный премикс углеводов» в виде медового порошка, обогащенного фруктозой, и хлорид натрия. В результате не было затруднений по аналитическому расчету требуемой осмоляльности, составившей (325 ± 6) ммоль/кг воды (ФИЦ питания и биотехнологии). При этом включение экстракта имбиря и лимонной кислоты придавало изотонику приятные вкусовые характеристики.

На основании полученных результатов и представленного научного отчета приказом № 227 от 14.11.2018 года изотонический напиток для спортсменов с 14-летнего возраста “F25 IsoDrink-Light” был включен в Формуляр ФМБА России лекарственных средств, БАД и специализированных пищевых продуктов медицинского и медико-биологического обеспечения сборных команд РФ.

4. Выводы

1. Бесконтрольная гидратация приводит к обезвоживанию у юных спортсменов в виде внутриклеточной гипергидратации и внеклеточной гипогидратации, гипонатриемии, гиповолемии, ухудшения реологии крови, а также ее сгущения и закипания.

2. Технология гидратации юных спортсменов нуждается в постоянном мониторинге с применением биоимпедансных технологий, лабораторного контроля крови и мочи, а также в обязательном потреблении специализированных изотонических напитков.

3. Изотоник “F25 IsoDrink Light” — инновационное специализированное питание для регидратации организма у юных спортсменов с подтвержденной эффективностью и приятными вкусовыми характеристиками.

Вклад авторов:

Ким Виталий Николаевич, Парастаев Сергей Андреевич — концептуализация и методика.

Прошкин Георгий Андреевич — программное обеспечение.

Ким Виталий Николаевич, Прошкин Георгий Андреевич — статистическая обработка.

Федосов Юрий Николаевич, Ломазова Елена Владимировна — обследование, курация и технические ресурсы.

Ким Виталий Николаевич, Прошкин Георгий Андреевич, Парастаев Сергей Андреевич — подготовка-написание оригинального черновика.

Ким Виталий Николаевич, Прошкин Георгий Андреевич, Федосов Юрий Николаевич, Ломазова Елена Владимировна, Парастаев Сергей Андреевич — рецензирование и редактирование рукописи.

Все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.

Authors' contributions:

Vitaliy N. Kim, Sergey A. Parastaev — conceptualization and methodology.

Georgii A. Proshkin — software.

Vitaliy N. Kim, Georgii A. Proshkin — statistical processing.

Yuriy N. Fedosov, Elena V. Lomazova — survey, data curation and technical resources.

Vitaliy N. Kim, Georgii A. Proshkin, Sergey A. Parastaev — preparation and writing of the original draft.

Vitaliy N. Kim, Georgii A. Proshkin, Yuriy N. Fedosov, Elena V. Lomazova, Sergey A. Parastaev — reviewing and editing of the manuscript.

All authors have read and agreed with the published version of the manuscript.

Список литературы

1. James L.J., Moss J., Henry J., Papandopoulou C., Mears S.A. Hypohydration Impairs Endurance Performance: A Blinded Study. *Physiol Rep.* 2017;5(12):13315. <https://doi.org/10.14814/phy2.13315>
2. Watso J.C., Farquhar W.B. Hydration Status and Cardiovascular Function. *Nutrients.* 2019;11(8):1866. <https://doi.org/10.3390/nut11081866>

References

1. James L.J., Moss J., Henry J., Papandopoulou C., Mears S.A. Hypohydration Impairs Endurance Performance: A Blinded Study. *Physiol Rep.* 2017;5(12):13315. <https://doi.org/10.14814/phy2.13315>
2. Watso J.C., Farquhar W.B. Hydration Status and Cardiovascular Function. *Nutrients.* 2019;11(8):1866. <https://doi.org/10.3390/nut11081866>

3. **Cohen D.** The truth about sports drinks. *BMJ*. 2012;345:4737. <https://doi.org/10.1136/bmj.e4737>
4. **Goulet E.D., Dion T., Savoie F.A.** Does mild hypohydration really reduce cycling endurance performance in the heat? *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46(1):207. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3182a17c0e>
5. **Никитюк Д.Б., Мирошникова Ю.В., Бурляева Е.А., Выборнов В.Д., Баландин М.Ю., Тимошенко К.Т.** Методические рекомендации по питанию юных спортсменов. М.; 2017:134.
6. **Campbell B., Wilborn C., La Bounty P., Taylor L., Nelson M.T., Greenwood M., et al.** International Society of Sports Nutrition position stand: energy drinks. *J Int Soc Sports Nutr*. 2013;10(1):1. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-10-1>
7. Report of Science Committee on Food on composition and specification of food intended to meet the expenditure of intense muscular effort, especially for sportsmen (Adopted by the SCF on 22/6/2000, corrected by the SCF on 28/2/2001) [Internet]. Available at: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/sci-com_scf_out64_en.pdf
8. **Arnaoutis G., Kavouras S.A., Kotsis Y.P., Tsekouras Y.E., Makrillos M., et al.** Ad Libitum Fluid Intake Does Not Prevent Dehydration in Suboptimally hydrated young soccer players during a training session of a summer camp. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2013;23(3):245–251. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.23.3.245>
9. **Парастаев С.А., Мирошникова Ю.В., Пушкина Т.А., Курашвили В.А., Яшин Т.А., Выходец И.Т. и др.** К вопросу об актуализации проблемы обезвоживания в спорте. *Вестник РГМУ*. 2017;(6):13–18.
10. **Мартинчик А.Н., Баева В.С., Пескова Е.В., Кудрявцева К.В., Денисова Н.Н., Лавриненко С.В. и др.** Фактическое потребление жидкости спортсменами высокой квалификации в режиме тренировочного процесса. *Вопр. питания*. 2018;(3):36–44. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10029>
11. **Выходец И.Т., Курашвили В.А., Мирошникова Ю.В., Нистратов С.Л., Парастаев С.А., Поляев Б.А. и др.** Клинические рекомендации по методикам регидратации организма спортсмена в различных олимпийских видах спорта во время тренировочных мероприятий и спортивных соревнований. Москва: ФМБА России; 2018:54.
12. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 56034–2014: Клинические рекомендации (протоколы лечения). Общие положения. Москва: Стандартинформ; 2015:20.
13. **Гаврилова Н.Б., Шетинин М.П., Молибога Е.А.** Современное состояние и перспективы развития производства специализированных продуктов для питания спортсменов. *Вопр. питания*. 2017;(2):100–106. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00039>
14. **Морган-мл. Э., Мэгид С.М.** Клиническая анестезиология. Кн. 2-я М.—СПб.: Издательство БРШОМ-Невский Дialekt; 2000. 366 с. ил.
15. **McDermott B.P., Anderson S.A., Armstrong L.E., Casa D.J., Cheuvront S.N., Cooper L., et al.** National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement for the Physically Active. *J Athl Train*. 2017;52(9):877–895. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.9.02>
16. **Knechtle B., Chlibkova D., Nikolaidis P.T.** Exercise-Associated Hyponatremia in Endurance Performance. *Praxis*. 2019;108(9):615–632. <https://doi.org/10.1024/1661-8157/a003261>
17. **Hew-Butler T.** Exercise-Associated Hyponatremia. *Front Horm Res*. 2019;52:178–189. <https://doi.org/10.1159/000493247>
3. **Cohen D.** The truth about sports drinks. *BMJ*. 2012;345:4737. <https://doi.org/10.1136/bmj.e4737>
4. **Goulet E.D., Dion T., Savoie F.A.** Does mild hypohydration really reduce cycling endurance performance in the heat? *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46(1):207. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3182a17c0e>
5. **Nikityuk D.B., Miroshnikova Yu.V., Burlyayeva E.A., Vybornov V.D., Balandin M.Yu., Timoshenko K.T.** Methodical recommendations for nutrition of young athletes. Moscow; 2017:134. (In Russ.).
6. **Campbell B., Wilborn C., La Bounty P., Taylor L., Nelson M.T., Greenwood M., et al.** International Society of Sports Nutrition position stand: energy drinks. *J Int Soc Sports Nutr*. 2013;10(1):1. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-10-1>
7. Report of Science Committee on Food on composition and specification of food intended to meet the expenditure of intense muscular effort, especially for sportsmen (Adopted by the SCF on 22/6/2000, corrected by the SCF on 28/2/2001) [Internet]. Available at: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/sci-com_scf_out64_en.pdf
8. **Arnaoutis G., Kavouras S.A., Kotsis Y.P., Tsekouras Y.E., Makrillos M., et al.** Ad Libitum Fluid Intake Does Not Prevent Dehydration in Suboptimally hydrated young soccer players during a training session of a summer camp. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2013;23(3):245–251. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.23.3.245>
9. **Parastaev S.A., Miroshnikova Yu.V., Pushkina T.A., Kurashvili V.A., Yashin T.A., Vykhodets I.T., et al.** An update on dehydration in athletes. *Vestnik RGMU = Bulletin of Russian State Medical University*. 2017;(6):13–18. (In Russ.). <https://doi.org/10.24075/brsmu.2017-06-02>
10. **Martinchik A.N., Baeva V.S., Peskova E.V., Kudryavtseva K.V., Denisova N.N., Lavrinenko S.V., et al.** Actual liquid consumption by highly qualified athletes in the mode of the training process. *Voprosy pitaniya = Problems of nutrition* 2018; (3):36–44. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10029>
11. **Vykhodets I.T., Kurashvili V.A., Miroshnikova Yu.V., Nistratov S.L., Parastaev S.A., Polyayev B.A., et al.** Clinical guidelines for the methods of rehydration of the athlete's body in various Olympic sports during training events and sports competitions. Moscow: FMBA Rossii; 2018:54. (In Russ.).
12. National standard of the Russian Federation GOST R 56034–2014: Clinical guidelines (treatment protocols). General Provisions. Moscow: Standartinform; 2015:20. (In Russ.).
13. **Gavrilova N.B., Shchetinin M.P., Moliboga E.A.** Modern state and prospects of the development of production of specialized foodstuffs for athletes. *Voprosy pitaniya = Problems of nutrition*. 2017;(2):100–106. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00039>
14. **Morgan-junior E., Megid S.M.** Clinical Anesthesiology. Book 2. Moscow, SPb.: Publishing house BRSHOM-Nevsky Dialect; 2000. 366 p.
15. **McDermott B.P., Anderson S.A., Armstrong L.E., Casa D.J., Cheuvront S.N., Cooper L., et al.** National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement for the Physically Active. *J Athl Train*. 2017;52(9):877–895. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.9.02>
16. **Knechtle B., Chlibkova D., Nikolaidis P.T.** Exercise-Associated Hyponatremia in Endurance Performance. *Praxis*. 2019;108(9):615–632. <https://doi.org/10.1024/1661-8157/a003261>
17. **Hew-Butler T.** Exercise-Associated Hyponatremia. *Front Horm Res*. 2019;52:178–189. <https://doi.org/10.1159/000493247>

18. Sommerfield L.M., McAnulty S.R., McBride J.M., Zwetsloot J.J., Austin M.D., Mehlhorn J.D., et al. Validity of urine specific gravity when compared with plasma osmolality as a measure of hydration status in male and female NCAA collegiate athletes. *J Strength Cond Res.* 2016;30(8):2219–2225. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001313>

19. Zubac D., Cular D., Marusic U. Reliability of Urinary Dehydration Markers in Elite Youth Boxers. *Int J Sports Physiol Perform.* 2018;13(3):374–381. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0621>

20. Barnes K.A., Anderson M.L., Stofan J.R., Dalrymple K.J., Reimel A.J., Roberts T.J., et al. Normative Data for Sweating Rate, Sweat Sodium Concentration, and Sweat Sodium Loss in Athletes: An Update and Analysis by Sport. *J Sports Sci.* 2019;37(20):2356–2366. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1633159>

21. Baker L.B., Wolfe A.S. Physiological mechanisms determining eccrine sweat composition. *Eur J Appl Physiol.* 2020;120(4):719–752. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04323-7>

22. Castizo-Olier J., Carrasco-Marginet M., Roy A., Chaverri D., Iglesias X., Perez-Chirinos C., et al. Bioelectrical Impedance Vector Analysis (BIVA) and Body Mass Changes in an Ultra-Endurance Triathlon Event. *J Sports Sci Med.* 2018;17(4):571–579.

23. Соловьев В.Б., Володин Р.Н. Изучение роли сукцинатдегидрогеназы в механизмах повышения концентрации молочной кислоты при пороге анаэробной нагрузки. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2016;16(4):38–43. <https://doi.org/10.21685/2307-9150-2016-4-4>

24. Arnold A.R., Chassaing B. Maltodextrin, Modern Stressor of the Intestinal Environment. *Cell Mol Gastroenterol Hepatol.* 2019;7(2):475–476. <https://doi.org/10.1016/j.jcmgh.2018.09.014>

25. Laudisi F., Srolfi C. Impact of Food Additives on Gut Homeostasis. *Nutrients.* 2019;11(10):2334. <https://doi.org/10.3390/nut1102334>

18. Sommerfield L.M., McAnulty S.R., McBride J.M., Zwetsloot J.J., Austin M.D., Mehlhorn J.D., et al. Validity of urine specific gravity when compared with plasma osmolality as a measure of hydration status in male and female NCAA collegiate athletes. *J Strength Cond Res.* 2016;30(8):2219–2225. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001313>

19. Zubac D., Cular D., Marusic U. Reliability of Urinary Dehydration Markers in Elite Youth Boxers. *Int J Sports Physiol Perform.* 2018;13(3):374–381. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0621>

20. Barnes K.A., Anderson M.L., Stofan J.R., Dalrymple K.J., Reimel A.J., Roberts T.J., et al. Normative Data for Sweating Rate, Sweat Sodium Concentration, and Sweat Sodium Loss in Athletes: An Update and Analysis by Sport. *J Sports Sci.* 2019;37(20):2356–2366. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1633159>

21. Baker L.B., Wolfe A.S. Physiological mechanisms determining eccrine sweat composition. *Eur J Appl Physiol.* 2020;120(4):719–752. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04323-7>

22. Castizo-Olier J., Carrasco-Marginet M., Roy A., Chaverri D., Iglesias X., Perez-Chirinos C., et al. Bioelectrical Impedance Vector Analysis (BIVA) and Body Mass Changes in an Ultra-Endurance Triathlon Event. *J Sports Sci Med.* 2018;17(4):571–579.

23. Solov'ev V.B., Volodin R.N. Izuchenie roli suksinatdehidrogenazy v mekhanizмах povysheniya kontsentratsii molochnoy kisloty pri poroge anaerobnoy nagruzki. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki = University proceedings. Volga region. Natural sciences.* 2016;16(4):38–43. (In Russ.). <https://doi.org/10.21685/2307-9150-2016-4-4>

24. Arnold A.R., Chassaing B. Maltodextrin, Modern Stressor of the Intestinal Environment. *Cell Mol Gastroenterol Hepatol.* 2019;7(2):475–476. <https://doi.org/10.1016/j.jcmgh.2018.09.014>

25. Laudisi F., Srolfi C. Impact of Food Additives on Gut Homeostasis. *Nutrients.* 2019;11(10):2334. <https://doi.org/10.3390/nut1102334>

Информация об авторах:

Ким Виталий Николаевич*, д.м.н., профессор кафедры биофизики и функциональной диагностики, заведующий отделением функциональной диагностики клиник ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 634050, Россия, Томск, Московский тракт, 2. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1351-038X> (+7 (903) 914-38-36, doctorkim@rambler.ru)

Просекин Георгий Андреевич, врач отделения функциональной диагностики клиник ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 634050, Россия, Томск, Московский тракт, 2. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3582-167X>

Федосов Юрий Николаевич, к.м.н., заведующий лабораторией медико-биологического сопровождения спортивной подготовки АУ «Югорский колледж-интернат олимпийского резерва», 628011, Россия, Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ — Югра, Ханты-Мансийск, ул. Студенческая, 31. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4261-4935>

Ломазова Елена Владимировна, к.м.н., врач спортивной медицины ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации» Федерального медико-биологического агентства России, 115682, Россия, Москва, Ореховый бульвар, 28. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6034-9878>

Парастаев Сергей Андреевич, д.м.н., профессор, профессор кафедры реабилитации, спортивной медицины и физической культуры ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2281-9936>

Information about the authors:

Vitaliy N. Kim*, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Biophysics and Functional Diagnostics, Head of the Department of Functional Diagnostics of Clinics of the Siberian State Medical University of Health Ministry of Russia, 2, Moskovsky tract, Tomsk, 634050, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1351-038X> (+7 (903) 914-38-36, doctorkim@rambler.ru)

Georgii A. Prosekin, M.D., Physician of the Department of Functional Diagnostics of Clinics of the Siberian State Medical University of Health Ministry of Russia, 2, Moskovsky tract, Tomsk, 634050, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3582-167X>

Yuriy N. Fedosov, M.D., Ph.D. (Medicine), Head of the Laboratory of Medical and Biological Support of Athletic Training of the Yugorsky College-Boarding School of Olympic Reserve, 31, str. Student, Khanty-Mansiysk, Tyumen region, Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug — Yugra, 628011, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4261-4935>

Elena V. Lomazova, M.D., Ph.D. (Medicine), Doctor Sports Medicine, Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical Biological Agency of Russia, 28, Orekhovy Boulevard, Moscow, 115682, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6034-9878>

Sergey A. Parastaev, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Rehabilitation, Sports Medicine and Physical Education of the Pirogov University of Health Ministry of Russia, 1, str. Ostrovityanova, Moscow, 117997, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2281-9936>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author